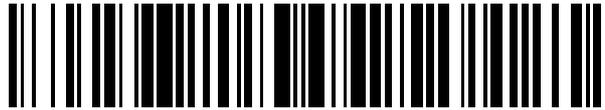


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 579 834**

51 Int. Cl.:

F04C 23/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.07.2005 E 05856877 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016 EP 1792084**

54 Título: **Sistema y método de refrigeración**

30 Prioridad:

13.07.2004 US 587692 P

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

17.08.2016

73 Titular/es:

**TIAX LLC (100.0%)
35 Hartwell Avenue
Lexington, MA 02421, US**

72 Inventor/es:

**DIECKMANN, JOHN T. y
WESTPHALEN, DETLEF**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 579 834 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 y método de refrigeración

5 **Antecedentes de la invención**

1. Campo de la invención

10 La invención se refiere a dispositivos de tipo helicoidal, así como a sistemas de refrigeración y, en particular, a sistemas de refrigeración que utilizan dispositivos de expansión de tipo helicoidal.

2. Descripción de la técnica relacionada

15 Los dispositivos que tienen características helicoidales se han divulgado. Por ejemplo, en un proceso de compresión helicoidal, un engrane de dos espirales, o evolventes, que se entrecruzan en una trayectoria excéntrica, forman una serie de bolsillos en forma de media luna puesto que una espiral órbita con respecto a la otra. Dichas técnicas se han utilizado en compresores en los que gas a baja temperatura y presión entra en una periferia y se comprime a medida que el bolsillo disminuye de tamaño, hasta que se descarga a una mayor temperatura y presión.

20 De hecho, Armstrong *et al.*, en la Patente de Estados Unidos n.º 4.192.152, enseñan un aparato de desplazamiento de fluido de tipo helicoidal con accionamiento periférico. El miembro helicoidal en órbita se fija a través de medios de varillaje radialmente compatibles a los excéntricos montados en tres cigüeñales igualmente separados para dar cabida a la expansión térmica diferencial sin la generación de ninguna fuerza elástica apreciable para aumentar las cargas de soporte. El aparato se puede situar y emplearse como un compresor o expansor.

25 Haga *et al.*, en la Patente de Estados Unidos n.º 5.145.344, enseñan máquinas de fluido de tipo helicoidal con el paso de desplazamiento en la lumbrera de escape. La máquina tiene una espira en órbita con vueltas evolventes que se proyectan axialmente en cada uno de los lados opuestos, un par de espiras estacionarias cada uno con vueltas evolventes que se acoplan con las vueltas de la espira en órbita, y un eje principal insertado en un lumbrera del eje central de las espiras estacionarias para accionar la espira en órbita en un movimiento orbital. Los extremos interiores de las vueltas de las espiras estacionarias se extienden hacia el interior hasta una pared periférica exterior de una parte de tierra donde se forma la lumbrera del eje central. Las vueltas helicoidales estacionarias se extienden alrededor de una media vuelta más larga la vuelta de la espira en órbita y los extremos interiores de las vueltas están casi en contacto de extremo a extremo en una fase deseada durante el movimiento orbital de la espira en órbita.

30 McCullough, en la Patente de Estados Unidos n.º 4.129.405, enseña una bomba de líquido de tipo helicoidal, en la que medios de paso de transferencia de líquido rebajados se proporcionan en las placas de extremo de los miembros helicoidales. Los medios de paso de transferencia pueden ser pasos interiores dentro de las evolventes helicoidales, pasos exteriores fuera de los evolventes helicoidales o una combinación de pasos interiores y exteriores. Los pasos se configuran para abrirse sustancialmente inmediatamente después de que la vuelta de evolvente en órbita haya alcanzado ese punto en su ciclo de órbita para definir tres zonas de líquidos esencialmente completamente estancas. Los pasos permanecen abiertos al menos hasta que los pasos de líquido entre las vueltas sean lo suficientemente grande como para evitar cualquier pulsación de presión sustancial dentro de la bomba de líquido helicoidal.

35 Hirano, en la Patente de Estados Unidos n.º 5.330.463, enseña un mecanismo de fluido de tipo helicoidal con presión reducida que empuja el espiral estacionario. La maquinaria de fluido de tipo helicoidal tiene una espiral estacionaria y una espiral en revolución con elementos en espiral establecidos en las placas extremas de la misma. Las espirales se acoplan entre sí, y una cámara de fluido de alta presión se forma en el exterior de la placa de extremo de la espiral estacionaria. Una cámara de baja presión de fluido o una cámara de fluido de presión intermedia se forma entre la placa de extremo de la espiral estacionaria y la cámara de fluido de alta presión. La presión de un fluido de baja presión o de un fluido de presión intermedia actúa sobre el exterior de la placa de extremo de la espiral estacionaria, y la deformación de la placa de extremo se evita o se reduce, y la fiabilidad de la maquinaria de fluido se puede mejorar.

40 Forni, en la Patente de Estados Unidos n.º 5.637.942, enseña una disposición de reducción de resistencia aerodinámica para su uso en un dispositivo mecánico que incorpora un elemento giratorio de alta velocidad. La disposición incluye un miembro de control de capa límite que define una superficie de control. El miembro de control se sitúa adyacente al elemento giratorio con el fin de optimizar la holgura entre los mismos con el fin de bloquear de manera efectiva el flujo axial y evitar el bombeo radial a fin de minimizar el consumo de energía.

45 Forni, en la Patente de Estados Unidos n.º 5.800.140, enseña un dispositivo de fluido helicoidal compacto. El dispositivo incluye un par de elementos de soporte de vuelta con uno de los elementos de soporte de vuelta teniendo una superficie axial interior formada con un rebaje en espiral evolvente y el otro de los elementos de soporte de vuelta teniendo un miembro de vuelta en espiral evolvente que se proyecta desde una superficie axial interior del

mismo. El miembro de vuelta en espiral se recibe dentro del rebaje en espiral mientras que es relativamente móvil alrededor de una trayectoria orbital entre los elementos de soporte de vuelta, radialmente hacia dentro de las dos zonas de entrada y salida asociadas al dispositivo de fluido helicoidal y radialmente hacia fuera de un centro de la órbita del dispositivo.

5 Yamanaka *et al.*, en las Patentes de Estados Unidos n.º 6.321.564 y n.º 6.543.238, enseña un sistema de ciclo refrigerante con recuperación de energía de expansión. El refrigerante del sistema se comprime en un primer compresor, se enfría y se condensa en un radiador, y el refrigerante del radiador se ramifica en refrigerante de flujo principal y refrigerante de flujo complementario. El refrigerante de flujo principal se descomprime en una unidad de expansión mientras que la energía de expansión del refrigerante de flujo principal se convierte en energía mecánica. Por tanto, la entalpía del refrigerante de flujo principal se reduce a lo largo de una curva isoentrópica. Por lo tanto, incluso cuando la presión dentro del evaporador aumenta, se evita reducir en gran medida el efecto de refrigeración en el sistema de ciclo de refrigerante. Además, el refrigerante que fluye en el radiador se comprime utilizando la energía mecánica convertida. Por lo tanto, se mejora el coeficiente de rendimiento del ciclo de refrigeración.

15 Masayuki *et al.*, en la Patente Japonesa n.º 2.004-257.303, enseña una máquina de expansión helicoidal y acondicionador de aire de refrigeración.

20 Se conoce a partir de los Resúmenes de Patentes Japonesas, vol. 2003, n.º 04, 2 de abril de 2003 y del documento JP 2002 364562A (Daikin Ind. Ltd.), 18º de diciembre de 2002 (2002-12-18) proporcionar un sistema de refrigeración que comprende un intercambiador de calor, un expansor helicoidal asimétrico que comprende un elemento helicoidal fijo, un elemento helicoidal en órbita acoplado con y que se puede mover a lo largo de una órbita circular con respecto al elemento helicoidal fijo, una lumbrera de entrada configurada para recibir un refrigerante desde el intercambiador de calor, un primer bolsillo de expansión definido entre el elemento helicoidal en órbita y el elemento helicoidal fijo que se cierra a la lumbrera de entrada en una primera posición de acoplamiento relativa del elemento helicoidal en órbita y el elemento helicoidal fijo, un segundo bolsillo de expansión definido entre el elemento helicoidal en órbita y el elemento helicoidal fijo que se cierra a la lumbrera de entrada en una segunda posición de acoplamiento relativa, y una lumbrera de salida dispuesta próxima a un extremo terminal del elemento helicoidal en órbita.

30 Un sistema de acuerdo con la presente invención se caracteriza porque el elemento helicoidal fijo (219) tiene una longitud que es una vuelta mayor que una longitud del elemento helicoidal en órbita (218).

35 Las características preferidas del sistema de la invención se definen en los números de las reivindicaciones dependientes 2 a 19.

De acuerdo con la invención, también se proporciona un método de expansión de un refrigerante que comprende introducir el refrigerante a una primera presión en el sistema de la invención.

40 Las realizaciones no limitativas de la presente invención se describirán, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una ilustración esquemática que muestra un sistema de compresión y expansión de acuerdo con una o más realizaciones de la invención;

45 La Figura 2 es una ilustración esquemática que muestra una parte de un expansor helicoidal asimétrico que tiene una lumbrera de entrada, una lumbrera de salida, una lumbrera de entrada de aceite, y una bomba de aceite de acuerdo con una o más realizaciones de la invención;

La Figura 3 es una ilustración esquemática que muestra una porción de un dispositivo de expansión helicoidal asimétrico de acuerdo con una o más realizaciones de la invención;

50 La Figura 4 es una ilustración esquemática que muestra una vista en sección transversal longitudinal de un expansor helicoidal asimétrico dispuesto en un recipiente de acuerdo con una o más realizaciones de la invención;

La Figura 5 es una ilustración esquemática que muestra una vista en sección de un expansor helicoidal asimétrico de acuerdo con una o más realizaciones de la invención;

55 La Figura 6 es otra ilustración esquemática que muestra una vista en sección transversal longitudinal alternativa del expansor helicoidal asimétrico alojado en un recipiente de acuerdo con una o más realizaciones de la invención;

La Figura 7 es un gráfico que muestra la fuerza axial con respecto al tiempo para un dispositivo de expansión simétrico convencional, así como para un dispositivo de expansión helicoidal asimétrico de acuerdo con una o más realizaciones de la invención; y

60 Las Figuras 8A-8J son ilustraciones esquemáticas que muestran posiciones de acoplamiento (en incrementos de 90 grados de 0 grados a 810 grados) de un elemento helicoidal en órbita con respecto a un elemento helicoidal fijo de un expansor helicoidal asimétrico, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención.

65

Descripción detallada de la invención

Un ciclo de refrigeración es un proceso de creación de un efecto de enfriamiento por el ciclismo de un refrigerante o fluido de refrigeración, por compresión y expansión, y que permite que el fluido de refrigeración absorba el calor y lo rechace a los alrededores. Este proceso requiere normalmente una fuente de energía externa, o, dicho de otro modo, la adición de trabajo para el sistema. Normalmente, un motor proporciona la energía externa.

De acuerdo con una o más realizaciones, los sistemas y técnicas de la invención pueden utilizar un refrigerante que es una alternativa a los refrigerantes convencionales. Por ejemplo, uno o más aspectos pertinentes a una o más realizaciones de la invención pueden utilizar ventajosamente un fluido transcrito, tal como, pero sin limitarse a un fluido que comprende dióxido de carbono, como refrigerante. Sin embargo, la eficacia del ciclo termodinámico de los sistemas de refrigeración de dióxido de carbono transcritos puede ser menor que la de los sistemas de vapor a base de fluorocarbono convencionales. La presente invención puede ventajosamente facilitar la adaptación de sistemas a base de fluidos transcritos través de la operación de uno o más dispositivos de recuperación de trabajo.

Normalmente, un ciclo de refrigeración utiliza un evaporador, un compresor, un condensador o enfriador gas, y un dispositivo de expansión tal como un expansor o una válvula de mariposa. El refrigerante es un líquido que realiza un ciclo a través del sistema. En el evaporador, el fluido de refrigeración absorbe el calor, lo que puede ocurrir a una temperatura constante. El compresor aumenta la presión del refrigerante, que se enfría después en el condensador. La presión del refrigerante enfriado se reduce en el expansor antes de su introducción en el evaporador. La invención, en algunos aspectos, utiliza ventajosamente la etapa de expansión para mejorar la eficacia global o efectiva del sistema de refrigeración. Por ejemplo, el trabajo asociado al proceso de expansión se puede utilizar como energía para impulsar otra entidad tal como una o más operaciones de la unidad. Por tanto, de acuerdo con una o más realizaciones específicas de la invención, esta energía derivada o recuperada (trabajo) se puede utilizar para accionar un dispositivo asociado o accesorio. De hecho, la energía recuperada puede proporcionar al menos una porción del trabajo de eje asociado a la etapa de compresión.

Diversos fluidos se han utilizado en el ciclo de refrigeración. Los fluidos más ampliamente utilizados son los hidrocarburos halogenados. Más específicamente, los clorofluorocarbonos e hidroclorofluorocarbonos (HCFC) han sido el fluido refrigerante primario para acondicionadores de aire estacionarios. Puesto que estos fluidos se han descartado debido a su impacto de agotamiento del ozono, los hidrofluorocarbonos (HFC) se identificaron como un posible reemplazo, ya que no contribuyen al agotamiento del ozono. Sin embargo, estos últimos se consideran gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global. Debido al potencial impacto negativo que tienen tanto los HCFC como HFC sobre el medio ambiente y la incertidumbre regulatoria que rodea su uso futuro, los refrigerantes "naturales", tales como el dióxido de carbono, hidrocarburos y amoníaco se han evaluado adicionalmente como fluidos de refrigeración. De hecho, el dióxido de carbono no es inflamable y no es tóxico y también es relativamente barato, ampliamente disponible en todo el mundo, y por lo general no está sujeto a restricciones de ventilación. Los refrigerantes transcritos tales como dióxido de carbono proporcionan más ventajas debido a las altas presiones de operación.

Los sistemas de refrigeración a base de dióxido de carbono operan generalmente a presiones más altas que los sistemas convencionales. Además las temperaturas de operación en el lado alto superan normalmente la temperatura crítica de dióxido de carbono, aproximadamente 30,9 °C. Esto significa que el sistema funciona en condiciones transcriticas. El proceso de evaporación puede ocurrir en condiciones sub-críticas, o en dos fases, y el rechazo de calor en el enfriador de gas puede tener lugar en condiciones supercríticas.

La eficacia del ciclo termodinámico de los sistemas de refrigeración a base de dióxido de carbono transcritos puede ser menor que la de los sistemas de compresión de vapor a base de fluorocarbono convencionales. Tales sistemas de refrigeración pueden utilizar aún más los procesos termodinámicos para mejorar la eficacia. Por ejemplo, uno o más intercambiadores de calor de la línea de aspiración se pueden utilizar para enfriar el refrigerante de alta presión enfriado desde el enfriador de gas mientras se calienta el vapor de refrigerante que sale del evaporador.

De hecho, la presente invención puede proporcionar sistemas que sean más fiables debido a una reducción en la complejidad y en el número de partes móviles. Algunos sistemas de la invención pueden tener más bajo nivel de ruido y la vibración, y alta eficacia, por lo general a lo largo de su régimen de operación.

De acuerdo con una o más realizaciones, la presente invención proporciona un expansor helicoidal asimétrico. El expansor helicoidal asimétrico comprende un elemento helicoidal en órbita acoplado con un elemento helicoidal fijo, un primer bolsillo de expansión definido entre el elemento helicoidal en órbita y el elemento helicoidal fijo en una primera posición de acoplamiento relativa, y un segundo bolsillo de expansión definido entre el elemento helicoidal en órbita y el elemento helicoidal fijo en una segunda posición de acoplamiento relativa.

De acuerdo con una o más realizaciones, la presente invención proporciona un sistema de refrigeración que comprende el expansor helicoidal asimétrico.

De acuerdo con una o más realizaciones, la presente invención proporciona un método de expansión de refrigerante. El método comprende la introducción de un fluido transcrito a una primera presión en un expansor helicoidal asimétrico.

5 De acuerdo con una o más realizaciones, la presente invención proporciona un método. El método comprende las etapas de expandir un fluido transcrito en al menos un bolsillo de expansión de un expansor helicoidal asimétrico para generar trabajo de eje y suministrar el trabajo de eje a un eje de giro.

10 La presente invención proporciona un enfoque para mejorar la eficacia de los sistemas de refrigeración. De acuerdo con una o más realizaciones, la eficacia de un sistema de refrigeración se puede mejorar mediante la generación, recuperación, o la captura de energía, ventajosamente, en una etapa y la utilización de la energía recuperada en otra etapa o en un sistema auxiliar. De acuerdo con una o más realizaciones particulares, la invención se refiere a la recuperación de energía durante la fase de expansión y la reducción de la energía requerida en otra etapa mediante la utilización de un dispositivo de recuperación de trabajo.

15 A lo largo de la siguiente descripción, la expresión "dispositivo helicoidal" se utilizará para designar un componente del sistema de refrigeración. Los dispositivos helicoidales suelen tener uno o más componentes estacionarios o fijos y uno o más componentes en órbita asociados de manera correspondiente. En los dispositivos helicoidales, los elementos helicoidales en órbita y fijos se acoplan normalmente para definir uno o más bolsillos de expansión. Por lo general, los elementos helicoidales son estructuras envolventes o en espiral que se extienden o proyectan desde un elemento estructural correspondiente. Por ejemplo, como se ilustra esquemáticamente en la Figura 3, un dispositivo helicoidal comprende un miembro helicoidal en órbita 338 y un miembro helicoidal fijo o estacionario 339. El miembro helicoidal en órbita 338 incluye una envolvente en forma de espiral en órbita y un elemento helicoidal en órbita 218 (también se ilustra en las Figuras 8A a 8J). Del mismo modo, el miembro helicoidal fijo 339 incluye una envolvente en forma de espira fija o elemento helicoidal fijo 219. Normalmente, el paso, del elemento helicoidal en órbita corresponde al paso del elemento helicoidal fijo. El paso es la distancia de centro a centro entre las paredes adyacentes de la espiral, a lo largo de una línea de referencia de datos que irradia desde el centro de la estructura en espiral, de la envolvente.

20 Los dispositivos helicoidales se pueden caracterizar por tener características simétricas o asimétricas. Los dispositivos helicoidales simétricos suelen tener elementos helicoidales fijos y en órbita de acoplamiento o interacción que son imágenes especulares entre sí. Por el contrario, los dispositivos helicoidales asimétricos no se pueden caracterizar como teniendo un elemento helicoidal en órbita que es una imagen especular de un elemento helicoidal fijo. Por ejemplo, los dispositivos helicoidales asimétricos de la invención pueden tener una longitud de espiral del elemento helicoidal en órbita más corta o más larga, que una longitud de espiral del elemento helicoidal fijo. La diferencia se puede manifestar en un extremo interior o central o en un extremo externo o exterior.

25 El acoplamiento del elemento helicoidal en órbita y del elemento helicoidal fijo define un bolsillo o volumen, donde, si el dispositivo helicoidal sirve como un dispositivo de expansión, un fluido, normalmente gaseoso, ejerce una presión aplicada sobre el elemento helicoidal en órbita que resulta en la traslación del elemento helicoidal en órbita. Por ejemplo, uno o más aspectos pertinentes a la disposición acoplada pueden definir un primer bolsillo de expansión y un segundo bolsillo de expansión durante la operación del dispositivo helicoidal. La traslación del elemento helicoidal en órbita, por lo general alrededor de la circunferencia de un círculo definido por un radio de la órbita, se puede manifestar como energía o trabajo, la energía de expansión. En particular, se puede producir la expansión del fluido desde, por ejemplo, su estado supercrítico a su estado líquido y/o gaseoso. Además la descripción dirigida al desplazamiento orbital y, en particular, a la expansión de un fluido en el dispositivo helicoidal sigue a continuación en referencia a las Figuras 8A a 8J. El término "bolsillo" se refiere a un volumen definido entre un conjunto acoplado de elementos helicoidales fijos y en órbita. A medida que el elemento helicoidal en órbita se traslada en relación con el elemento helicoidal fijo, el volumen o bolsillo aumenta o disminuye, dependiendo de la dirección del movimiento orbital relativo. La expresión "bolsillo de expansión" se utilizará para designar el volumen definido entre un acoplamiento de un elemento helicoidal en órbita y un elemento helicoidal fijo de un dispositivo helicoidal. Los bolsillos de expansión tienen normalmente un volumen variable, aumentando desde el primer acoplamiento relativo hasta que el fluido expandido en el bolsillo de expansión ha salido a través de una o más lumbreras de salida. De acuerdo con una o más realizaciones de la invención, un bolsillo se define en un instante cuando el bolsillo se ha aislado de manera fluida una lumbrera de entrada.

30 De acuerdo con una o más realizaciones de la invención, el dispositivo de expansión 113 puede comprender un expansor helicoidal, una porción del que se ilustra esquemáticamente en la Figura 3. El expansor helicoidal puede ser un expansor helicoidal asimétrico que comprende un miembro helicoidal en órbita 338 con un elemento helicoidal en órbita 218, que se muestra acoplado con un elemento helicoidal fijo 219 de un miembro helicoidal fijo 339. Los elementos helicoidales en órbita y fijos acoplados pueden definir al menos un bolsillo 320 entre los mismos. Como se describirá en más detalle a continuación, con referencia a las Figuras 8A a 8J, el bolsillo puede aumentar volumétricamente durante la traslación del miembro en órbita en relación con el miembro fijo. A medida que se introduce fluido a través de una lumbrera de entrada 114, el miembro helicoidal en órbita del expansor helicoidal asimétrico se traslada y el volumen del bolsillo definido aumenta, reduciendo de este modo la presión del mismo hasta que se descarga a través de una lumbrera de salida.

De acuerdo con realizaciones adicionales, los sistemas y técnicas de la invención pueden utilizar principios de montaje integrados. Por ejemplo, uno o más componentes y/o subsistemas de un sistema de refrigeración se pueden disponer en un conjunto de alojamiento común o individual. De hecho, algunos aspectos de la invención se refieren a sistemas y técnicas que tienen la capacidad de operar tanto en el modo de compresión como de expansión utilizando las mismas configuraciones mecánicas básicas. Un módulo compresor-expansor individual se contempla, proporcionando de este modo un enfoque compacto y altamente eficaz para la utilización de la energía recuperada.

Por ejemplo, las Figuras 1-6 muestran un sistema 100 que tiene segmentos del compresor 102 y de expansión 103 en un recipiente 109. El segmento o subsistema de compresión 102 se pueden componer de una sola etapa o una pluralidad de etapas, por ejemplo, una primera etapa de compresión 110 y una segunda etapa de compresión 111. El subsistema de expansión 103 puede comprender uno o más dispositivos de expansión 113. El recipiente 109 se puede diseñar y construir y disponerse para estar presurizado, internamente, de manera que se pretende que la presión interna del mismo sea mayor que la presión atmosférica.

Por ejemplo, las Figuras 4 a 6 son ilustraciones esquemáticas que muestran una vista longitudinal en sección transversal (Figura 4) y una vista en sección, ensamblada (Figuras 5 y 6) de un subsistema de compresión integrado (no mostrado) con un dispositivo de expansión de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. En particular, el subsistema de expansión puede comprender un expansor que tiene un componente fijo o estacionario 339 y un componente móvil, no estacionario 338. El componente móvil 338 puede ser un miembro que órbita al componente estacionario 339 a lo largo de una trayectoria predefinida o predeterminada.

El sistema 100 puede comprender además una o más unidades motrices primarias, tales como un motor 116, que accionan o proporcionar energía mecánica a una o más de la primera etapa de compresión 110 y/o segunda etapa de compresión 112. Por lo tanto, por ejemplo, un eje 117 se puede acoplar al motor 116 y proporcionar energía mecánica a una o ambas etapas de compresión. Además se ilustra en la Figura 1 una lumbrera de entrada 122 y una lumbrera de salida 124 del recipiente 109, cada una normalmente conectada de manera fluida a una o más operaciones de la unidad en un sistema de refrigeración. Por ejemplo, la lumbrera de entrada 122 puede conectar de manera fluida un evaporador (no mostrado) a la primera etapa de compresión 110. La lumbrera de salida 124 puede conectar de manera fluida una salida 112 de la etapa primera de compresión 110 a otros dispositivos. Opcionalmente, una segunda lumbrera de entrada 126 se puede conectar de manera fluida a la segunda etapa segunda compresión 111, y un segundo lumbrera de salida 128 puede conectar de manera fluida la segunda etapa compresión 111 a uno o más intercambiadores de calor o enfriadores de gas.

La primera etapa de compresión 110 tiene normalmente al menos una lumbrera de descarga 112, que puede estar en comunicación fluida con una lumbrera de entrada 126 de la segunda etapa de compresión 111. Como se muestra a modo de ejemplo en la Figura 1, la lumbrera de descarga 112 puede también estar en comunicación fluida con uno o más dispositivos de expansión 113. En algunos casos, el dispositivo de expansión 113, o al menos una porción, o uno o más componentes, del mismo, pueden estar en comunicación fluida con una lumbrera de salida de primera etapa de compresión 110 y/o una lumbrera de entrada de la segunda etapa de compresión 111. Por lo tanto, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención, al menos uno o más dispositivos de expansión 113, o componentes del mismo, se pueden exponer a un estado de un fluido desde una lumbrera de salida de una primera etapa de compresión y/o una lumbrera de entrada de una segunda etapa de compresión.

El dispositivo de expansión 113 puede comprender una o más lumbreras de entrada 114 y una o más lumbreras de salida 115. El dispositivo de expansión 113 puede comprender un dispositivo de expansión de tipo helicoidal tal como se ilustra parcialmente en las Figuras 2 y 3. El dispositivo de tipo helicoidal puede tener una naturaleza asimétrica de tal manera que, por ejemplo, una longitud de un elemento helicoidal fijo 219 es aproximadamente una vuelta mayor que una longitud de un elemento helicoidal en órbita 218. La longitud del elemento helicoidal en órbita 218, en algunos casos, puede ser aproximadamente media vuelta más corta, en cada extremo del mismo, con respecto a la longitud del elemento helicoidal fijo 219. Tales características pueden facilitar una suave variación de carga axial, como se describe a continuación.

De acuerdo con otra realización adicional de la invención, un área en forma de bombilla 222 se puede proporcionar en un extremo terminal del elemento helicoidal fijo 219 para facilitar la operación del dispositivo en condiciones de alta presión y carga. El área en forma de bombilla 222 puede acomodar la distribución de la carga y servir como un cojinete de empuje entre el miembro en órbita y el miembro fijo. Por tanto, una película de compresión de un fluido, por ejemplo, dióxido de carbono o aceite lubricante, normalmente a alta presión, puede proporcionar lubricación contra una región correspondiente de una superficie del miembro helicoidal en órbita. El área 222 puede también construirse y disponerse para facilitar la definición, por ejemplo, la creación, de un bolsillo entre los elementos helicoidales fijo y en órbita acoplados. Por ejemplo, el área 222 puede tener una región que facilite la comunicación fluida entre una lumbrera de entrada y un volumen definido entre los elementos helicoidales fija y en órbita en una primera posición orbital relativa y evitar la comunicación en otras posiciones orbitales relativas.

Durante la operación, un fluido se puede introducir en la etapa primera de compresión 110 en una lumbrera de entrada 122 y salir en la lumbrera de descarga 112 a una presión mayor, también denominada presión entre etapas.

El fluido a la presión entre etapas puede presurizar el recipiente 109 de tal manera que los componentes o subsistemas contenidos en el recipiente 109 quedan expuestos a la presión entre etapas. De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, la lumbrera de descarga 112 de la primera etapa de compresión 110 está en comunicación fluida con la lumbrera de entrada 126 de la segunda etapa de compresión 111, y aún más en comunicación fluida con el dispositivo de expansión 113.

La expansión de fluido en el dispositivo de expansión 113 se produce normalmente a medida que el miembro helicoidal en órbita 338, que tiene en elemento helicoidal en órbita 218, se traslada orbitando alrededor del miembro helicoidal fijo 339. La traslación proporciona a su vez la energía mecánica que se puede dirigir a una o más operaciones o procesos unitarios. Por ejemplo, la traslación orbital se puede transformar para hacer girar uno o más ejes, lo que, a su vez, puede proporcionar energía mecánica que acciona, al menos parcialmente, uno o más procesos. De hecho, el eje de giro se puede acoplar a, por ejemplo, el subsistema de compresión 102, proporcionando de este modo al menos una porción de la carga de operación del mismo y la reducción de la energía de trabajo del motor primario.

El dispositivo de expansión 113 se puede asegurar o soportar por fuerzas dirigidas. Una presión aplicada se puede utilizar para asegurar uno o más componentes del dispositivo de expansión. Por ejemplo, al menos una porción del dispositivo de expansión 113 se puede presurizar o tener una presión ejercida sobre una superficie de la misma, por ejemplo, una superficie expuesta o exterior. Como se ilustra, una presión aplicada, designada por la flecha 310, se puede dirigir sobre una superficie 312 de un miembro del dispositivo ilustrado. Cuando el dispositivo de expansión es un expansor helicoidal, existe normalmente una fuerza de expansión, entre el miembro helicoidal en órbita 338 y el miembro helicoidal fijo 339, que se asocia a un fluido de expansión en el bolsillo definido entre los mismos. Otros aspectos de la invención se refieren por tanto a la aplicación de presión aplicada 310 para retener el elemento helicoidal en órbita, por lo general en una dirección opuesta con respecto a las fuerzas de expansión. La fuerza aplicada resultante contra una superficie del miembro helicoidal en órbita puede tener una magnitud que es igual a, en algunos casos, mayor que, la fuerza de expansión resultante asociada al fluido en expansión en el uno o más bolsillos definidos entre los miembros helicoidales en órbita y fijo del dispositivo de tipo helicoidal. La fuerza aplicada 310, fuerza de retención del miembro en órbita 310, se puede proporcionar por uno o más procesos, u operaciones unitarias de un sistema de refrigeración. Por ejemplo, la presión entre etapas, la presión asociada a un fluido descargado de la primera etapa de compresión, y/o un fluido asociado a una entrada de una segunda etapa de compresión puede proporcionar las fuerzas de retención aplicadas. El fluido que se expande puede proporcionar la presión aplicada cuando se dirige a través del canal 330 en comunicación fluida con una lumbrera de entrada 114 del dispositivo de expansión, normalmente a través de uno o más bolsillos. En otros casos, el dispositivo de tipo helicoidal 113 se puede disponer en un cárter de aceite 428, que tiene normalmente aceite a una presión mayor que la presión atmosférica. El aceite puede servir como un fluido que proporciona una presión aplicada 310 contra la superficie del miembro helicoidal en órbita 338 del dispositivo de tipo helicoidal 113.

Una interfaz 529 se puede definir entre una superficie del miembro helicoidal en órbita y una superficie del miembro helicoidal fijo. La interfaz 529 puede servir como un cojinete de empuje entre los miembros helicoidales en órbita y fijo. Por tanto, cuando la presión aplicada sobre el miembro helicoidal en órbita es mayor que las fuerzas de expansión axiales asociadas al fluido en expansión en el uno o más bolsillos, la interfaz 529 puede funcionar como un cojinete de empuje que sirve para asegurar los componentes del dispositivo de tipo helicoidal.

Un lubricante se puede dirigir para reducir la fricción en la interfaz 529 asociada a la traslación orbital relativa entre los miembros helicoidales en órbita y fijos. Por ejemplo, el dispositivo de expansión de tipo helicoidal se puede disponer en o estar en comunicación fluida con el cárter de aceite 428, que tiene aceite a un nivel de aceite que proporciona una trayectoria de fluido a la interfaz. Cualquier lubricante adecuado se puede utilizar. Normalmente, el lubricante es químicamente compatible, no reacciona con los componentes en contacto con el sistema de refrigeración y/o el fluido de refrigeración. Por ejemplo, el lubricante puede comprender un glicol tal como, pero sin limitarse a, polialquilenglicol.

De manera significativa, tales disposiciones pueden asegurar similarmente dispositivos de tipo helicoidal en servicio de compresión.

El dispositivo de expansión helicoidal puede tener cualquier número deseado de vueltas o evolventes que proporcionan el grado deseado de expansión. Por ejemplo, el dispositivo de expansión puede tener aproximadamente o cerca de tres vueltas desde la lumbrera de entrada 114 hasta la lumbrera de salida 115. Además, los elementos helicoidales en órbita y fijo correspondientes pueden tener cualquier dimensión adecuada y/o deseada que proporcione el acoplamiento y facilite la expansión de un fluido. Por lo general, los elementos helicoidales en órbita y fijo se dimensionan para ser rígidos y tener una deflexión despreciable. Por tanto, dependiendo de, *entre otras cosas*, el módulo de elasticidad del material de construcción, los elementos helicoidales en órbita y/o fijo pueden tener un espesor que es de aproximadamente 2,54 mm (0,1 pulgadas). Del mismo modo, cualquier paso helicoidal adecuado se puede utilizar. Por ejemplo, los elementos helicoidales en órbita y fijo pueden tener un paso de aproximadamente 10,16 mm (0,4 pulgadas). Del mismo modo, los elementos helicoidales en órbita y fijo correspondiente pueden tener cualquier altura conveniente o deseada siempre que, dependiendo del material de construcción, pueda proporcionar procesos de expansión sin ninguna deflexión apreciable. Por ejemplo, los

elementos helicoidales pueden tener una altura de flanco de aproximadamente 6,96 mm (0,274 pulgadas). Se puede utilizar cualquier radio orbital adecuado que proporcione un efecto de expansión correspondiente, incluyendo, por ejemplo, un radio de aproximadamente 2,54 mm (0,1 pulgadas) que da como resultado, de manera correspondiente, un desplazamiento de aproximadamente 2,29 centímetros cúbicos (0,14 pulgadas cúbicas) con una relación de volumen de expansión de aproximadamente 2,0. Las fugas de los bolsillos de expansión se pueden controlar manteniendo estrechas holguras de operación entre las espiras.

Un conjunto de estanqueidad 240 se puede disponer en la interfaz entre el miembro helicoidal en órbita 338 y el miembro helicoidal fijo 339. Como se ilustra, el conjunto de estanqueidad 240 se puede conformar no circularmente y encerrar además el elemento helicoidal 218 y 219 y evitar la introducción de lubricante en el uno o más bolsillos de expansión y separar la zona a la presión entre etapas de las presiones dentro de los bolsillos de expansión helicoidales. El conjunto de estanqueidad 240 se puede formar por una ranura y un miembro de estanqueidad. El miembro de estanqueidad se puede componer de un material elastomérico.

Como se ha expuesto, el dispositivo de tipo helicoidal asimétrico de la invención se puede sumergir en un cárter de aceite 428. El cárter de aceite 428 puede estar en comunicación fluida con la lumbrera de descarga entre etapas 112 para permitir que el cárter de aceite 428 opere a la presión entre etapas. De este modo, el cárter de aceite puede proporcionar la presión para contrarrestar la fuerza de presión axial entre el miembro en órbita 338 y el miembro fijo 339, lo que permite la reducción de la dependencia de los dispositivos de cojinete de empuje adicionales, y puede proporcionar también lubricación a otros componentes del dispositivo de tipo helicoidal asimétrico. Por ejemplo, el cárter de aceite puede proporcionar lubricación a la interfaz 529 definida entre los miembros helicoidales en órbita y fijo. El conjunto de estanqueidad 240 opcional sirve para evitar cualquier contaminación in deseada del fluido en expansión con el lubricante. Una o más lumbreras de drenaje de aceite o lubricante 252 se pueden disponer en una región interior circunferencialmente definida por el conjunto de estanqueidad 240 para capturar y redirigir cualquier lubricante que pase a través de conjunto de estanqueidad 240 e inhibir aún más la contaminación. Otros componentes del sistema de lubricación pueden incluir una o más bombas de aceite 262. La bomba 262 carga normalmente aceite del cárter de aceite dentro de los conductos para lubricar cualquier componente deseado del subsistema de expansión 103 y, en algunos casos, cualquier componente deseado del subsistema de compresión 102. La bomba 262 se puede accionar por la traslación orbital del miembro helicoidal en órbita o por cualquier unidad motriz adecuada tal como un motor.

Ciertos aspectos relacionados con una o más realizaciones de la invención se refieren a la creación de forma asíncrona de bolsillos en los dispositivos de tipo helicoidales, por ejemplo, no formados simultáneamente. Se puede considerar que la formación asíncrona de bolsillos proporciona características dinámicas deseables. En algunos casos, el dispositivo de tipo helicoidal de la presente invención puede tener características que proporcionan fuerzas axiales reducidas durante, por ejemplo, los procesos de expansión de fluido, en relación con los dispositivos de tipo helicoidales convencionales. La fuerza axial se puede reducir dividiendo el volumen de fluido expandido de tal manera que, para un volumen total, una primera porción se introduce y se expande en un primer bolsillo de expansión definido entre los elementos helicoidales en órbita y fijo en una primera posición relativa, y la porción en equilibrio u otra se introduce y se expande en un segundo bolsillo de expansión definido también entre los elementos helicoidales en órbita y fijo en un segundo bolsillo de expansión. Una disposición de este tipo difiere de los procedimientos simétricos convencionales en los que un fluido se introduce normalmente en los bolsillos de expansión simultáneamente definidos. Los bolsillos de expansión asimétricos de la presente invención proporcionan la distribución temporal de las fuerzas picos asociadas durante la expansión. De hecho, como se ilustra en la Figura 7, que muestra las fuerzas axiales simuladas (lb.) como una función del tiempo, las fuerzas axiales asociadas del dispositivo de expansión helicoidal asimétrico de la presente invención pueden tener una amplitud de pico a valle que es menor que la mitad de las fuerzas de pico a valle asociadas a los dispositivos de expansión helicoidales estándares. La Figura 7 ilustra también la magnitud relativa de las fuerzas aplicadas asociadas al equilibrio o seguridad de, por ejemplo, el miembro den órbita del dispositivo de expansión de tipo helicoidal. Por lo tanto, al cambiar temporalmente y/o dividir el volumen de fluido a expandirse, las fuerzas de expansión asociadas se pueden reducir. Las fuerzas asociadas reducidas reducen ventajosamente las pérdidas por fricción asociadas a componentes relativamente más grandes.

Las Figuras 8A-8J muestran diversas vistas de la configuración del expansor helicoidal asimétrico durante el movimiento orbital relativo de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. El expansor helicoidal asimétrico tiene un elemento helicoidal en órbita que es media vuelta más corto, en un extremo interior, y media vuelta más corta, en un extremo exterior, en relación con la longitud del elemento helicoidal fijo. De acuerdo con una o más realizaciones de la invención, el fluido presurizado a expandir se puede introducir en el expansor helicoidal asimétrico a través de la lumbrera de entrada 114 y llenar el volumen definido entre la pared interior del elemento helicoidal en órbita 218 y una pared exterior del elemento helicoidal fijo 219. A medida que el fluido presurizado entra a través de la lumbrera de entrada 114, el elemento helicoidal en órbita 218 se traslada orbitando alrededor del elemento helicoidal fijo 219. El fluido presurizado proporciona una presión aplicada que induce un aumento en el volumen definido por la pared interior del elemento helicoidal en órbita 218 y la pared exterior del elemento helicoidal fijo 219. Como se muestra esquemáticamente en la Figura 8C, cuando en elemento helicoidal en órbita 218 está en una posición de acoplamiento de aproximadamente 180 grados de desplazamiento en relación con el elemento helicoidal fijo 219, un primer bolsillo de expansión 23 se define o se forma entre la pared interior del elemento

5 helicoidal en órbita 218 y la pared exterior del elemento helicoidal fijo 219. El primer bolsillo de expansión 23 se define cuando el volumen de fluido presurizado ya no está en comunicación fluida con la lumbrera de entrada 114. El fluido presurizado continúa su expansión y el volumen de fluido presurizado entre la pared interior del elemento helicoidal en órbita 218 y la pared exterior del elemento helicoidal fijo 219 aumenta. Mientras esto ocurre, el primer bolsillo de expansión 23 se mueve de manera efectiva hacia la lumbrera de salida 115, como se muestra progresivamente en las Figuras 8D a 8H. Simultáneamente, el fluido presurizado continúa entrando a través de la lumbrera de entrada 114 en un segundo bolsillo de conformación. Cuando el elemento helicoidal en órbita 218 está en una segunda posición de acoplamiento con respecto al elemento helicoidal fijo 219, un segundo bolsillo de expansión 24 se forma entre la pared exterior de la espira en órbita 218 y la pared interior de la espira fija 219, como se muestra en la Figura 8E. El segundo bolsillo formado de forma asincrónica facilita ventajosamente la redistribución de las cargas axiales. El segundo bolsillo de expansión formado de forma asincrónica puede tener un volumen inicial reducido, o al menos un volumen que es diferente del volumen inicial del primer bolsillo.

15 A medida que el primer bolsillo de expansión 23 y el segundo bolsillo de expansión 24 se expanden, su volumen respectivo aumenta también, como se muestra progresivamente en las Figuras 8F-8I. A medida que elemento helicoidal en órbita fijo 218 se mueve a una posición en la que el volumen de fluido presurizado se separa de la lumbrera de entrada 114, un tercer bolsillo de expansión 25 se forma entre la pared interior del elemento helicoidal en órbita fijo 218 y la pared exterior del elemento helicoidal fijo 219, como se muestra en la Figura 8G.

20 A medida que la espira en órbita se traslada, el primer bolsillo de expansión 23 se conecta de manera fluida a la lumbrera de salida 115 y el fluido expandido sale a través de la misma, como se ilustra en la Figura 8H. El segundo bolsillo de expansión 24 y el tercer bolsillo de expansión 25 continúan expandiéndose progresivamente mientras se motiva la traslación del miembro helicoidal en órbita. Este proceso continúa con el segundo bolsillo de expansión 24, el tercer bolsillo de expansión 25, y todos los otros bolsillos de expansión posteriores formados para liberar el fluido a través de la lumbrera de salida 115, como se ilustra progresivamente en las Figuras 8I a 8J. En algunos casos, el tercer bolsillo se puede considerar como equivalente al primer bolsillo 23. En algunos casos, el tercer bolsillo se puede considerar como equivalente al primer bolsillo 23.

30 La función y las ventajas de estas y otras realizaciones de la invención se pueden entender adicionalmente a partir del siguiente ejemplo, que ilustra los beneficios y/o ventajas del uno o más sistemas y técnicas de la invención, pero no ejemplifican el alcance completo de la invención.

Ejemplo

35 En este ejemplo, se simula un expansor helicoidal asimétrico y el rendimiento de un sistema de refrigeración que utiliza el expansor asimétrico se caracteriza. Las condiciones de operación de diseño del expansor helicoidal asimétrico adecuado para su uso en un conjunto compresor/expansor de enfriamiento por dióxido de carbono integrado se enumeran en la Tabla 1 a continuación.

40 La longitud de la espira fija es una vuelta más larga que la longitud de la espira en órbita. En particular, la evolvente del elemento helicoidal fijo dando vueltas desde 0 y extendido a aproximadamente 6π y la evolvente del elemento helicoidal en órbita dando vueltas desde un ángulo de aproximadamente π a aproximadamente 5π .

45 Las espiras del expansor helicoidal asimétrico tienen un paso de aproximadamente 10,16 mm (0,4 pulgadas), un espesor de pared de alrededor de 2,54 mm (0,1 pulgadas), una altura de pared de aproximadamente 6,96 mm (0,274 pulgadas), y un radio de órbita de aproximadamente 2,54 mm (0,1 pulgadas).

Tabla 1. Condiciones de Operación de Diseño del Expansor Asimétrico.

Baja Presión, bar (psia)	48,19 (699)
Alta presión, bar (psia)	124,11 (1.800)
Flujo de entrada en Volumen del Expansor, metros cúbicos/min (pulgadas cúbicas/min)	0,01 (579)

50 El expansor asimétrico se supone que tiene un flujo de fuga de aproximadamente el 20 % con una correspondiente eficacia esperada de aproximadamente el 70 %.

55 Acero cromo-molibdeno se puede utilizar en el expansor, ya que proporciona dureza y resistencia al desgaste. Las tolerancias de mecanizado son aproximadamente +/- 0,01 mm (0,0003 pulgadas) en las dimensiones críticas de pared helicoidal, tal como la altura del flanco.

60 El volumen de expansión calculado del expansor helicoidal asimétrico es de aproximadamente 2,29 centímetros cúbicos (0,14 pulgadas cúbicas). El primer bolsillo de expansión tiene un desplazamiento de aproximadamente 1,41 centímetros cúbicos (0,086 pulgadas cúbicas) y el segundo bolsillo de expansión tiene un desplazamiento de aproximadamente 0,85 centímetros cúbicos (0,052 pulgadas cúbicas). Las secuencias de expansión se representan sustancialmente en las Figuras 8A-8J.

La relación de expansión ideal es de aproximadamente 1:2,35. La relación de expansión media puede ser de aproximadamente 1:2 donde es ventajoso hacerlo.

5 La Tabla 2 enumera las condiciones de operación de diseño del sistema de refrigeración que utiliza el expansor helicoidal asimétrico. El expansor se diseña para integrarse con un compresor que suministra aproximadamente 682 lb/h de flujo de refrigerante de dióxido de carbono en las condiciones de operación de diseño. En particular, el sistema de refrigeración puede servir como una unidad de acondicionamiento de aire de 5275,28 vatios (18.000 BTU/h).

10 Tabla 2. Condiciones de Operación de Diseño del Sistema de Refrigeración.

Condiciones de Operación del Sistema de refrigeración:	
Temperatura de Evaporación del Refrigerante, °C (°F)	12,78 (55)
Temperatura de Salida del Evaporador, °C (°F)	15,56 (60)
Temperatura de Salida del Enfriador de Gas, °C (°F)	48,89 (120)
Velocidad de giro del Compresor/expansor (rpm)	3.450

El sistema de refrigeración de expansión asimétrica se calcula para dar lugar a un aumento de capacidad bruta de aproximadamente el 17 % con una reducción de la entrada total de energía de compresión de aproximadamente el 16 %, en comparación con los sistemas de refrigeración que no se basan en la expansión.

15 Habiendo descrito algunas realizaciones ilustrativas de la invención, debe ser evidente para los expertos en la materia que lo anterior es meramente ilustrativo y no limitativo, habiendo sido presentado a modo de ejemplo solamente. Numerosas modificaciones y otras realizaciones están dentro del alcance de un experto ordinario en la materia y se contemplan como dentro del alcance de la invención. Por ejemplo, los componentes dirigidos a
 20 controlar o regular la traslación orbital, por ejemplo, limitar el radio orbital, tales como acoplamientos y otras estructuras similares, así como los componentes dirigidos a la regulación de las condiciones de operación del sistema de refrigeración, tales como controladores, sensores, y accionadores de válvula, se contemplan por los sistemas y técnicas de la invención. Además, aunque muchos de los ejemplos que se presentan en la presente memoria implican combinaciones específicas de actos de método o elementos del sistema, se debe entender que
 25 estos actos y que estos elementos se pueden combinar en otras maneras para lograr los mismos objetivos.

Además, los actos, elementos y características que se describen solo en relación con una realización no pretenden ser excluidos de un papel similar en otras realizaciones.

30 Se ha de apreciar que diversas alteraciones, modificaciones y mejoras se pueden producir fácilmente por los expertos en la materia y que tales alteraciones, modificaciones y mejoras pretenden ser parte de la descripción y están comprendidas dentro del espíritu y alcance de la invención.

35 Por otra parte, también se debe apreciar que la invención se dirige a cada característica, sistema, subsistema, o técnica descrita en el presente documento y que cualquier combinación de dos o más características, sistemas, subsistemas, o técnicas descritas en el presente documento y cualquier combinación de dos o más características, sistemas, subsistemas y/o métodos, si se considera que tales características, sistemas, subsistemas y técnicas no son mutuamente incompatibles, están dentro del alcance de la invención como se realiza en las reivindicaciones.

40 El uso de términos ordinales tales como "primero", "segundo", "tercero", y similares en las reivindicaciones para modificar un elemento de reivindicación no connota por sí mismo ninguna prioridad, precedencia u orden de un elemento de reivindicación sobre otro o el orden temporal en que se realizan los actos de un método, sino que se utilizan simplemente como etiquetas para distinguir un elemento de reivindicación que tiene un cierto nombre de otro elemento que tiene un mismo nombre (pero para el uso del término ordinal) para distinguir los elementos de
 45 reivindicación.

Los expertos en la materia deben apreciar que los parámetros y configuraciones descritos en la presente memoria son ejemplares y que los parámetros y/o configuraciones reales dependerán de la aplicación específica en que se utilice los sistemas y técnicas de la invención. Los expertos en la materia deberán reconocer también o serán
 50 capaces de determinar, usando no más que experimentación de rutina, equivalentes a las realizaciones específicas de la invención. Por tanto, se debe entender que las realizaciones descritas en la presente memoria se presentan a modo de ejemplo solamente y que, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, la invención puede ponerse en práctica de otro modo al descrito específicamente.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de refrigeración que comprende un intercambiador de calor, un expansor helicoidal asimétrico que comprende un elemento helicoidal fijo (219), un elemento helicoidal en órbita (218) acoplado a, y que se puede mover a lo largo de, una órbita circular en relación con el elemento helicoidal fijo (219), una lumbrera de entrada (114) configurada para recibir un refrigerante del intercambiador de calor, un primer bolsillo de expansión (320) definido entre el elemento helicoidal en órbita (218) y el elemento helicoidal fijo (219) que se cierra para la lumbrera de entrada (114) en una primera posición de acoplamiento relativa del elemento helicoidal en órbita (218) y el elemento helicoidal fijo (219), un segundo bolsillo de expansión definido entre el elemento helicoidal en órbita (218) y el elemento helicoidal fijo (219) que se cierra para la lumbrera de entrada (114) en una segunda posición de acoplamiento relativa, y una lumbrera de salida (115) dispuesta próxima a un extremo terminal del elemento helicoidal en órbita (218), **caracterizado por que** el elemento helicoidal fijo (219) tiene una longitud que es una vuelta mayor que una longitud del elemento helicoidal en órbita (218).
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que una longitud del elemento helicoidal en órbita (218) es aproximadamente media vuelta más corta en cada extremo del mismo con respecto a una longitud del elemento helicoidal fijo (219).
3. El sistema de la reivindicación 1 o de la reivindicación 2, en el que el elemento helicoidal fijo (219) comprende un extremo terminal en forma de bombilla (222).
4. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que el elemento helicoidal fijo (219) comprende aproximadamente tres vueltas.
5. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un sistema de compresión que tiene al menos dos etapas de compresión (110, 112) que incluye una primera etapa y una segunda etapa acoplada operativamente al intercambiador de calor y al expansor helicoidal asimétrico.
6. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que el expansor helicoidal asimétrico está dispuesto dentro de un recipiente presurizado (109).
7. El sistema de la reivindicación 5, en el que la etapa primera de compresión comprende una lumbrera de descarga de la primera etapa (124) y la segunda etapa comprende una lumbrera de entrada de la segunda etapa (126).
8. El sistema de la reivindicación 7, que comprende además un cárter de aceite (428) en comunicación fluida con al menos una de la lumbrera de descarga de la primera etapa (124) y la lumbrera de entrada de la segunda etapa (126).
9. El sistema de la reivindicación 8, en el que el cárter de aceite (428) está en comunicación fluida con una interfaz (529) definida entre un miembro en órbita (338) y un miembro fijo (339) del expansor helicoidal.
10. El sistema de la reivindicación 9, en el que un cierre estanco (240) está dispuesto en la interfaz (529) definida entre el miembro en órbita (338) y el miembro fijo (339) del expansor helicoidal.
11. El sistema de la reivindicación 10, en el que el cierre estanco (240) es un cierre estanco de forma no circular.
12. El sistema de la reivindicación 11, que comprende además un drenaje de aceite (252) dispuesto en la interfaz (529).
13. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 12, en el que una superficie exterior de un miembro en órbita (338) del expansor helicoidal está en comunicación fluida con al menos una de la lumbrera de descarga de la primera etapa (124) y la lumbrera de entrada de la segunda etapa (126).
14. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 12, en el que una superficie exterior de un miembro fijo (339) del expansor helicoidal está en comunicación fluida con al menos una de la lumbrera de descarga de la primera etapa (124) y la lumbrera de entrada de la segunda etapa (126).
15. El sistema de cualquiera reivindicación anterior, que comprende además un evaporador, que tiene una lumbrera de entrada del evaporador en comunicación fluida con la lumbrera de salida del expansor helicoidal y un compresor (102) en comunicación fluida con el evaporador y el intercambiador de calor.
16. El sistema de la reivindicación 15, que comprende además un intercambiador de calor de línea de aspiración que acopla térmicamente un fluido desde el intercambiador de calor a un fluido del evaporador.

17. El sistema de la reivindicación 16, que comprende además un acumulador de refrigerante en comunicación fluida con el evaporador.
- 5 18. El sistema de la reivindicación 17, en el que el refrigerante es un refrigerante transcrito.
19. El sistema de la reivindicación 18, en el que el refrigerante transcrito comprende dióxido de carbono.
20. Un método de expansión de un refrigerante que comprende introducir el refrigerante a una primera presión en el sistema de la reivindicación 1.
- 10 21. El método de la reivindicación 20, en el que el refrigerante se expande dentro de al menos un bolsillo de expansión del expansor helicoidal induciendo de este modo un giro de un árbol de accionamiento (117).
- 15 22. El método de la reivindicación 21, en el que el refrigerante se transfiere desde la lumbrera de entrada hasta una salida del expansor helicoidal induciendo de este modo un giro del árbol de accionamiento (117).
23. El método de la reivindicación 22, en el que el árbol de accionamiento (117) está acoplado a un árbol del compresor.
- 20 24. El método de la reivindicación 20, que comprende expandir el refrigerante en al menos un bolsillo de expansión del sistema para generar trabajo mecánico y suministrar el trabajo mecánico a un árbol rotatorio.
- 25 25. El método de la reivindicación 24, que comprende además exponer al menos una porción de una superficie exterior de un miembro en órbita (338) del expansor helicoidal asimétrico al refrigerante creando de ese modo una fuerza aplicada sobre el mismo.
- 30 26. El método de la reivindicación 24, que comprende además exponer al menos una porción de una superficie exterior de un miembro fijo (339) del expansor helicoidal asimétrico al refrigerante creando de ese modo una fuerza aplicada al respecto.
- 35 27. El método de la reivindicación 24, que comprende además introducir el refrigerante en un compresor que tiene un árbol del compresor y accionar al menos parcialmente el árbol del compresor con el trabajo mecánico suministrado al árbol del compresor.
- 40 28. El método de la reivindicación 27, en el que el compresor es un sistema de compresión que tiene al menos dos etapas de compresión.
29. El método de la reivindicación 28, en el que la primera etapa descarga refrigerante a una presión entre etapas.
- 45 30. El método de la reivindicación 29, que comprende además exponer al menos una porción de una superficie expuesta de un miembro en órbita (338) del expansor helicoidal asimétrico al refrigerante a la presión entre etapas, creando de ese modo una fuerza aplicada sobre el mismo.
31. El método de la reivindicación 29, en el que la fuerza aplicada asegura el miembro en órbita (338) contra un miembro fijo (339) del expansor helicoidal asimétrico durante la traslación orbital del miembro en órbita (338).
- 50 32. El método de la reivindicación 30, que comprende crear una fuerza aplicada que tiene una magnitud mayor o aproximadamente igual a una magnitud de una fuerza de expansión asociada a la expansión del refrigerante en el al menos un bolsillo de expansión.
33. El método de la reivindicación 29, que comprende además exponer al menos una porción de una superficie expuesta de un miembro helicoidal fijo (339) del expansor helicoidal al refrigerante a la presión entre etapas creando de ese modo una fuerza aplicada sobre el mismo.

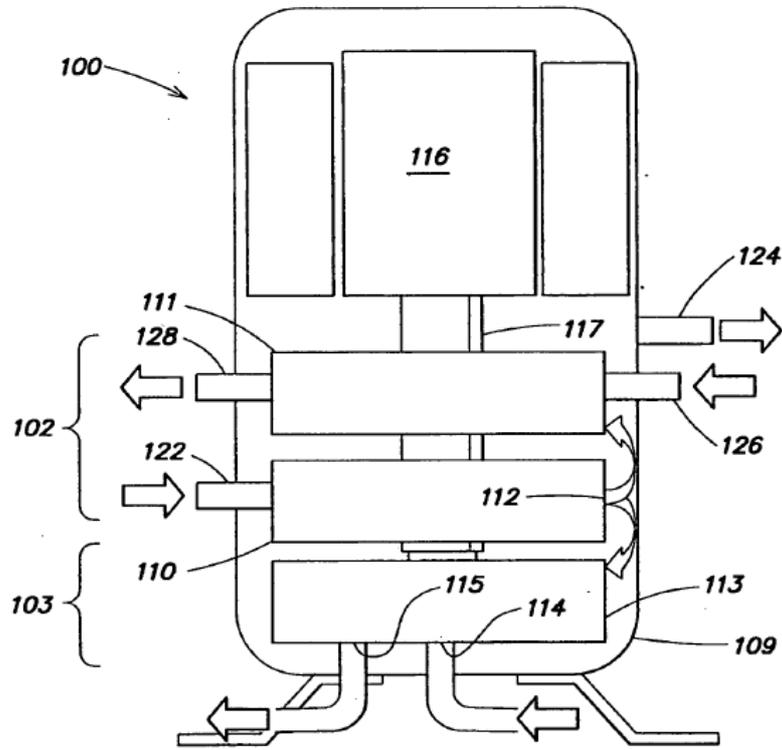


FIG. 1

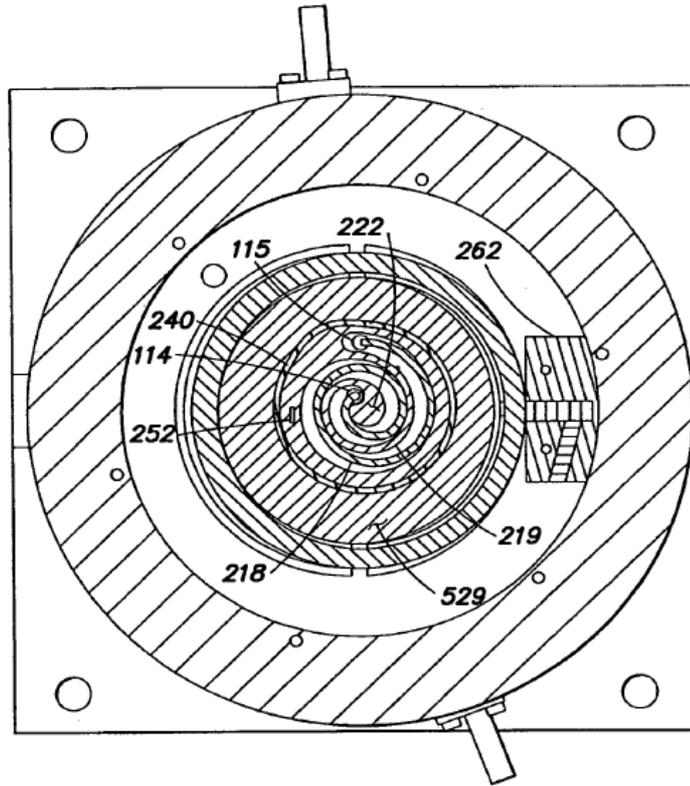


FIG. 2

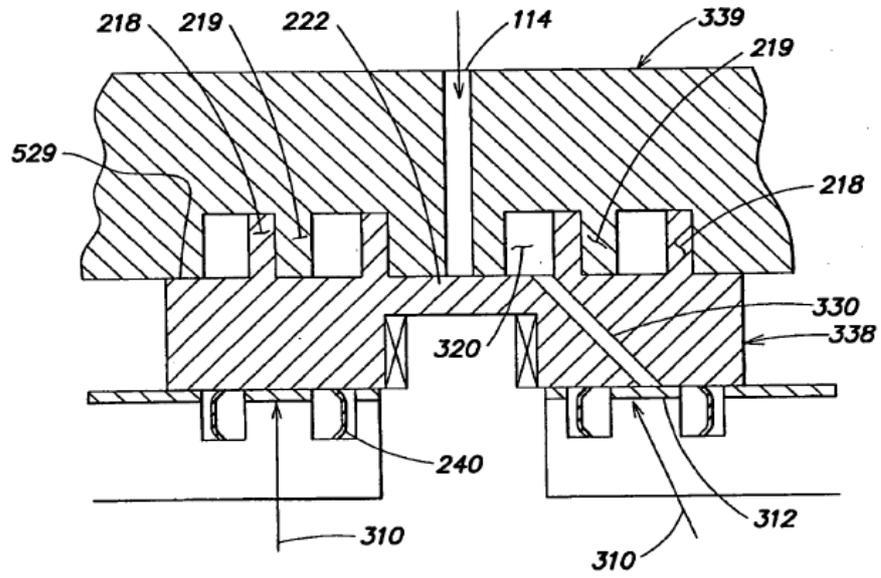


FIG. 3

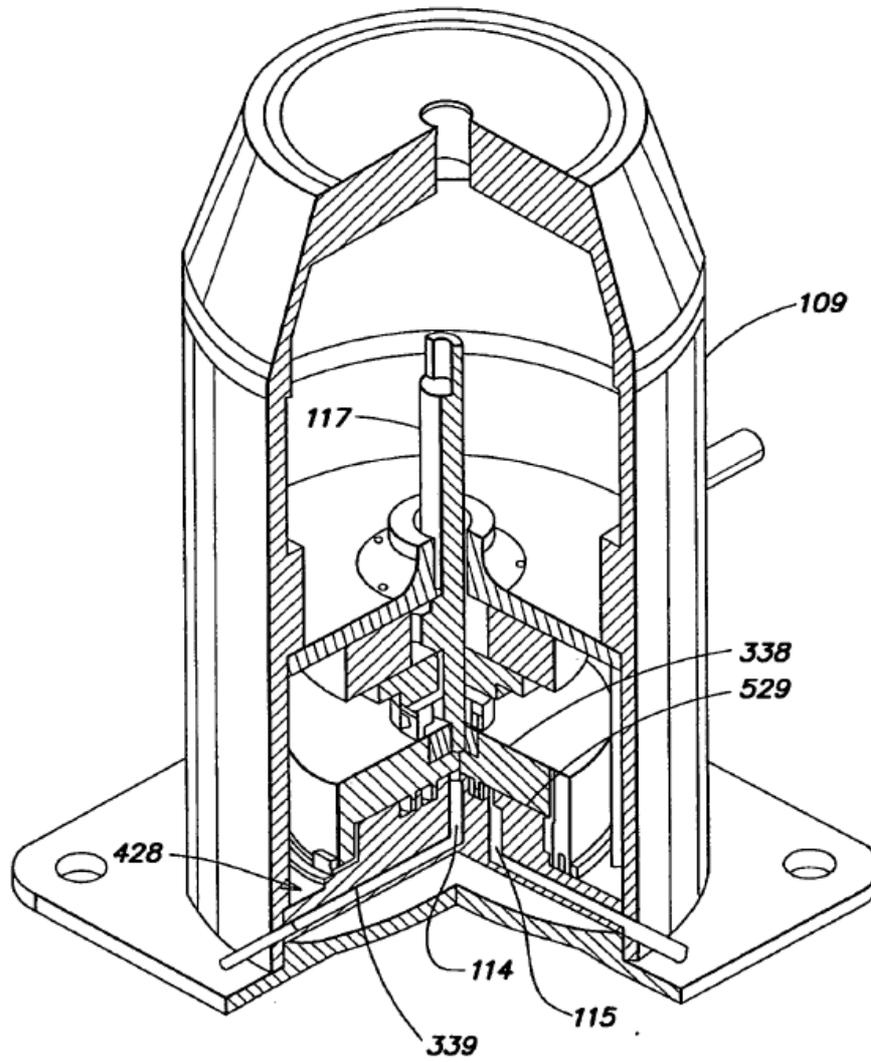


FIG. 4

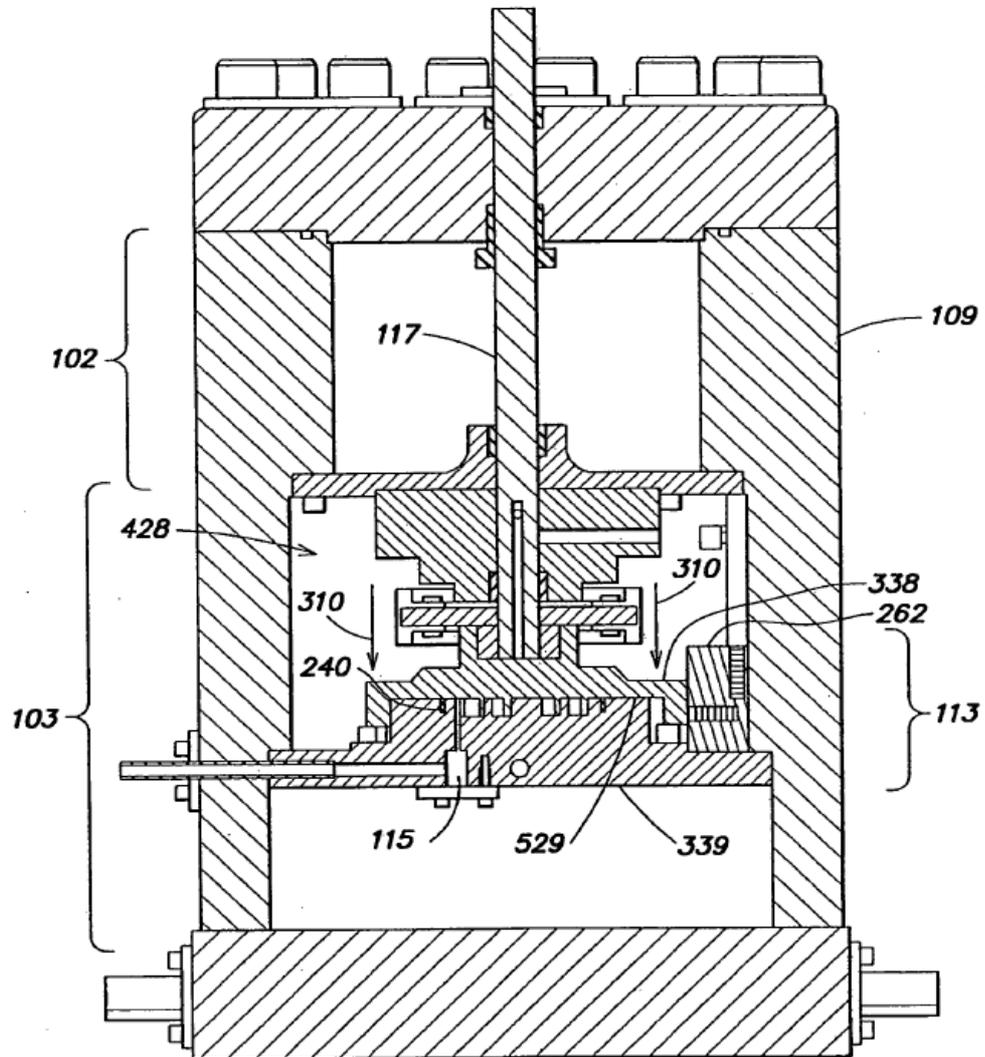


FIG. 5

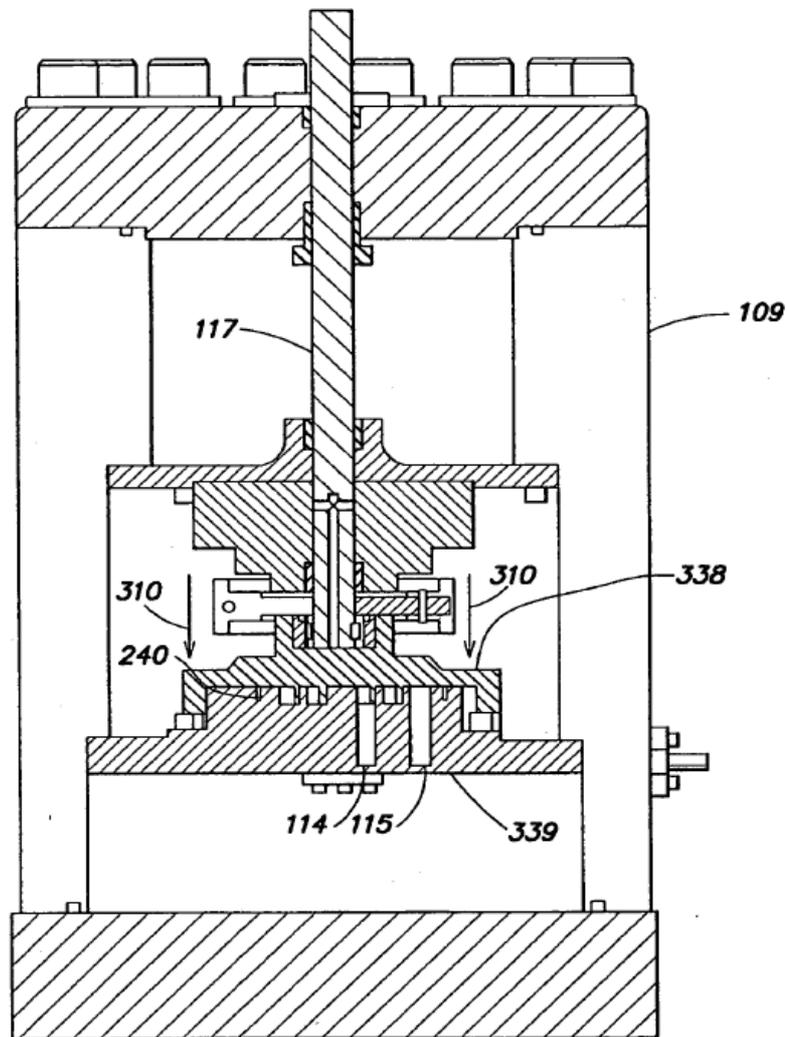


FIG. 6

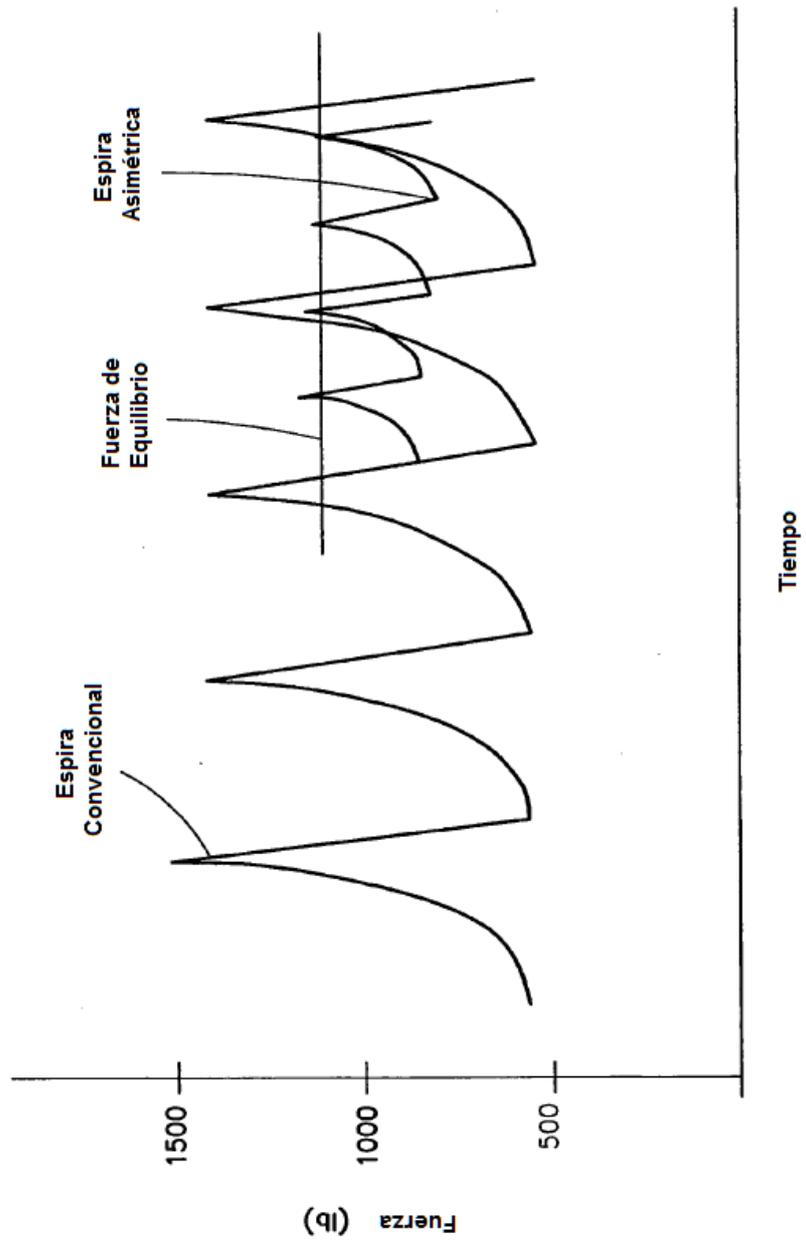
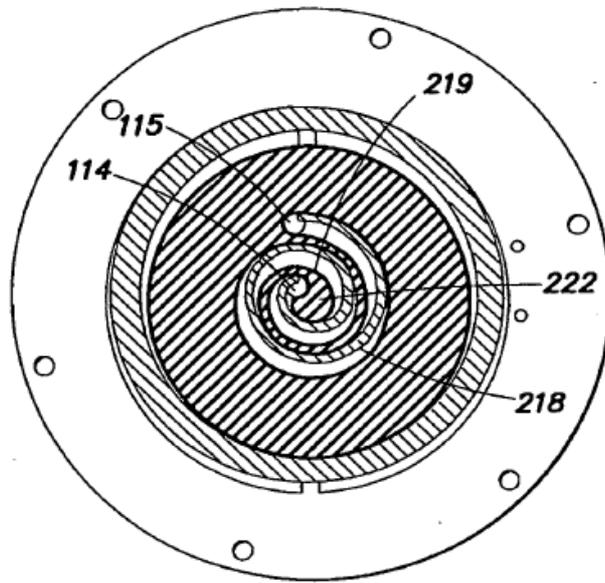
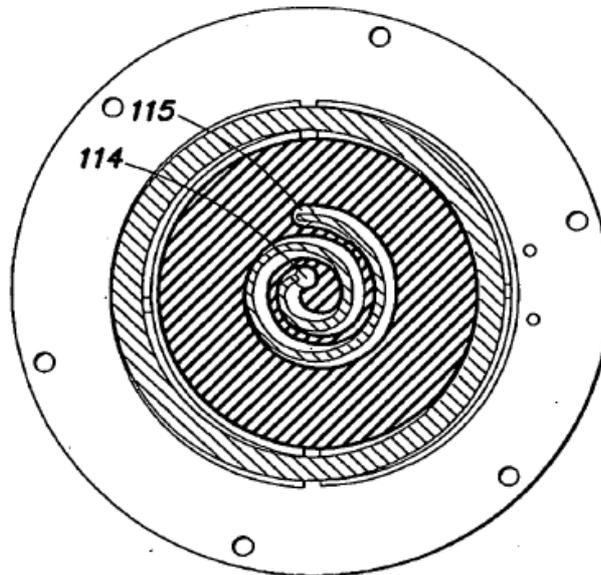


FIG. 7



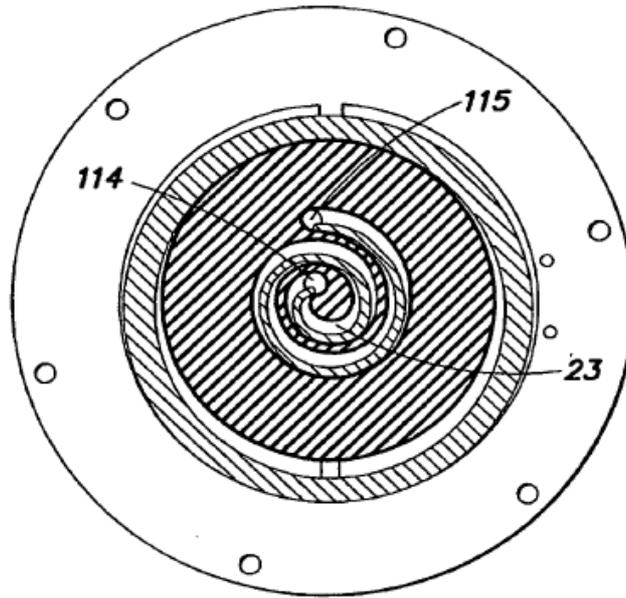
0 Grados

FIG. 8A



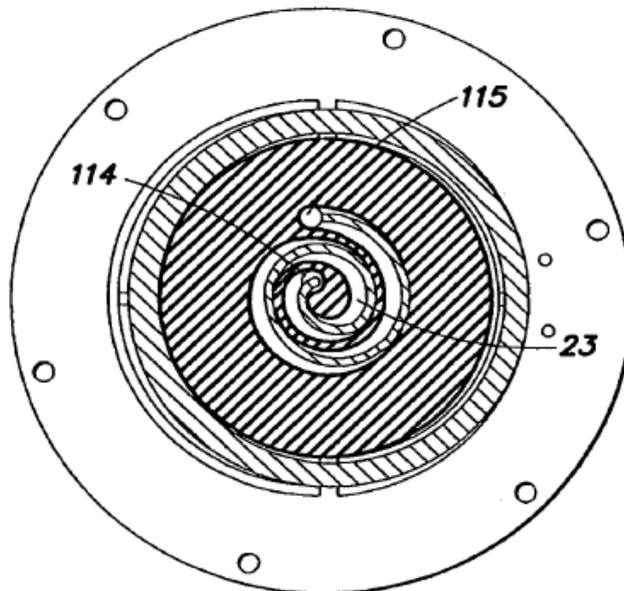
90 Grados

FIG. 8B



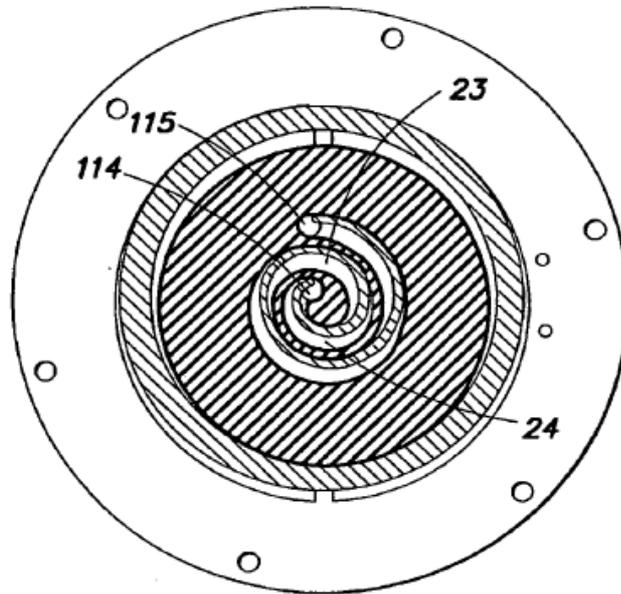
180 Grados

FIG. 8C



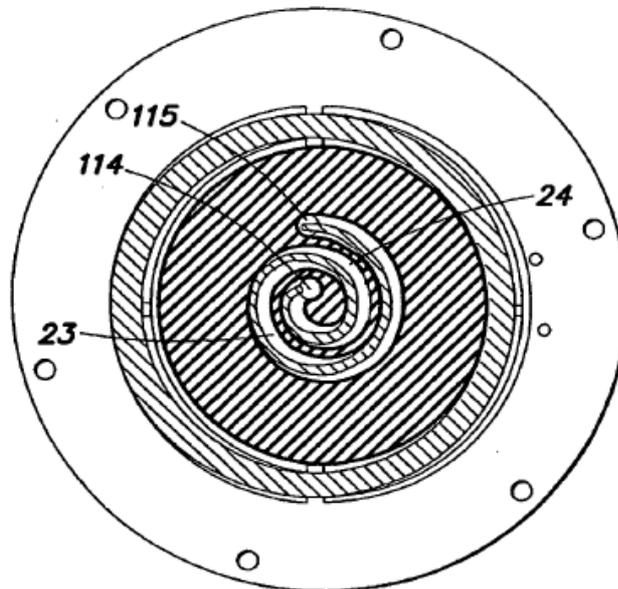
270 Grados

FIG. 8D



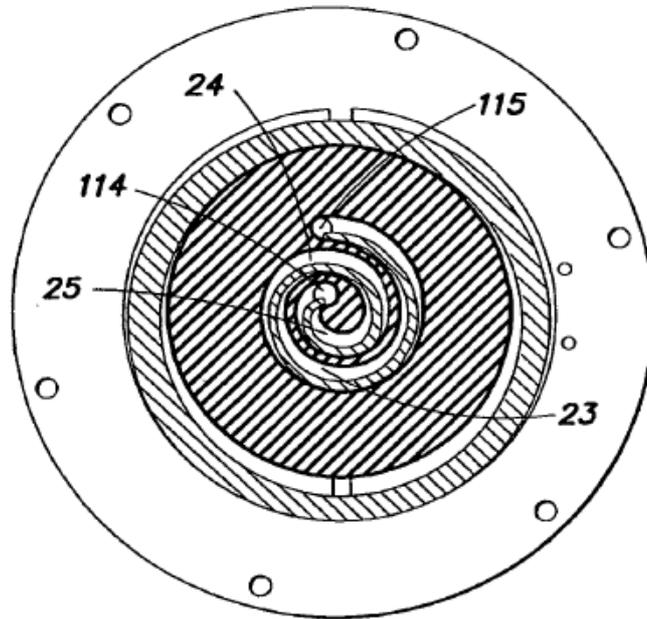
360/0 Grados

FIG. 8E



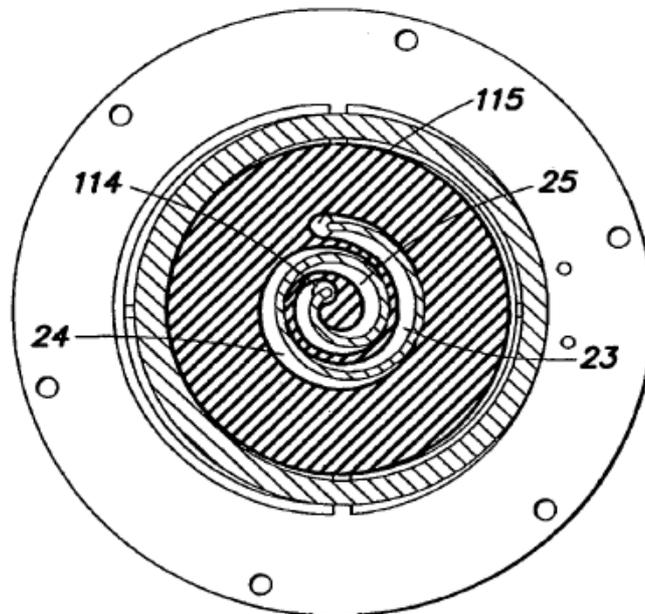
450 Grados

FIG. 8F



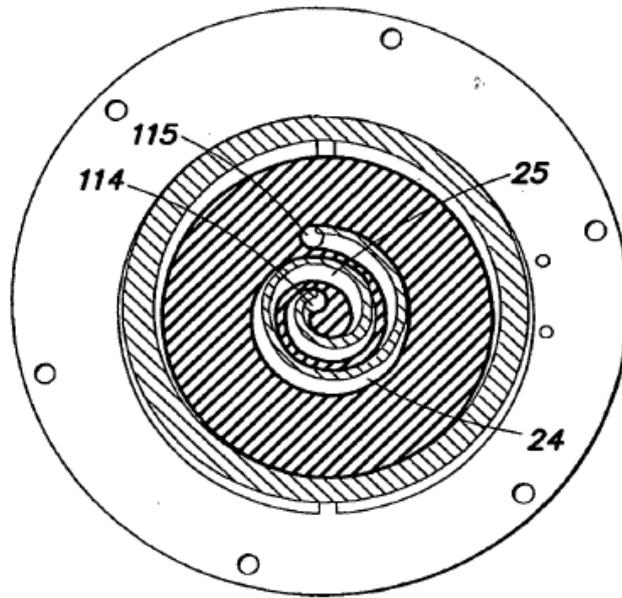
540 Grados

FIG. 8G



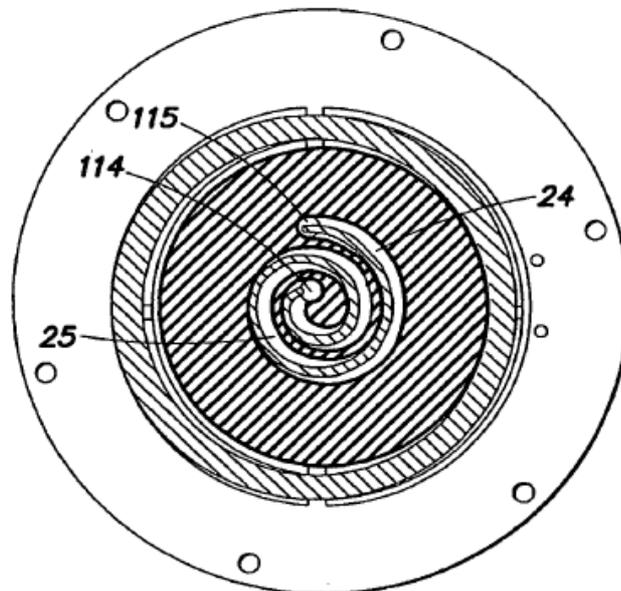
630 Grados

FIG. 8H



720 Grados

FIG. 8I



810 Grados

FIG. 8J