

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 008 308**

51 Int. Cl.:

F02C 3/08 (2006.01)

F02C 7/105 (2006.01)

F01K 7/16 (2006.01)

F02C 7/10 (2006.01)

F02C 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.03.2021 PCT/GB2021/050656**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.09.2021 WO21191588**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.03.2021 E 21713452 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2024 EP 4127419**

54 Título: **Aparato termodinámico**

30 Prioridad:

27.03.2020 GB 202004470

27.03.2020 EP 20275068

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

21.03.2025

73 Titular/es:

BAE SYSTEMS PLC (100.00%)

6 Carlton Gardens

London SW1Y 5AD, GB

72 Inventor/es:

SPAIN, JAMES, WILLIAM

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 3 008 308 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

Aparato termodinámico

5 La presente descripción se refiere a un aparato termodinámico.

En particular, la descripción se refiere a un aparato termodinámico proporcionado como un motor térmico o una bomba de calor.

10 **Antecedentes**

Un motor térmico es un sistema que convierte la energía térmica en energía mecánica, que luego se puede usar para realizar trabajos mecánicos. Lo hace cambiando un fluido de trabajo de una temperatura de estado más alta a una temperatura de estado más baja. El fluido de trabajo genera trabajo en el cuerpo de trabajo del motor mientras transfiere calor a un disipador de calor. Durante este proceso, parte de la energía térmica se convierte en trabajo.

Una bomba de calor transfiere energía térmica de una fuente de calor a un receptáculo térmico. La energía térmica se absorbe de un espacio frío y se envía a uno más cálido. Para lograr esto, el trabajo se debe realizar en el fluido de trabajo del dispositivo; por ejemplo, se puede usar un motor para impulsar el intercambio de calor para transferir energía de la fuente de calor al disipador de calor.

Aunque no es apropiado para todas las aplicaciones, se puede lograr calentamiento o enfriamiento entre las etapas del compresor/rotor de turbina de un motor térmico o bomba de calor mezclando flujos de gas de trabajo, aunque esto está limitado por la disponibilidad de fluido de trabajo disponible corriente abajo del compresor y/o turbina. Alternativamente, la transferencia de calor puede lograrse pasando el fluido de trabajo a través de un intercambiador de calor externo a la turbina y/o el compresor, lo que aumenta el tamaño y la complejidad del aparato. Todos estos métodos están destinados a añadir calor adicional al fluido de trabajo expandido corriente abajo de una etapa del rotor de turbina, o retirar calor del fluido de trabajo comprimido corriente abajo de la etapa del rotor del compresor.

30 Sin embargo, todos los sistemas tienen el mérito de estar limitados a la disponibilidad de fluido de trabajo que pasa a través del aparato, o requieren un aparato voluminoso (por ejemplo, intercambiadores de calor externos a la turbina y/o compresor) que ocupan una cantidad indeseable de espacio e introducen inherentemente pérdidas al sistema en virtud de una inevitable transferencia de calor hacia/desde el entorno que rodea al aparato. Estas son consideraciones significativas para aplicaciones tales como el uso en sistemas de generación de energía o de almacenamiento de energía, especialmente donde se proporcionan en vehículos que incluyen, pero no se limitan a, embarcaciones (p. ej., botes o barcos).

40 El documento US-2019/093556 A1 (Wagner Thomas y col.); US-2014/102098 A1 (Bowen Brett y col.); US-8397506 B1 (Wright Steven y col.), US-2016/348539 A1 (Peter Andrew Maxwell y col.); y WO 2018/005886 A1 (Gen Electric) describen ejemplos de la técnica relacionada.

Por lo tanto, es altamente deseable un sistema que aumente la eficiencia térmica de un motor térmico, pero que permita que tenga un tamaño compacto en comparación con los ejemplos de la técnica relacionada.

45 **Resumen**

Según la presente descripción, se proporciona un aparato termodinámico como se expone en las reivindicaciones adjuntas. Otras características de la invención resultarán evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes y la descripción que sigue.

50 En consecuencia, se proporciona un aparato termodinámico (10) que comprende un módulo compresor (100), un módulo (200) de turbina y un intercambiador (300) de calor regenerativo centrado en un eje central (12). El módulo compresor (100), el módulo (200) de turbina y el intercambiador (300) de calor regenerativo están dispuestos en serie a lo largo del eje central (12) de tal modo que el intercambiador (300) de calor regenerativo se proporciona entre el módulo compresor (100) y el módulo (200) de turbina.

60 El aparato termodinámico (10) puede comprender además un eje (14) centrado en el eje central (12) y puede rotar alrededor de este. El eje (14) puede extenderse a través del módulo compresor (100), el módulo (200) de turbina y el intercambiador (300) de calor regenerativo. El módulo compresor (100) puede comprender un rotor (120). El módulo (200) de turbina puede comprender un rotor (220). Ambos rotores (120, 220) pueden estar portados y rotar con el eje (14).

65 El aparato termodinámico (10) comprende además una carcasa (400), en donde la carcasa (400) se extiende alrededor del módulo compresor (100), el módulo (200) de turbina y un intercambiador (300) de calor regenerativo.

El módulo compresor (100), un módulo (200) de turbina y un intercambiador (300) de calor regenerativo definen un conducto (20) de flujo de fluido de trabajo que se extiende, en serie, a través de: una entrada (102) del módulo compresor hasta una salida (122) del módulo compresor; un primer trayecto (302) a través del intercambiador (300) de calor regenerativo; una entrada (202) del módulo de turbina a la salida (222) del módulo de turbina; un primer conducto intermedio (22); un segundo trayecto (304) a través del intercambiador (300) de calor regenerativo, que está en comunicación de transferencia de calor con el primer trayecto (302); y

un segundo conducto intermedio (24) a la entrada (102) del módulo compresor.

El módulo compresor (100) puede definir una primera parte (26) del conducto (20) de flujo de fluido de trabajo que se extiende entre la entrada (102) del módulo compresor y la salida (122) del módulo compresor. El módulo compresor (100) puede comprender: un primer intercambiador (110) de calor y el rotor (120) del compresor, cada uno proporcionado en el conducto (20) de flujo de fluido de trabajo. El primer intercambiador (110) de calor puede estar proporcionado en una serie de flujo entre la entrada (102) del módulo compresor y el rotor (120) del compresor. El rotor (120) del compresor se puede proporcionar en una serie de flujo entre el primer intercambiador (110) de calor y la salida (122) del módulo compresor. También se puede proporcionar una unidad (130) de transferencia de calor que define la primera parte (26) del conducto (20) de flujo de fluido de trabajo. El primer intercambiador (110) de calor puede estar en comunicación de transferencia de calor con la unidad (130) de transferencia de calor a través de un primer paso principal (134) para un primer medio de transferencia de calor. El primer intercambiador (110) de calor puede estar configurado de tal modo que pueda funcionar para transferir calor a la unidad (130) de transferencia de calor del fluido de trabajo que pasa por el primer intercambiador (110) de calor.

El módulo (200) de turbina puede definir una segunda parte (28) del conducto (20) de flujo de fluido de trabajo que se extiende entre una entrada (202) del módulo de turbina y una salida (222) del módulo de turbina configurado para expandir un fluido de trabajo a medida que el fluido de trabajo pasa a lo largo del conducto (20) de flujo de fluido de trabajo. El módulo de turbina puede comprender: un primer intercambiador (210) de calor y un rotor (220) de turbina, cada uno proporcionado en el conducto (20) de flujo de fluido de trabajo; el primer intercambiador (210) de calor proporcionado en una serie de flujo entre la entrada (202) del módulo de turbina y el rotor (220) de turbina. El rotor (220) de turbina puede proporcionarse en una serie de flujo entre el primer intercambiador (210) de calor y la salida (222) del módulo de turbina. También se puede proporcionar una unidad (230) de transferencia de calor que define una parte (232) del conducto (20) de flujo de fluido de trabajo en una serie de flujo entre el rotor (220) de turbina y la salida (222) del módulo de turbina. El primer intercambiador (210) de calor puede estar en comunicación de transferencia de calor con la unidad (230) de transferencia de calor a través de un segundo paso principal (234) para un segundo medio de transferencia de calor, y el primer intercambiador (210) de calor está configurado de tal modo que puede funcionar para transferir el calor recibido desde la unidad (230) de transferencia de calor al fluido de trabajo que pasa por el primer intercambiador (210) de calor.

El primer paso principal (134) y el segundo paso principal (234) pueden comprender cada uno un plenum (140, 240) de entrada y un plenum (142, 242) de salida, y el plenum (140) de entrada y el plenum (142) de salida del compresor (100) pueden estar en comunicación de flujo de fluido a través de un primer subpaso (144) del compresor definido por la unidad (130) de transferencia de calor del compresor para la transferencia del medio de transferencia de calor respectivo a través primer intercambiador (110) de calor del compresor. El plenum (240) de entrada y el plenum (242) de salida de la turbina (100) están en comunicación de flujo de fluido a través de un primer subpaso (244) de la turbina definido por la unidad (230) de transferencia de calor de turbina para la transferencia del medio de transferencia de calor respectivo a través del primer intercambiador (210) de calor de la turbina. Cada plenum (140, 240) de entrada puede tener una entrada (146, 246) para comunicarse con una fuente diferente de medio de transferencia de calor.

Cada plenum (142, 242) de salida puede tener una salida (148, 248) para expulsar el medio de transferencia de calor respectivo.

El primer subpaso (144, 244) puede extenderse a través del primer intercambiador (110, 210) de calor. El primer intercambiador (110, 210) de calor puede estar en una serie de flujo entre una primera entrada (160, 260) al primer subpaso (144, 244) y una primera salida (162, 262) del primer subpaso (144, 244). La primera entrada (160, 260) puede configurarse para recibir el medio de transferencia de calor desde el plenum (140, 240) de entrada; estando la primera salida (162) configurada para expulsar al plenum (142, 242) de salida.

Un segundo intercambiador (150) de calor puede estar ubicado en el conducto (20) de flujo de fluido de trabajo en una serie de flujo entre el rotor (120) del compresor y la salida (122) del módulo compresor en la unidad (130) de transferencia de calor. El segundo intercambiador (150) de calor puede estar configurado de tal modo que pueda funcionar para transferir calor a la unidad (130) de transferencia de calor del fluido de trabajo que pasa por el segundo intercambiador (150) de calor.

Un segundo intercambiador (250) de calor puede estar ubicado en el conducto (20) de flujo de fluido de trabajo en una serie de flujo entre la etapa (220) de rotor de turbina y la salida (222) del módulo de turbina en la unidad (230) de transferencia de calor. El segundo intercambiador (250) de calor puede estar configurado de tal modo que pueda

funcionar para transferir el calor recibido de la unidad (230) de transferencia de calor al fluido de trabajo que pasa por el segundo intercambiador (250) de calor.

5 El primer subpaso (144, 244) puede extenderse a través del segundo intercambiador (150, 250) de calor.

10 Un segundo subpaso (170, 270) puede extenderse a través del segundo intercambiador (150, 250) de calor; y el segundo intercambiador (150, 250) de calor está en una serie de flujo entre una segunda entrada (172, 272) al segundo subpaso (170, 270) y una segunda salida (174, 274) desde el segundo subpaso (170, 270). La segunda entrada (172, 272) puede configurarse para recibir el medio de transferencia de calor desde el plenum (140, 240) de entrada. La segunda salida (174, 274) se puede configurar para expulsar al plenum (142, 242) de salida.

15 El primer intercambiador (110, 210) de calor se puede proporcionar en serie a lo largo del primer subpaso (144, 244) entre la primera entrada (160) y el segundo intercambiador (150, 250) de calor, y el segundo intercambiador (150, 250) de calor se puede proporcionar en una serie de flujo entre el primer intercambiador (110, 210) de calor y la primera salida (162, 262) del primer subpaso (144, 244) de flujo del medio de calentamiento.

20 El primer subpaso (144, 244) puede comprender un primer nodo (180) entre la primera entrada (160, 260) y el primer intercambiador (110, 210) de calor donde el subpaso diverge para formar una primera ramificación (184) y una segunda ramificación (186). También se puede proporcionar un segundo nodo (190) entre la salida (162, 262) y el segundo intercambiador (150, 250) de calor donde se unen la primera ramificación (184) y la segunda ramificación (186). La primera ramificación (184) del primer subpaso (144, 244) puede extenderse a través del primer intercambiador (110, 210) de calor y evitar el segundo intercambiador (150, 250) de calor. La segunda ramificación (186) puede evitar el primer intercambiador (110, 210) de calor y extenderse a través del segundo intercambiador (150, 250) de calor.

25 El primer subpaso (144, 244) puede comprender un tercer subpaso (188, 288) que se extiende desde una segunda entrada (189, 289) en comunicación fluida con el plenum (140, 240) de entrada a través del segundo intercambiador (150, 250) de calor. El tercer paso secundario puede unirse al primer subpaso (144, 244) entre la salida del primer intercambiador (110, 210) de calor y la salida (144, 244) del primer subpaso; de tal modo que el flujo a través de la primera entrada (160, 260) y la segunda entrada (189, 289) salga a través de la primera salida (162, 262).

30 Por lo tanto, se puede proporcionar un motor térmico de mayor eficiencia térmica y salida de energía que tenga costes de funcionamiento más bajos en comparación con los ejemplos de la técnica relacionada. También se puede proporcionar una bomba de calor de mayor eficiencia térmica, con menores requisitos energéticos y, por lo tanto, menores costes de funcionamiento en comparación con los ejemplos de la técnica relacionada. Por lo tanto, un motor térmico o una bomba de calor según la presente descripción pueden ser más pequeños y baratos que los ejemplos de la técnica relacionada que tienen una capacidad similar, lo que proporciona una ventaja competitiva significativa.

Breve descripción de los dibujos

40 A continuación se describirán ejemplos de la presente descripción con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una representación esquemática de un aparato termodinámico según la presente invención;

45 la figura 2 es una representación esquemática que muestra la distribución de un aparato termodinámico según la presente invención;

la figura 3 es una representación esquemática de una configuración alternativa de un aparato termodinámico según la presente invención;

50 la figura 4 muestra una vista externa de un aparato termodinámico según la presente descripción, encerrado dentro de una carcasa;

la figura 5 muestra una vista del aparato termodinámico mostrado en la figura 4, con la carcasa retirada;

55 la figura 6 muestra una vista despiezada del aparato termodinámico mostrado en la figura 4;

la figura 7 muestra una primera vista seccional del aparato termodinámico mostrado en la figura 4;

la figura 7A muestra una disposición de subpaso alternativa;

60 la figura 8 muestra una segunda vista seccional del aparato termodinámico mostrado en la figura 4;

la figura 9 muestra una vista seccional de un ejemplo alternativo de un aparato termodinámico según la presente descripción;

65

la figura 10 muestra un ejemplo similar al mostrado en la figura 8, con una disposición de intercambiador de calor regenerativo doble, y los pasos de flujo del fluido de trabajo indicados;

la figura 11 muestra una vista seccional transversal del aparato termodinámico mostrado en la figura 4;

la figura 12 muestra una vista ampliada de una región de un ejemplo del aparato termodinámico;

la figura 13 muestra una vista ampliada de una región de un ejemplo alternativo del aparato termodinámico con respecto a la mostrada en la figura 12;

la figura 14 muestra una vista ampliada de una región de un ejemplo alternativo del aparato termodinámico con respecto a la mostrada en la figura 12 o la figura 13;

la figura 15 muestra una vista despiezada de un ejemplo de un aparato termodinámico según la presente descripción;

la figura 16 muestra una vista seccional de un conjunto de intercambiador de calor del aparato termodinámico;

la figura 17 muestra una vista seccional de un intercambiador de calor regenerativo del aparato termodinámico;

las figuras 18 a 21 muestran diferentes elementos de las estructuras de compresor, turbina y plenum del aparato termodinámico;

la figura 22 muestra una disposición de sellado usada en el aparato de la presente descripción;

la figura 23 muestra una vista seccional del aparato termodinámico mostrado en la figura 7;

las figuras 24, 25 muestran configuraciones ejemplares de intercambiadores de calor regenerativos que forman parte del aparato termodinámico;

las figuras 26 a 31 ilustran componentes ejemplares del intercambiador de calor mostrado en la figura 16; y

las figuras 32, 33 muestran un componente ejemplar del intercambiador de calor regenerativo; y

la figura 34 muestra un ensamblaje ejemplar del aparato termodinámico; y

Descripción detallada

La presente descripción se refiere a un sistema de bomba de calor o motor térmico de bucle cerrado que comprende un sistema compresor y/o un sistema de turbina de la presente descripción. En funcionamiento, un fluido de trabajo pasa a través del compresor y la turbina. Al mismo tiempo, un medio de transferencia de calor del compresor (por ejemplo, un refrigerante para eliminar el calor del fluido de trabajo en el compresor) pasa a través del cuerpo del módulo compresor y un medio de transferencia de calor de turbina (por ejemplo, un medio de calentamiento para la adición de calor al fluido de trabajo en la turbina) pasa a través del cuerpo del módulo de turbina.

Un aparato termodinámico que comprende el sistema de turbina y el sistema compresor de la presente descripción puede usarse en aplicaciones de generación de energía usando turbomaquinaria de ciclo cerrado regenerativa, recalentada e interenfriada. Un módulo de turbina de la presente descripción puede funcionar para aproximar la expansión isotérmica. Un compresor de la presente descripción puede aproximarse a la compresión isotérmica. Por lo tanto, el módulo de turbina y el módulo compresor pueden incluirse en un motor térmico en base a una disposición de turbina de gas de ciclo cerrado para producir energía a partir de una fuente de calor. Esta disposición del equipo puede proporcionar un motor térmico que funciona de manera que se aproxime al ciclo termodinámico de Ericsson. Por lo tanto, el aparato termodinámico puede estar proporcionado de una turbina de gas de ciclo cerrado que puede impulsarse mediante una fuente de fluido calentado y una fuente de fluido enfriado para rotar un eje y, por lo tanto, proporcionar una salida de energía.

Un aparato termodinámico que comprende el sistema de turbina y el sistema compresor de la presente descripción puede usarse en aplicaciones de refrigeración (es decir, para funcionar como una bomba de calor). Por lo tanto, el aparato termodinámico puede estar proporcionado de una turbina de gas de ciclo cerrado que puede impulsarse mediante un motor para proporcionar una entrada de energía y, por lo tanto, mover el calor de una fuente de calor a un disipador de calor.

El aparato de la presente descripción también puede incluir equipos utilizables para controlar, iniciar y detener y sellar la maquinaria. La presente descripción también puede referirse a un método de fabricación y ensamblaje de un compresor, turbina e intercambiador de calor regenerativo según la presente descripción.

La figura 1 muestra una representación esquemática de un aparato termodinámico 10 (que se puede configurar como un motor térmico o bomba de calor) que incluye un compresor enfriado 100, una turbina calentada 200, un calentador 6 de fluido (configurado para estar en comunicación de flujo térmico con una fuente de calor), un enfriador 5 de fluido (configurado para estar en comunicación de flujo térmico con un disipador de calor) y un recuperador (intercambiador de calor) 300 para crear el aparato termodinámico 10.

Como un motor térmico, esto puede usarse para impulsar un generador 4 o, alternativamente, un eje de propulsión y hélice, un compresor, bombas u otro equipo de consumo de energía. También puede alimentar combinaciones de estos artículos. Como una bomba de calor, se introduce energía en el eje. Ambos pueden comprender calentamiento entre etapas de turbina y un calentador de boquilla, y un compresor con protección de diafragma enfriado y enfriamiento entre etapas según la presente descripción descrita en la presente memoria. Esto proporciona un motor térmico o bomba de calor con una eficiencia termodinámica extremadamente alta y un diseño simple que pueda fabricarse usando los componentes descritos.

Las fuentes de calor pueden incluir, pero no se limitan a: quemar combustible, reactores, solar térmica y/o geotérmica.

En la figura 1, el suministro de fluido calentador y el retorno, y el suministro de fluido más frío y tuberías de retorno, se muestran como una sola línea solo con fines ilustrativos. Cada una de estas tuberías puede pasar a través de un colector y dividirse en las muchas líneas de suministro y retorno para proporcionar fluido a la misma temperatura a cada elemento de calentamiento o enfriamiento.

Como se presenta en las figuras 2, 3, 5 a 10, un aparato termodinámico 10 según la presente descripción comprende un módulo compresor 100, un módulo 200 de turbina y un intercambiador 300 de calor regenerativo centrado en un eje central 12. El módulo compresor 100, un módulo 200 de turbina y un intercambiador 300 de calor regenerativo están dispuestos en serie a lo largo del eje central 12 de tal modo que el intercambiador 300 de calor regenerativo se proporciona entre el módulo compresor 100 y el módulo 200 de turbina. Según muestran las figuras 7 y 8, el intercambiador 300 de calor regenerativo define dos pasos 302, 304 de flujo. El primer paso 302 de flujo puede funcionar para suministrar fluido de trabajo desde el módulo compresor 100 al módulo 200 de turbina y el segundo paso 304 de flujo puede funcionar para suministrar fluido de trabajo desde el módulo 200 de turbina al módulo compresor 100. Los trayectos 302, 304 están en comunicación de transferencia de calor entre sí. Es decir, el primer paso 302 de flujo y el segundo paso 304 de flujo están configurados de modo que la energía térmica pueda transferirse entre ellos. Por ejemplo, los pasos 302, 304 de flujo pueden estar adyacentes entre sí, divididos por una pared con una característica de transferencia de calor apropiada.

El intercambiador 300 de calor regenerativo puede configurarse para que sea de contraflujo. Es decir, el primer paso 302 de flujo y el segundo paso 304 de flujo pueden disponerse de tal modo que el fluido de trabajo fluya en una primera dirección a lo largo del primer paso 302 de flujo desde el módulo compresor 100 al módulo 200 de turbina y en una segunda dirección a lo largo del segundo paso 304 de flujo desde el módulo 200 de turbina al módulo compresor 100. Por lo tanto, la primera dirección puede ser opuesta a la segunda dirección, de tal modo que se proporciona un contraflujo.

En un ejemplo en el que el aparato termodinámico es un motor térmico, el intercambiador 300 de calor regenerativo puede funcionar (es decir, está configurado para) transferir energía térmica desde el segundo trayecto 304 al primer trayecto 302 y, de esta manera, transferir energía desde el fluido de trabajo en el segundo trayecto 304 (es decir, suministrándose el fluido de trabajo desde el módulo 200 de turbina al módulo 100 de compresor) al fluido de trabajo en el primero trayecto 302 (es decir, suministrándose el fluido de trabajo desde el módulo compresor 100 al módulo 200 de turbina). En un ejemplo en el que el aparato termodinámico es una bomba de calor, el intercambiador 300 de calor regenerativo puede funcionar (es decir, está configurado para) transferir energía térmica desde el primer trayecto 302 al segundo trayecto 304 y, de esta manera, transferir energía desde el fluido de trabajo en el primer trayecto 302 (es decir, el fluido de trabajo que se suministra desde el módulo compresor 100 al módulo 200 de turbina) al fluido de trabajo en el segundo trayecto 304 (es decir, suministrándose el fluido de trabajo desde el módulo 200 de turbina al módulo compresor 100).

El intercambiador 300 de calor regenerativo puede tener un diseño de construcción simple que usa un número reducido de piezas simples (un mínimo de tres, que se muestran ensambladas en la figura 17) que pueden fabricarse usando técnicas de fabricación comunes (mecanizado, forja, fundición, fabricación aditiva) garantizando un bajo coste. El diseño también permite una gran área de superficie (lo que aumenta el intercambio de calor y la eficiencia), bajas pérdidas de flujo por fricción y optimizar la forma y el tamaño de los canales en cada lado del fluido de trabajo para lograr una transferencia de calor eficiente con pérdidas de flujo mínimas. Los componentes principales incluyen dos placas de intercambiador de calor (figuras 26 a 31) y una guía de flujo (figuras 32, 33).

El aparato comprende además un eje 14 centrado en el eje central 12 y que puede rotar alrededor de este. El eje 14 se extiende a través del módulo compresor 100, el módulo 200 de turbina y el intercambiador 300 de calor regenerativo. El módulo compresor 100 comprende al menos un rotor 120 (es decir, la etapa de rotor del compresor). El módulo 200 de turbina comprende al menos un rotor 220 (es decir, una etapa de rotor de turbina). Ambos rotores 120, 220 se portan y rotan con el eje 14.

Cada uno del módulo compresor 100, el módulo 200 de turbina y el intercambiador 300 de calor regenerativo están encerrados por una carcasa común 400. Por lo tanto, el aparato termodinámico 10 comprende además una carcasa 400. Según muestra la figura 4, la carcasa 400 se extiende alrededor del módulo compresor 100, el módulo 200 de turbina y el intercambiador 300 de calor regenerativo.

También, según muestra la figura 4, la carcasa 400 puede ser sustancialmente cilíndrica. Es decir, la carcasa 400 puede ser sustancialmente cilíndrica a lo largo de su longitud. Dicho de otro modo, la carcasa 400 puede tener una superficie externa que se extiende paralela al eje central 12 a lo largo de la longitud de la carcasa 400. Uno o ambos extremos de la carcasa 400 pueden estar proporcionados de un borde 401 para la conexión con una placa 402 de extremo.

En un ejemplo alternativo, la carcasa 400 puede tener una geometría externa alternativa diferente, al tiempo que encierra todo el módulo compresor 100, el módulo 200 de turbina y el intercambiador 300 de calor regenerativo.

La carcasa 400 puede proporcionarse como un conjunto de carcasa. Por lo tanto, la carcasa puede comprender al menos dos módulos (es decir, elementos, piezas o segmentos) que se ensamblan para formar la carcasa 400.

Las disposiciones mostradas en las figuras 2 y 3 muestran variaciones del diseño mostrado en la figura 1. En estos se muestra la posición relativa del módulo compresor 100, el módulo 200 de turbina, el intercambiador 300 de calor regenerativo y la carcasa 400.

Como se describirá, el módulo compresor 100 comprende intercambiadores de calor para enfriar el fluido de trabajo que pasa a su través y el módulo 200 de turbina comprende intercambiadores de calor para calentar el fluido de trabajo que pasa a su través.

En la figura 2, el lado de baja presión del fluido de trabajo está contenido junto a la carcasa 400 y en un canal de retorno del fluido de trabajo. En la figura 3, el fluido a alta presión está al lado de la carcasa y en el canal de retorno del fluido de trabajo.

La figura 4 muestra un ejemplo del aparato termodinámico 10 cuando está ensamblado y la figura 5 muestra el aparato 10 con la carcasa 400 retirada. Durante el uso, la carcasa 400 está presurizada y el módulo compresor 100, un intercambiador 300 de calor regenerativo y el módulo 200 de turbina definen un bucle de ciclo cerrado.

Según muestran en figuras 7, 8, 9, 10, 12 a 14, el módulo compresor 100, un módulo 200 de turbina y un intercambiador 300 de calor regenerativo definen un conducto 20 de flujo de fluido de trabajo. El conducto 20 de flujo de fluido de trabajo define un bucle cerrado y, por lo tanto, está configurado para ser un sistema de ciclo cerrado. El conducto 20 de flujo de fluido de trabajo se extiende, en serie, a través de una entrada 102 del módulo compresor hasta una salida 122 del módulo compresor; el primer trayecto 302 a través del intercambiador 300 de calor regenerativo; una entrada 202 del módulo de turbina a la salida 222 del módulo de turbina; un primer conducto intermedio 22 dispuesto en (es decir, definido por) el módulo 200 de turbina; el segundo trayecto 304 a través del intercambiador 300 de calor regenerativo, que está en comunicación de transferencia de calor con el primer trayecto 302; un segundo conducto intermedio 24 dispuesto en (es decir, definido por) el módulo compresor 100, que conduce de nuevo a la entrada 102 del módulo compresor.

En el ejemplo mostrado en las figuras 7 y 8, el aparato termodinámico comprende un módulo compresor 100 compuesto por dos etapas de compresor dispuestas en serie y un módulo 200 de turbina formado por dos etapas de turbina. Cada etapa comprende un respectivo rotor 120, 220 y un primer intercambiador 110, 210 de calor. En algunos ejemplos, no mostrados, el módulo compresor 100 puede comprender una sola etapa de compresor y el módulo 200 de turbina puede comprender una sola etapa de turbina. Por lo tanto, en la descripción, la referencia a la entrada o salida del módulo de turbina o compresor puede referirse al conjunto de módulos en su conjunto (según muestran las figuras 7 y 8, donde la entrada 102 del compresor es la entrada a todo el conjunto de módulo del compresor, y la salida 122 es la salida de todo el conjunto de compresor, y la entrada 202 de la turbina es la entrada a todo el conjunto de módulo de turbina, y la salida 222 es la salida de todo el conjunto de turbina) o a una región en el conducto 20 de flujo de trabajo, que define el final de una etapa y el comienzo de otra (según muestran las figuras 12, 13, 14 en las que la entrada 102 del módulo compresor/etapa se muestra corriente arriba del primer intercambiador 110 de calor y la salida 122 del módulo compresor/etapa se muestra corriente abajo del segundo intercambiador 150 de calor).

El intercambiador 300 de calor regenerativo puede comprender una sola etapa, por ejemplo, según muestran las figuras 7, 8, o puede comprender una pluralidad de etapas (por ejemplo, dos etapas) como se muestra en el ejemplo de la figura 10. Por lo tanto, un ejemplo que comprende una pluralidad de etapas puede funcionar para aumentar la cantidad de calor transferido al fluido de trabajo que pasa a través del conducto 20 de flujo de fluido de trabajo.

Como se ilustra en la figura 8, el **módulo compresor 100** define una primera parte 26 del conducto 20 de flujo de fluido de trabajo. La primera parte 26 se extiende entre la entrada 102 del módulo compresor y la salida 122 del módulo compresor. En el ejemplo mostrado, la primera parte comprende dos módulos compresores 100. Según muestran las

figuras 7, 8, 9, 10, 12 a 14, cada etapa del módulo compresor 100 comprende un primer intercambiador 110 de calor y el rotor 120 del compresor, cada uno de los cuales se proporciona en el conducto 20 de flujo de fluido de trabajo. El primer intercambiador 110 de calor está proporcionado en una serie de flujo entre la entrada 102 del módulo compresor y el rotor 120 del compresor. El rotor 120 del compresor se proporciona en una serie de flujo entre el primer intercambiador 110 de calor y la salida 122 del módulo compresor. El primer intercambiador 110 de calor está definido por una pared 112 que tiene una superficie externa 114 que está ubicada en el conducto 20 de flujo de fluido de trabajo. Una unidad 130 de transferencia de calor define la primera parte 26 del conducto 20 de flujo de fluido de trabajo. El primer intercambiador 110 de calor está en comunicación de transferencia de calor con la unidad 130 de transferencia de calor a través de un primer paso principal 134 para un primer medio de transferencia de calor (es decir, un refrigerante). **El primer intercambiador 110 de calor está configurado de tal modo que pueda funcionar para transferir calor a la unidad 130 de transferencia de calor del fluido de trabajo que pasa por el primer intercambiador 110 de calor.**

El módulo 200 de turbina define una segunda parte 28 del conducto 20 de flujo de fluido de trabajo que se extiende entre una entrada 202 del módulo de turbina y una salida 222 del módulo de turbina. El módulo 222 de turbina está configurado para expandir un fluido de trabajo a medida que el fluido de trabajo pasa a lo largo del conducto 20 de flujo de fluido de trabajo. Cada etapa del módulo 200 de turbina comprende un primer intercambiador 210 de calor y el rotor 220 de turbina, cada uno de los cuales se proporciona en el conducto 20 de flujo de fluido de trabajo. El primer intercambiador 210 de calor está proporcionado en una serie de flujo entre la entrada 202 del módulo de turbina y el rotor 220 de turbina. El rotor 220 de turbina se proporciona en una serie de flujo entre el primer intercambiador 210 de calor y la salida 222 del módulo de turbina. El primer intercambiador 210 de calor está definido por una pared 212 que tiene una superficie externa 214 que está ubicada en el conducto 20 de flujo de fluido de trabajo. Una unidad 230 de transferencia de calor define una parte 232 del conducto 20 de flujo de fluido de trabajo en una serie de flujo entre el rotor 220 de turbina y la salida 222 del módulo de turbina. El primer intercambiador 210 de calor está en comunicación de transferencia de calor con la unidad 230 de transferencia de calor a través de un segundo paso principal 234 para un segundo medio de transferencia de calor.

El primer intercambiador 210 de calor está configurado de tal modo que puede funcionar para transferir calor recibido desde la unidad 230 de transferencia de calor al fluido de trabajo que pasa por el primer 210 intercambiador de calor.

Según muestran las figuras, el conducto 20 de flujo de fluido de trabajo puede ser una serpentina. Es decir, el conducto de flujo de fluido de trabajo puede comprender una pluralidad de secciones que se extienden en ángulo, por ejemplo, en ángulo recto, con respecto al eje 12 de rotación central. Dicho de otro modo, el conducto 20 de flujo de fluido de trabajo puede comprender una serie de secciones que se extienden radialmente con respecto al eje 12 de rotación central. Las secciones que se extienden radialmente se pueden unir mediante secciones curvadas o que se extienden longitudinalmente. Es decir, las secciones que se extienden radialmente pueden estar unidas entre sí mediante secciones adicionales que se extienden en una dirección que tiene un componente que se extiende paralelo al eje central 12. Estas secciones adicionales/de unión están definidas en parte por las etapas 120, 220 del rotor. Los intercambiadores 110, 150, 210, 250 de calor están ubicados en las secciones que se extienden radialmente del conducto 20 de flujo de fluido de trabajo. Proporcionar al conducto 20 de flujo de fluido de trabajo una configuración en serpentina significa que el área de superficie del conducto 20 de flujo de fluido de trabajo puede maximizarse a lo largo del aparato 10.

El conducto 20 de flujo de fluido de trabajo puede tener una vía de flujo en serpentina de este tipo a través de cada una de la etapa o etapas del compresor, la etapa o etapas de la turbina y la etapa o etapas del intercambiador de calor regenerativo.

Según muestran las figuras 6, 7, 9, 11, el **primer paso principal 134** del módulo compresor 100 y el **segundo paso principal 234** del módulo 200 de turbina comprenden cada uno un plenum 140, 240 de entrada y un plenum 142, 242 de salida. El plenum 140 de entrada y el plenum 142 de salida del compresor 100 están en comunicación de flujo de fluido a través de un primer subpaso 144 de compresor definido por la unidad 130 de transferencia de calor de compresor para la transferencia del medio de transferencia de calor respectivo a través del primer intercambiador 110 de calor de compresor. El plenum 240 de entrada y el plenum 242 de salida de la turbina 100 están en comunicación de flujo de fluido a través de un primer subpaso 244 de turbina definido por la unidad 230 de transferencia de calor de turbina para la transferencia del medio de transferencia de calor respectivo a través del primer intercambiador 210 de calor de turbina.

Cada plenum 140, 240 de entrada tiene una entrada 146, 246 para la comunicación con una fuente diferente de medio de transferencia de calor y cada plenum 142, 242 de salida tiene una salida 148, 248 para expulsar el medio de transferencia de calor respectivo. Es decir, el plenum 142 de entrada del compresor tiene una entrada 146 para la comunicación con una fuente de un medio de transferencia de calor que es un medio de enfriamiento (es decir, un refrigerante) y el plenum 142 de salida del compresor tiene una salida 148 para expulsar el refrigerante del primer paso principal 134. De la misma manera, el plenum 242 de entrada de la turbina tiene una entrada 246 para la comunicación con una fuente de medio de calentamiento (por ejemplo, un fluido calentado) y el plenum 240 de salida de la turbina tiene una salida 248 para expulsar el medio de calentamiento del segundo paso principal 234.

Según muestran las figuras 7, 7A, 11, 12 a 14, los primeros subpasos 144, 244 del módulo compresor y el módulo de turbina se extienden a través del primer intercambiador 110, 210 de calor. La figura 7A muestra una disposición alternativa a la mostrada en la figura 7 y puede aplicarse a los intercambiadores de calor del módulo compresor y/o módulo de turbina. La figura 11 muestra una vista seccional de un compresor 100 y/o turbina 200 según la presente invención. Es decir, el compresor 100 y la turbina 200 pueden tener las mismas características entre sí, y las características se indican en la figura 11 usando los números de referencia del compresor 100 y la turbina 200. En las figuras 12, 13 y 14, la mitad superior de la figura se refiere al módulo 200 de turbina (con el flujo a través del conducto 20 de flujo de fluido de trabajo de izquierda a derecha) y la mitad inferior de las figuras se refiere al módulo compresor 100 (con el flujo a través del conducto 20 de flujo de fluido de trabajo de derecha a izquierda). El primer intercambiador 110, 210 de calor está en una serie de flujo entre una primera entrada 160, 260 al primer subpaso 144, 244 y una primera salida 162 del primer subpaso 144, 244. La primera entrada 160, 260 está configurada para recibir el medio de transferencia de calor desde el plenum 140, 240 de entrada. La primera salida 162, 262 está configurada para expulsar al plenum 142, 242 de salida.

Según muestran las figuras 7 a 10, 12 a 14, cada etapa del módulo compresor 100 puede comprender un segundo intercambiador 150 de calor ubicado en el conducto 20 de flujo de fluido de trabajo en una serie de flujo entre el rotor 120 del compresor y la salida 122 del módulo compresor en la unidad 130 de transferencia de calor. El segundo intercambiador 150 de calor del compresor está definido por una pared 152 que tiene una superficie externa 154 que está ubicada en el conducto 20 de flujo de fluido de trabajo. **El segundo intercambiador 150 de calor está configurado de tal modo que pueda funcionar para transferir calor a la unidad 130 de transferencia de calor del fluido de trabajo que pasa por el segundo intercambiador 150 de calor.**

Cada etapa del módulo 200 de turbina puede comprender un segundo intercambiador 250 de calor que está ubicado en el conducto 20 de flujo de fluido de trabajo en una serie de flujo entre la etapa 220 de rotor de turbina y la salida 222 del módulo de turbina en la unidad 230 de transferencia de calor. El segundo intercambiador 250 de calor del compresor definido por una pared 252 que tiene una superficie externa 254 que está ubicada en el conducto 20 de flujo de fluido de trabajo. **El segundo intercambiador 250 de calor está configurado de tal modo que pueda funcionar para transferir el calor recibido de la unidad 230 de transferencia de calor al fluido de trabajo que pasa por el segundo intercambiador 250 de calor.**

Por lo tanto, dado que un módulo compresor 100 y un módulo 200 de turbina pueden comprender múltiples etapas, puede haber varios pares de primeros intercambiadores de calor y segundos intercambiadores de calor en el conducto 20 de flujo de fluido de trabajo definido por cada uno del módulo compresor y el módulo de turbina. En un ejemplo alternativo, el módulo compresor y el módulo de turbina pueden comprender una sola etapa, en cuyo caso solo se pueden proporcionar un primer intercambiador de calor y un segundo intercambiador de calor en la sección del conducto 20 de flujo de fluido de trabajo que se extiende a través de cada uno del módulo compresor 100 y el módulo 200 de turbina.

En cada uno del módulo compresor 100 y el módulo 200 de turbina, el primer subpaso 144, 244 se extiende a través del segundo intercambiador 150, 250 de calor.

Como se muestra en el ejemplo de la figura 12, en cada uno del módulo compresor 100 y el módulo 200 de turbina, un segundo subpaso 170, 270 se extiende a través del segundo intercambiador 150, 250 de calor. El segundo intercambiador 150, 250 de calor está en una serie de flujo entre una segunda entrada 172, 272 al segundo subpaso 170, 270 y una segunda salida 174, 274 desde el segundo subpaso 170, 270. La segunda entrada 172, 272 está configurada para recibir el medio de transferencia de calor desde el plenum 140, 240 de entrada. La segunda salida 174, 274 está configurada para expulsar al plenum 142, 242 de salida.

En cada uno del módulo compresor 100 y el módulo de turbina, el primer intercambiador 110, 210 de calor se proporciona en serie a lo largo de/en el primer subpaso 144, 244 entre la primera entrada 160, 260 y el segundo intercambiador 150, 250 de calor y el segundo intercambiador 150, 250 de calor se puede proporcionar en una serie de flujo entre el primer intercambiador 110, 210 de calor y la primera salida 162, 262 del primer subpaso 144, 244 de flujo del medio de calentamiento.

Como se muestra en un ejemplo alternativo de la figura 13, el subpaso 144, 244 puede comprender un primer nodo 180 entre la primera entrada 160, 260 y el primer intercambiador 110, 210 de calor donde el subpaso se divide/diverge para formar una primera ramificación 184 y una segunda ramificación 186. Se proporciona un segundo nodo 190 entre la salida 162, 262 y el segundo intercambiador 150, 250 de calor donde se unen la primera ramificación 184 y la segunda ramificación 186. La primera ramificación 184 del primer subpaso 144, 244 se extiende a través del primer intercambiador 110, 210 de calor y evita el segundo intercambiador 150, 250 de calor. La segunda ramificación 186 evita el primer intercambiador 110, 210 de calor y se extiende a través del segundo intercambiador 150, 250 de calor.

Como se muestra en un ejemplo alternativo de la figura 14, el primer subpaso 144, 244 puede comprender un tercer subpaso 188, 288 que se extiende desde una segunda entrada 189, 289 en comunicación fluida con el plenum 140, 240 de entrada a través del segundo intercambiador 150, 250 de calor. El tercer subpaso 188, 288 se une al primer subpaso 144, 244 entre la salida del primer intercambiador 110, 210 de calor y la salida 144, 244 del primer subpaso,

ES 3 008 308 T3

de tal modo que el flujo a través de la primera entrada 160, 260 y la segunda entrada 189, 289 sale a través de la primera salida 162, 262.

5 En las figuras 12 a 14, la conexión a los plenums 140, 142 y 240, 242 se indica con flechas, lo que indica que en las entradas y salidas de los subpasos hay una conexión fluida con los plenums.

10 La figura 16 muestra una imagen tridimensional del módulo de intercambio de calor de la figura 13: el fluido de intercambio de calor se suministra y se devuelve desde un único suministro y retorno, lo que simplifica los suministros de calentamiento y enfriamiento a expensas de la eficiencia.

15 La figura 15 muestra una vista despiezada alternativa de un módulo compresor del aparato termodinámico, aunque se aplica igualmente a un módulo de turbina. Muestra los pasos de flujo a su través y se define por una sección 402 de carcasa, una guía 404 de flujo del fluido de trabajo y las secciones de la unidad 130 de transferencia de calor. Se muestran la primera entrada 160 al primer subpaso 144 y la primera salida 162.

20 Una característica clave del diseño es que se usan placas para crear los intercambiadores de calor. Por ejemplo, se usan dos placas de carcasa interiores mecanizadas para crear una única cara de sellado, que se sujetan entre sí usando una disposición de unión atornillada. La superficie/volumen interno de este par de placas mantiene el fluido de transferencia de calor, con una única superficie de sellado. Las placas se sujetan alrededor de un conjunto de guía de paso de flujo. Esta encaja dentro de los orificios ranurados que definen intercambiadores de calor y restringen el flujo del fluido de transferencia de calor al trayecto óptimo a través del espacio. Esto puede hacerse de una sola placa plana, con un número de orificios ranurados en los que varias placas guía conformadas encajan o un artículo impreso en 3D o mecanizado individual. Cuando se conectan entre sí, estas tres placas crean un intercambiador de calor con el fluido de transferencia de calor contenido dentro de las placas de carcasa interiores.

25 La figura 16 muestra una vista seccional de un conjunto de intercambiador de calor del aparato termodinámico que se muestra en la figura 13. En este ejemplo, se proporcionan tres pasos de flujo de transferencia de calor internos reticulados, por lo que solo se requiere un suministro y un retorno, por ejemplo, según muestra la figura 14.

30 La figura 17 muestra una vista seccional de un intercambiador de calor regenerativo del aparato termodinámico. La figura 17 muestra una mitad del conjunto de intercambiador de calor regenerativo. Los bordes redondeados se muestran en la entrada/salida de las ranuras laterales de baja presión que mejoran el flujo de aire.

35 Las figuras 18 a 21 muestran diferentes elementos de la estructura de compresor, turbina y plenum del aparato termodinámico. Las figuras 18 a 20 muestran posibles disposiciones y componentes de soporte estructural combinados que forman el plenum de suministro y retorno, detallados como piezas 140, 142, 240 y 242. Esto proporciona soporte a la estructura del compresor y la turbina y también un medio de fabricación sencilla del conjunto de soporte.

40 En la figura 18 se muestra el suministro y retorno 502 de fluido de intercambio de calor frío y caliente. También se muestra un retorno 504 para el sellado de la línea de fuga/control y un sello deslizante 506 para el suministro y el retorno.

45 En la figura 19, se muestra una estructura 500 de soporte para las etapas internas.

En la figura 20, se muestran restricciones internas 508. La figura 20 muestra una posible disposición en la que hay múltiples plenums para permitir un mayor flujo de fluido de transferencia de calor. También permite el retorno del fluido desde los drenajes de sellado. Los drenajes de sellado permiten capturar y reutilizar el fluido que se filtra.

50 En la figura 21 se muestran disposiciones alternativas 510 para el suministro y el retorno de los fluidos de transferencia de calor.

Para simplificar, solo se muestran las disposiciones de tipo cilindro, pero son posibles diseños equivalentes de carcasa dividida horizontal y vertical para permitir el ensamblaje.

55 La figura 22 muestra una disposición de sellado usada en el aparato de la presente descripción.

La figura 23 muestra una vista seccional del aparato termodinámico mostrado en la figura 7. La figura 23 muestra una sección transversal con una división horizontal en lugar de vertical en la carcasa de la turbina y el compresor.

60 Las figuras 24, 25 muestran vistas detalladas de un intercambiador de calor regenerativo que forma parte del aparato termodinámico.

65 Las figuras 26 a 31 ilustran componentes ejemplares del intercambiador de calor regenerativo mostrado en la figura 16.

ES 3 008 308 T3

Las figuras 32, 33 muestran un componente ejemplar del intercambiador de calor regenerativo mostrado en la figura 16.

5 La figura 34 muestra una disposición alternativa que puede usarse para soportar un conjunto de múltiples conjuntos de intercambiadores de calor, para su inserción en una carcasa tipo cilindro. Una disposición de pasadores o pernos largos 600 pasa a través de todas las placas. Los tacos que unen las caras de las placas (en forma de cizallamiento) permiten ensamblar la carcasa con precisión.

10 El aparato termodinámico puede configurarse para funcionar como un motor térmico. Con referencia a las figuras 7, 8 y 10, durante el uso, el funcionamiento del aparato termodinámico implica acoplar el plenum 140 de entrada a un dissipador de calor (por ejemplo, una fuente de fluido frío) y el acoplamiento del plenum 242 de entrada a una fuente de calor, de modo que cada uno reciba un fluido/medio de transferencia de calor. El fluido de transferencia de calor en el primer paso principal 134 debe proporcionarse para que sea más frío que el fluido de transferencia de calor en el segundo paso principal 234. El plenum 142 de salida en el plenum 242 de salida puede expulsar de nuevo al
15 dissipador de calor y a la fuente de calor, respectivamente, o puede dirigirse a otro lugar. Se proporciona un fluido de trabajo en el conducto 20 de flujo de fluido de trabajo.

20 Los diferentes fluidos de transferencia de calor se bombean desde su fuente, a través de los pasos principales 134, 234 y salen del aparato. Este diferencial de temperatura provoca que el flujo del fluido de trabajo pase a través del conducto 20 de flujo de fluido de trabajo.

25 El fluido de trabajo se desplazará alrededor del conducto 20 de flujo de fluido de trabajo desde la entrada 102 del módulo compresor, a través del módulo compresor 100 hasta la salida 122 del módulo compresor, luego a través del primer trayecto 302 a través del intercambiador 300 de calor regenerativo, luego a través de la entrada 202 del módulo de turbina, a través del módulo 200 de turbina a la salida 222 del módulo de turbina, luego a través del primer conducto intermedio 22, luego a través del segundo trayecto 304 a través del intercambiador 300 de calor regenerativo, que está en comunicación de transferencia de calor con el primer trayecto 302 y a través del segundo conducto intermedio 24 a la entrada 102 del módulo compresor.

30 El flujo de fluido de trabajo da como resultado el giro de los rotores 120, 220 y, por lo tanto, el giro del eje 12, que puede estar acoplado a una toma de energía y, por lo tanto, usarse para impulsar otra pieza del aparato, por ejemplo, un generador.

35 La energía de salida de la máquina se puede controlar añadiendo y retirando fluido de trabajo del sistema (aumentando y disminuyendo la presión y la densidad del fluido) o alterando la velocidad de rotación del rotor y el eje. En la figura 8, se muestran las posiciones ideales para esto que permiten la adición y extracción del fluido de trabajo sin un compresor adicional.

40 En un ejemplo alternativo, el aparato termodinámico puede configurarse para funcionar como una bomba de calor. En un ejemplo de este tipo, el eje 14 se impulsa por un motor para mover el fluido de trabajo alrededor del conducto 20 de flujo de fluido de trabajo, provocando un intercambio de calor a través del intercambiador de calor regenerativo para transferir calor desde el medio de transferencia de calor en el compresor al medio de transferencia de calor en la turbina. En un ejemplo de este tipo, la temperatura del compresor sería mayor que la temperatura de la turbina.

45 La configuración del aparato de la presente descripción da como resultado un motor térmico o una bomba de calor de mayor eficiencia térmica y potencia de salida y, por lo tanto, uno que proporciona costes de funcionamiento reducidos en comparación con los ejemplos de la técnica relacionada. Por lo tanto, un aparato termodinámico según la presente descripción será más pequeño y barato que los ejemplos de la técnica relacionada, lo que proporciona una ventaja competitiva significativa.

50 El enrutamiento interno de los intercambiadores de calor del compresor y la turbina aumenta la transferencia de calor y, por lo tanto, la efectividad del enfriamiento del fluido de trabajo que pasa a través del compresor y el calentamiento son fluido de trabajo que pasa a través de la turbina.

55 El diseño mejorado para la producción de energía eléctrica marina u otras disposiciones de propulsión (por ejemplo, motores/unidades de potencia para trenes) de esta invención puede proporcionar un beneficio al disminuir el consumo de combustible (es decir, aumentar el alcance o el rendimiento de las embarcaciones), al minimizar la necesidad de tuberías de fluido a alta presión (es decir, al proporcionar un concepto de diseño seguro) y al simplificar los sistemas de soporte necesarios para poner en funcionamiento el equipo de propulsión (es decir, un diseño más barato y simple).

60 El aparato de la presente descripción está encapsulado en una sola carcasa, lo que reduce el número de piezas, el tamaño total de la máquina, reduce las tuberías (lo que resulta en menores pérdidas), reduce los requisitos de sellado y elimina la necesidad de intercambiadores de calor regenerativos externos. Esto mejora la eficiencia de la máquina.

65 El módulo de turbina y el módulo compresor de la presente descripción pueden aumentar la eficiencia térmica de un motor térmico o bomba de calor en el que se incluyen sobre los sistemas disponibles actualmente y tiene requisitos

reducidos para los sistemas de espacio y soporte sobre equipos de generación de energía y enfriamiento convencionales que tienen una eficiencia térmica similar. Esto tiene el efecto de hacer que el equipo de la presente descripción sea más económico que las alternativas para la misma energía nominal, dando una ventaja competitiva significativa.

5 El aparato de la presente descripción puede emplearse como maquinaria de velocidad constante para la producción de energía eléctrica (por ejemplo, donde se crea una fuente de calor para controlar una turbina). También puede usarse en maquinaria de velocidad constante para energía eléctrica mediante el uso de combustibles o fuentes de calor. También puede tener utilidad como maquinaria de velocidad variable para propulsión marina o de otro tipo.

10 Tanto la producción de energía eléctrica como las disposiciones de propulsión marina del aparato de la presente invención pueden proporcionar aplicaciones marítimas beneficiosas al disminuir el consumo de combustible y, por lo tanto, aumentar la variedad o rendimiento de las embarcaciones, minimizando la necesidad de tuberías de fluido de alta presión (haciendo un producto más seguro) y simplificando los sistemas de soporte requeridos para poner en funcionamiento el equipo de propulsión (es decir, realizar un diseño más barato y más sencillo).

15 También puede encontrar aplicación en la producción de energía desde cualquier fuente de calor (como se describió anteriormente) que incluye centrales eléctricas comerciales, centrales eléctricas tradicionales de combustible fósil, estaciones de energía de ciclo combinado, energía geotérmica y aplicaciones de automoción.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato termodinámico (10) que comprende:

5 un módulo compresor (100),
 un módulo (200) de turbina, y
 un intercambiador (300) de calor regenerativo
 centrado en un eje central (12), y
 10 dispuesto en serie a lo largo del eje central (12) de tal modo que el intercambiador (300) de calor
 regenerativo se proporciona entre el módulo compresor (100) y el módulo (200) de turbina;
 en donde el aparato termodinámico (10) comprende además una carcasa (400),
 y la carcasa (400) se extiende alrededor del módulo compresor (100), el módulo (200) de turbina y
 el intercambiador (300) de calor regenerativo; y
 15 el módulo compresor (100), módulo (200) de turbina e intercambiador (300) de calor regenerativo
 definen un conducto (20) de flujo de fluido de trabajo que se extiende, en serie, a través de:

una entrada (102) del módulo compresor hasta una salida (122) del módulo compresor;
 un primer trayecto (302) a través del intercambiador (300) de calor regenerativo;
 20 una entrada (202) del módulo de turbina a la salida (222) del módulo de turbina;
 un primer conducto intermedio (22) proporcionado en el módulo (200) de turbina a un
 segundo trayecto (304) a través del intercambiador (300) de calor regenerativo, que está
 en comunicación de transferencia de calor con el primer trayecto (302); y
 un segundo conducto intermedio (24) proporcionado en el módulo compresor (100) a la
 25 entrada (102) del módulo compresor.

2. Un aparato termodinámico (10) según la reivindicación 1, que comprende además:

un eje (14) centrado en, y que puede rotar alrededor, del eje central (12);
 el eje (14) que se extiende a través del módulo compresor (100), el módulo (200) de turbina y el
 30 intercambiador (300) de calor regenerativo;
 el módulo compresor (100) que comprende un rotor (120);
 el módulo (200) de turbina que comprende un rotor (220);
 estando ambos rotores (120, 220) portados y rotados con el eje (14).

3. Un aparato termodinámico (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 1, 2, en donde el módulo
 compresor (100) define una primera parte (26) del conducto (20) de flujo de fluido de trabajo que se extiende
 entre la entrada (102) del módulo compresor y la salida (122) del módulo compresor; y el módulo compresor
 (100) comprende:

un primer intercambiador (110) de calor y el rotor (120) de compresor, cada uno proporcionado en
 el conducto (20) de flujo de fluido de trabajo;
 el primer intercambiador (110) de calor proporcionado en una serie de flujo entre la entrada (102)
 del módulo compresor y el rotor (120) del compresor; y proporcionándose el rotor (120) del
 40 compresor en una serie de flujo entre el primer intercambiador (110) de calor y la salida (122) del
 módulo compresor;
 una unidad (130) de transferencia de calor que define la primera parte (26) del conducto (20) de flujo
 de fluido de trabajo;
 en donde el primer intercambiador (110) de calor puede estar en comunicación de transferencia de
 calor con la unidad (130) de transferencia de calor a través de un **primer paso principal (134)** para
 50 un **primer medio de transferencia de calor**; y
 el primer intercambiador (110) de calor está configurado de tal modo que pueda funcionar para
 transferir calor **a la unidad (130) de transferencia de calor del fluido de trabajo** que pasa por el
 primer intercambiador (110) de calor.

4. Un aparato termodinámico (10) según la reivindicación 3, en donde el módulo (200) de turbina define una
 segunda parte (28) del conducto (20) de flujo de fluido de trabajo que se extiende entre una entrada (202) del
 módulo de turbina y una salida (222) del módulo de turbina configurado para expandir un fluido de trabajo a
 medida que el fluido de trabajo pasa a lo largo del conducto (20) de flujo de fluido de trabajo; y el módulo de
 turbina comprende:

un primer intercambiador (210) de calor y un rotor (220) de turbina cada uno proporcionado en el
 conducto (20) de flujo de fluido de trabajo;
 el primer intercambiador (210) de calor proporcionado en una serie de flujo entre la entrada (202)
 del módulo de turbina y el rotor (220) de turbina; y el rotor (220) de turbina estando proporcionado en
 60 una serie de flujo entre el primer intercambiador (210) de calor y la salida (222) del módulo de turbina;

una unidad (230) de transferencia de calor que define una parte (232) del conducto (20) de flujo de fluido de trabajo en una serie de flujo entre el rotor (220) de turbina y la salida (222) del módulo de turbina;

5 en donde el primer intercambiador (210) de calor está en comunicación de transferencia de calor con la unidad (230) de transferencia de calor a través de un **segundo paso principal (234)** para un **segundo medio de transferencia de calor**, y

el primer intercambiador (210) de calor está configurado de tal modo que puede funcionar para transferir calor recibido **desde la unidad (230) de transferencia de calor al fluido de trabajo** que pasa por el primer (210) intercambiador de calor.

10 5. Un aparato termodinámico (10) según la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en donde el **primer paso principal (134) y el segundo paso principal (234)** comprenden cada uno un plenum (140, 240) de entrada y un plenum (142, 242) de salida, y

15 el plenum (140) de entrada y el plenum (142) de salida del compresor (100) están en comunicación de flujo de fluido a través de un primer subpaso (144) del compresor definido por la unidad (130) de transferencia de calor del compresor para la transferencia del medio de transferencia de calor respectivo a través del primer intercambiador (110) de calor del compresor;

20 el plenum (240) de entrada y el plenum (242) de salida de la turbina (100) están en comunicación de flujo de fluido a través de un primer subpaso (244) de la turbina definido por la unidad (230) de transferencia de calor de la turbina para la transferencia del medio de transferencia de calor respectivo a través del primer intercambiador (210) de calor de la turbina;

teniendo cada plenum (140, 240) de entrada una entrada (146, 246) para comunicarse con una fuente diferente de medio de transferencia de calor;

25 teniendo cada plenum (142, 242) de salida una salida (148, 248) para expulsar el medio de transferencia de calor respectivo.

30 6. Un aparato termodinámico (10) según la reivindicación 5, en donde el primer subpaso (144, 244) se extiende a través del primer intercambiador (110, 210) de calor; y

el primer intercambiador (110, 210) de calor está en una serie de flujo entre una primera entrada (160, 260) al primer subpaso (144, 244) y una primera salida (162, 262) del primer subpaso (144, 244);

35 la primera entrada (160, 260) configurada para recibir el medio de transferencia de calor desde el plenum (140, 240) de entrada;

estando la primera salida (162) configurada para expulsar al plenum (142, 242) de salida.

40 7. Un aparato termodinámico (10) según la reivindicación 3, en donde

un segundo intercambiador (150) de calor está ubicado en el conducto (20) de flujo de fluido de trabajo en una serie de flujo entre el rotor (120) del compresor y la salida (122) del módulo compresor en la unidad (130) de transferencia de calor; y

45 el segundo intercambiador (150) de calor está configurado de tal modo que pueda funcionar para transferir calor **a la unidad (130) de transferencia de calor del fluido de trabajo** que pasa por el segundo intercambiador (150) de calor.

50 8. Un aparato termodinámico (10) según la reivindicación 4, en donde

un segundo intercambiador (250) de calor está ubicado en el conducto (20) de flujo de fluido de trabajo en una serie de flujo entre la etapa (220) de rotor de turbina y la salida (222) del módulo de turbina en la unidad (230) de transferencia de calor, y

55 estando el segundo intercambiador (250) de calor configurado de tal modo que pueda funcionar para transferir el calor recibido **de la unidad (230) de transferencia de calor al fluido de trabajo** que pasa por el segundo intercambiador (250) de calor.

9. Un aparato termodinámico (10) según las reivindicaciones 7, 8, en donde el primer subpaso (144, 244) se extiende a través del segundo intercambiador (150, 250) de calor.

60 10. Un aparato termodinámico (10) según la reivindicación 9, en donde un segundo subpaso (170, 270) se extiende a través del segundo intercambiador (150, 250) de calor; y

el segundo intercambiador (150, 250) de calor está en una serie de flujo entre una segunda entrada (172, 272) al segundo subpaso (170, 270) y una segunda salida (174, 274) desde el segundo subpaso (170, 270);

65 la segunda entrada (172, 272) configurada para recibir el medio de transferencia de calor desde el plenum (140, 240) de entrada;

estando la segunda salida (174, 274) configurada para expulsar al plenum (142, 242) de salida.

- 5 11. Un aparato termodinámico (10) según las reivindicaciones 7 a 10, en donde el primer intercambiador (110, 210) de calor se proporciona en serie a lo largo del primer subpaso (144, 244) entre la primera entrada (160) y el segundo intercambiador (150, 250) de calor, y el segundo intercambiador (150, 250) de calor se proporciona en una serie de flujo entre el primer intercambiador (110, 210) de calor y la primera salida (162, 262) del primero subpaso (144, 244) de flujo del medio de calentamiento.
- 10 12. Un aparato termodinámico (10) según las reivindicaciones 7 y 8, en donde el primer subpaso (144, 244) comprende un primer nodo (180) entre la primera entrada (160, 260) y el primer intercambiador (110, 210) de calor, donde el subpaso diverge para formar una primera ramificación (184) y una segunda ramificación (186); y un segundo nodo (190) entre la salida (162, 262) y el segundo intercambiador (150, 250) de calor donde se unen la primera ramificación (184) y la segunda ramificación (186); en donde la primera ramificación (184) del primer subpaso (144, 244) se extiende a través del primer intercambiador (110, 210) de calor y evitar el segundo intercambiador (150, 250) de calor; y la segunda ramificación (186) evita el primer intercambiador (110, 210) de calor y se extiende a través del segundo intercambiador (150, 250) de calor.
- 15 13. Un aparato termodinámico (10) según las reivindicaciones 7, 8, en donde el primer subpaso (144, 244) comprende
- 20 un tercer subpaso (188, 288) que se extiende desde una segunda entrada (189, 289) en comunicación fluida con el plenum (140, 240) de entrada a través del segundo intercambiador (150, 250) de calor; y
- 25 se une al primer subpaso (144, 244) entre la salida del primer intercambiador (110, 210) de calor y la salida del primer subpaso (144, 244); de tal modo que el flujo a través de la primera entrada (160, 260) y la segunda entrada (189, 289) salga a través de la primera salida (162, 262).

Figura 1

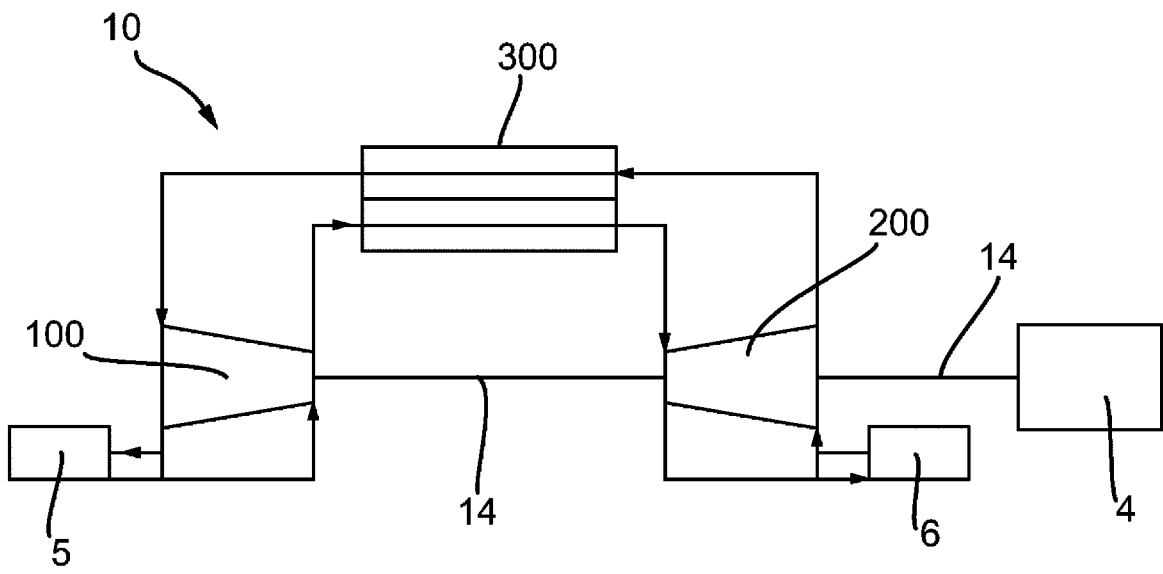


Figura 2

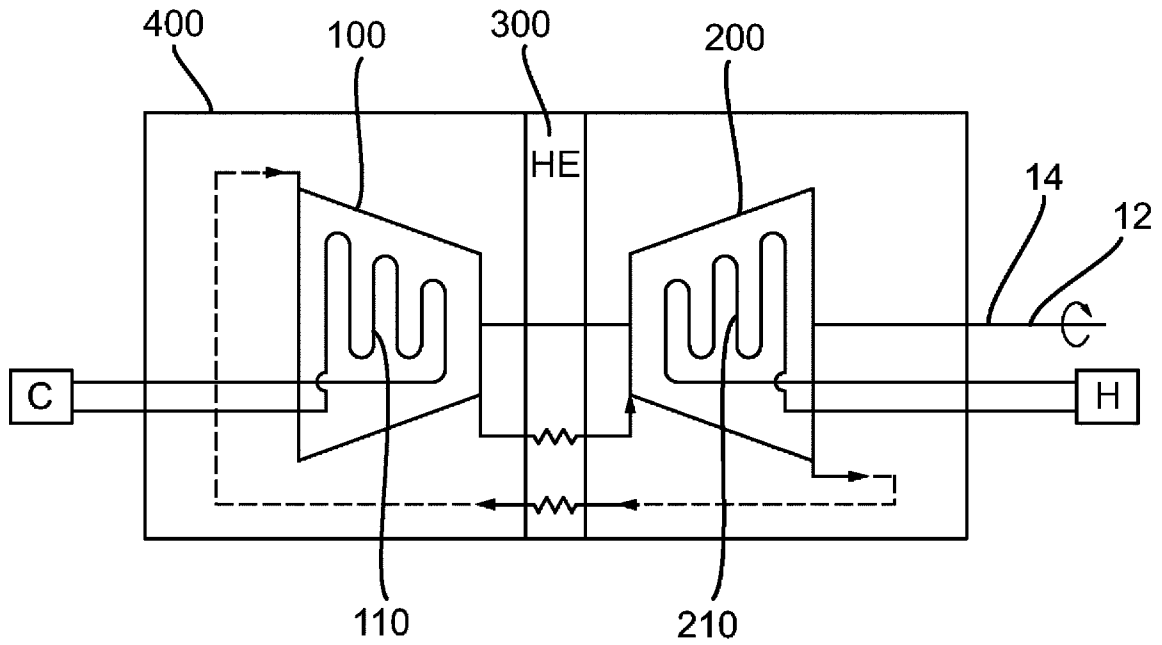


Figura 3

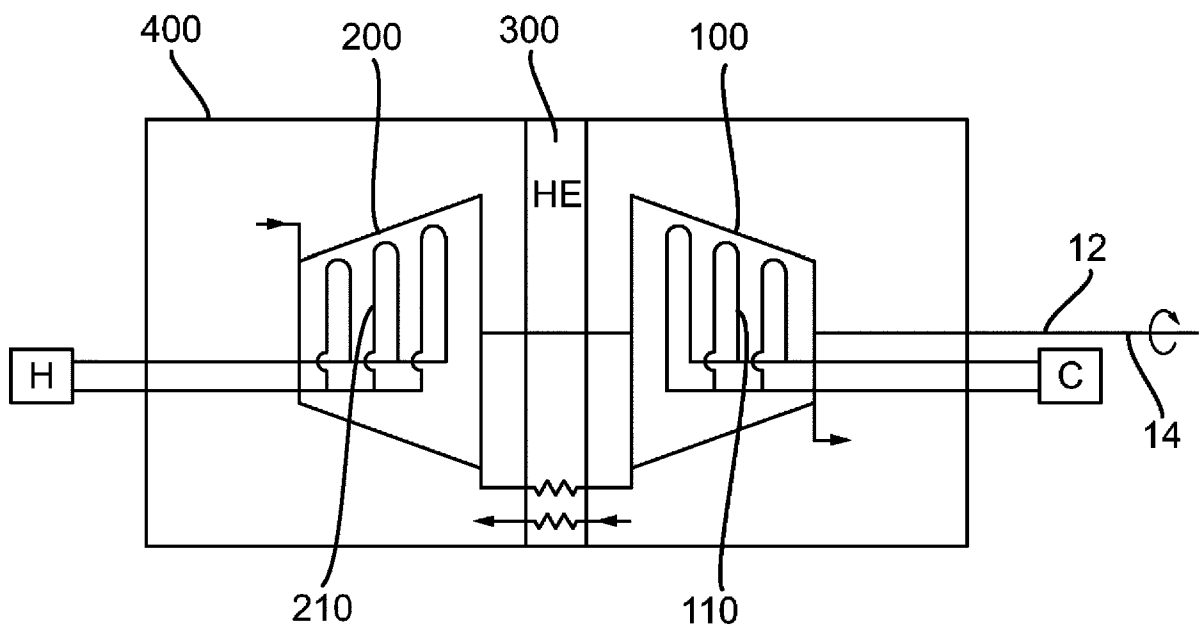


Figura 4

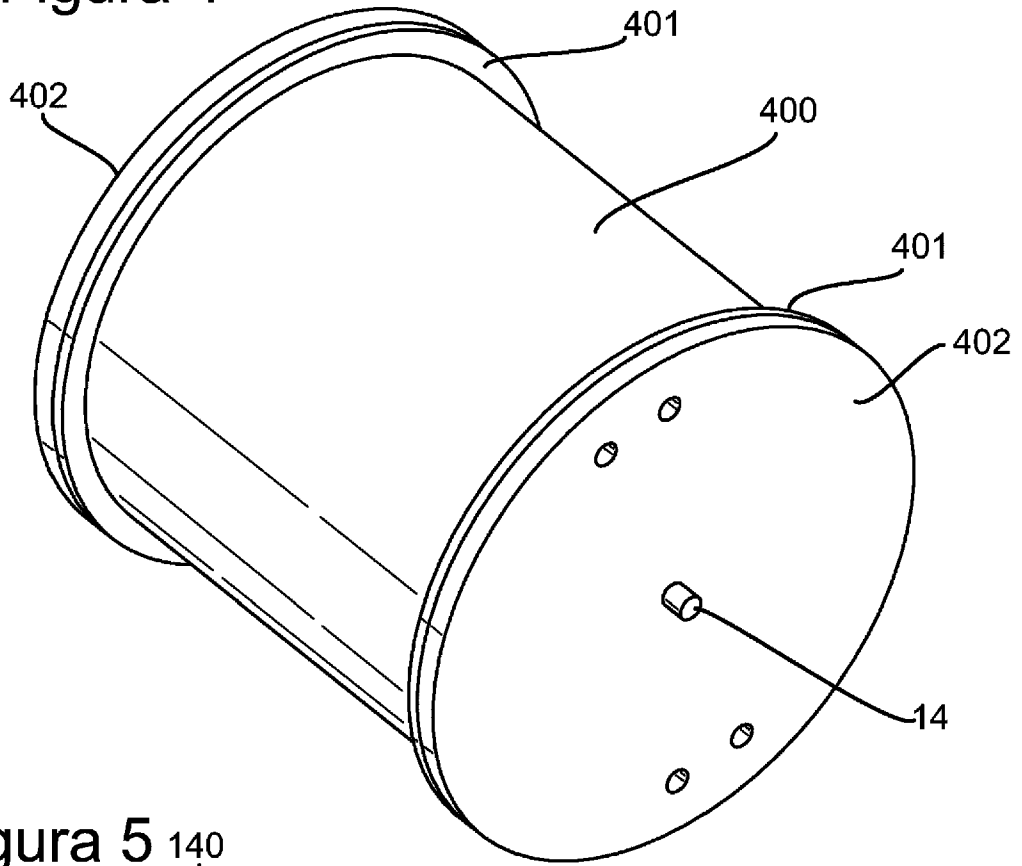


Figura 5

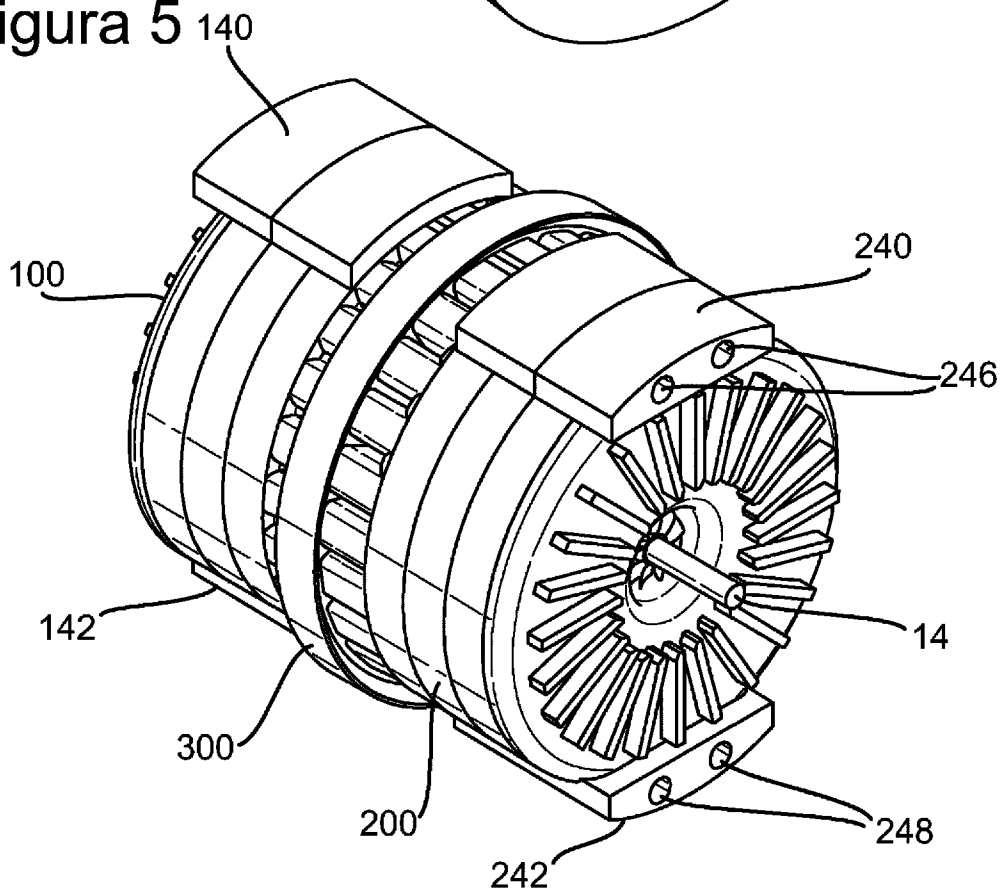


Figura 6

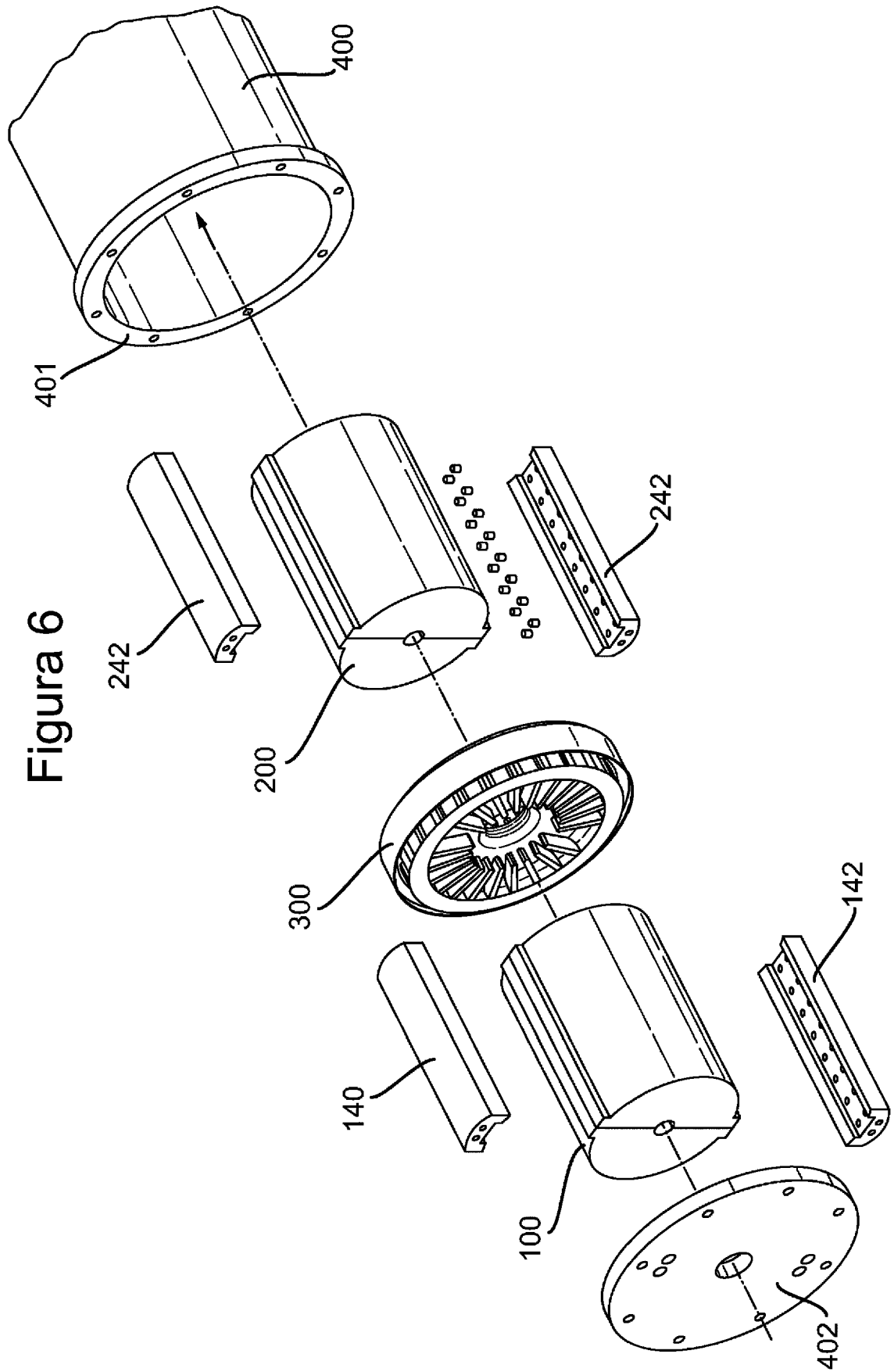


Figura 7

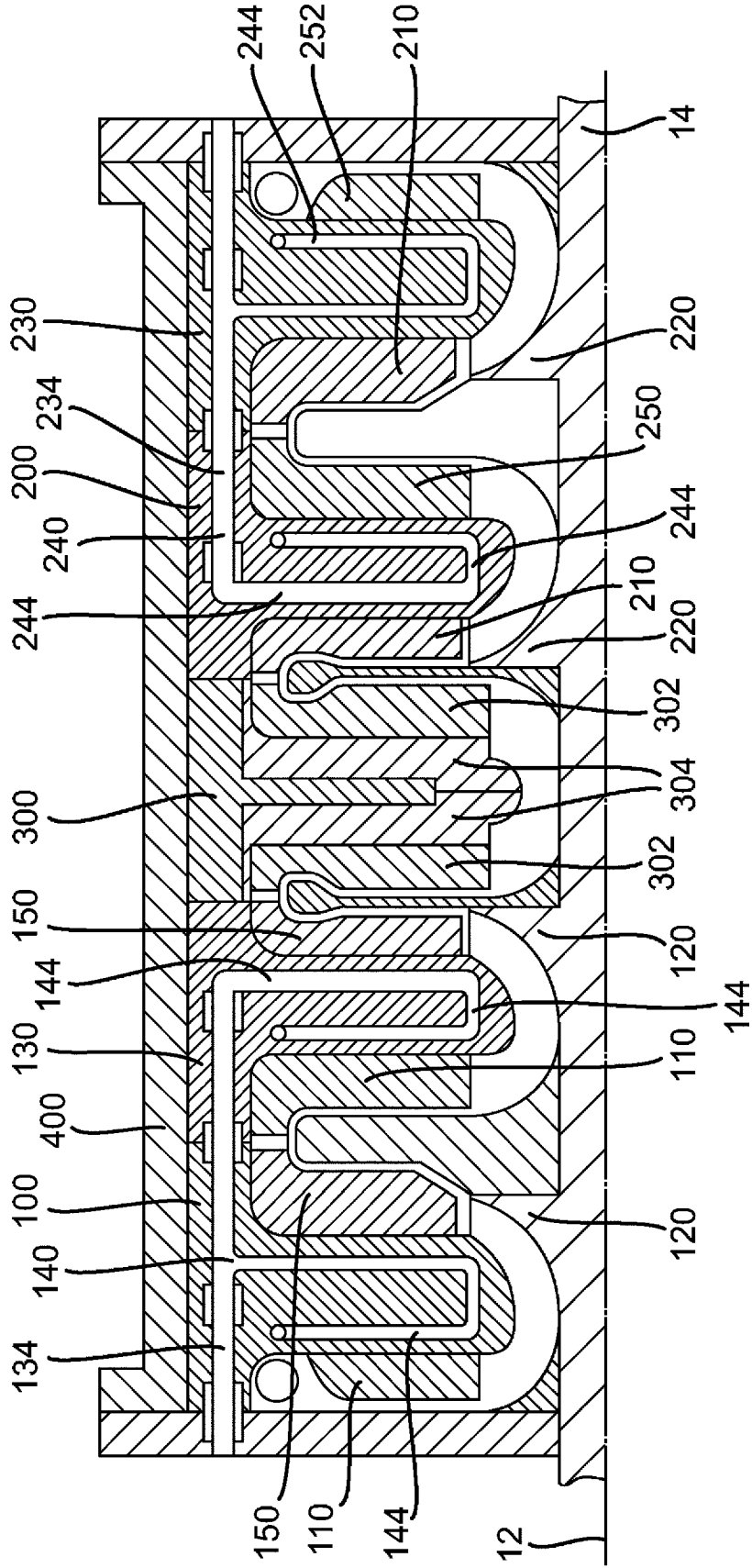


Figura 7A

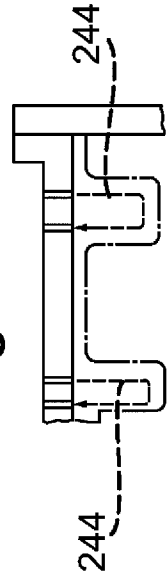


Figura 8

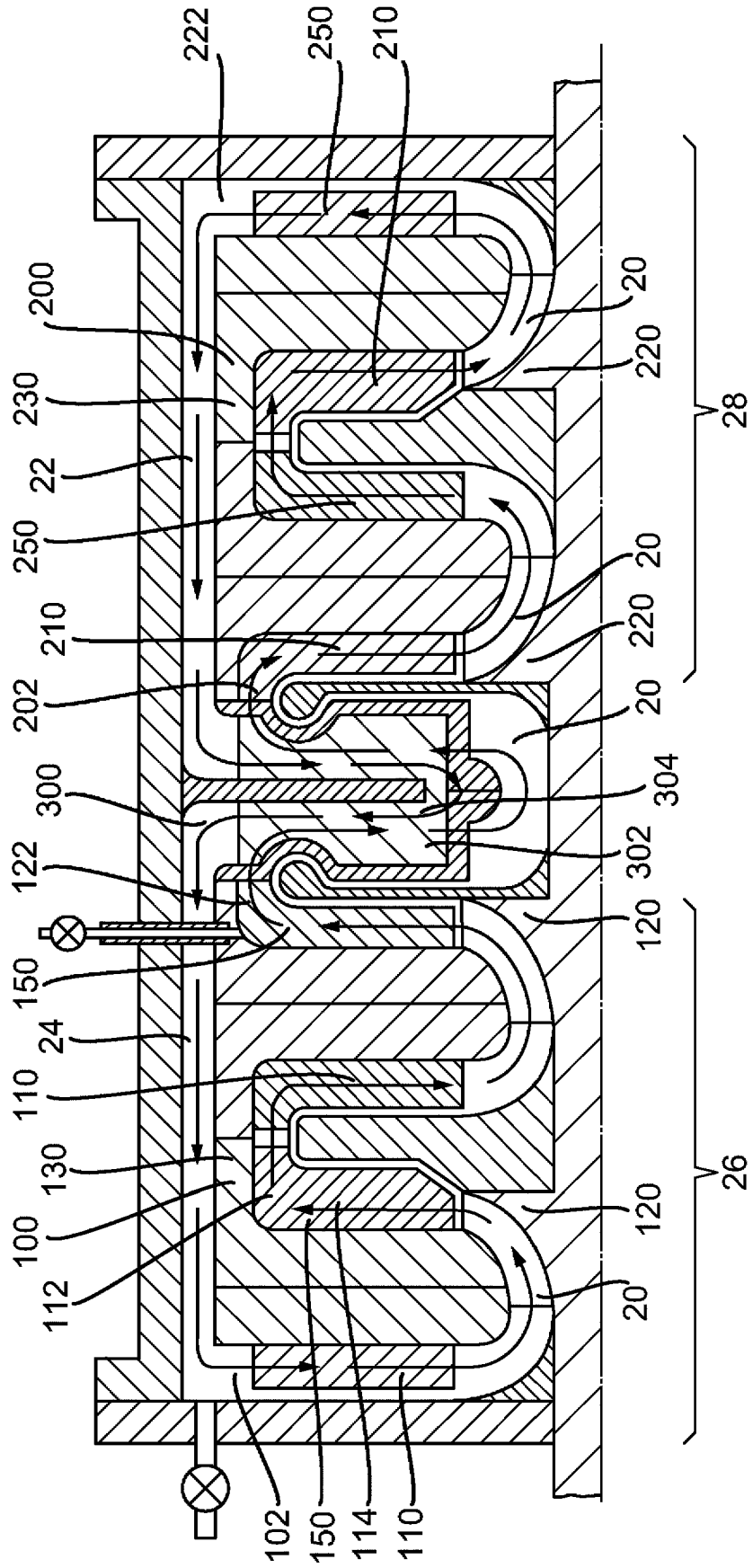


Figura 9

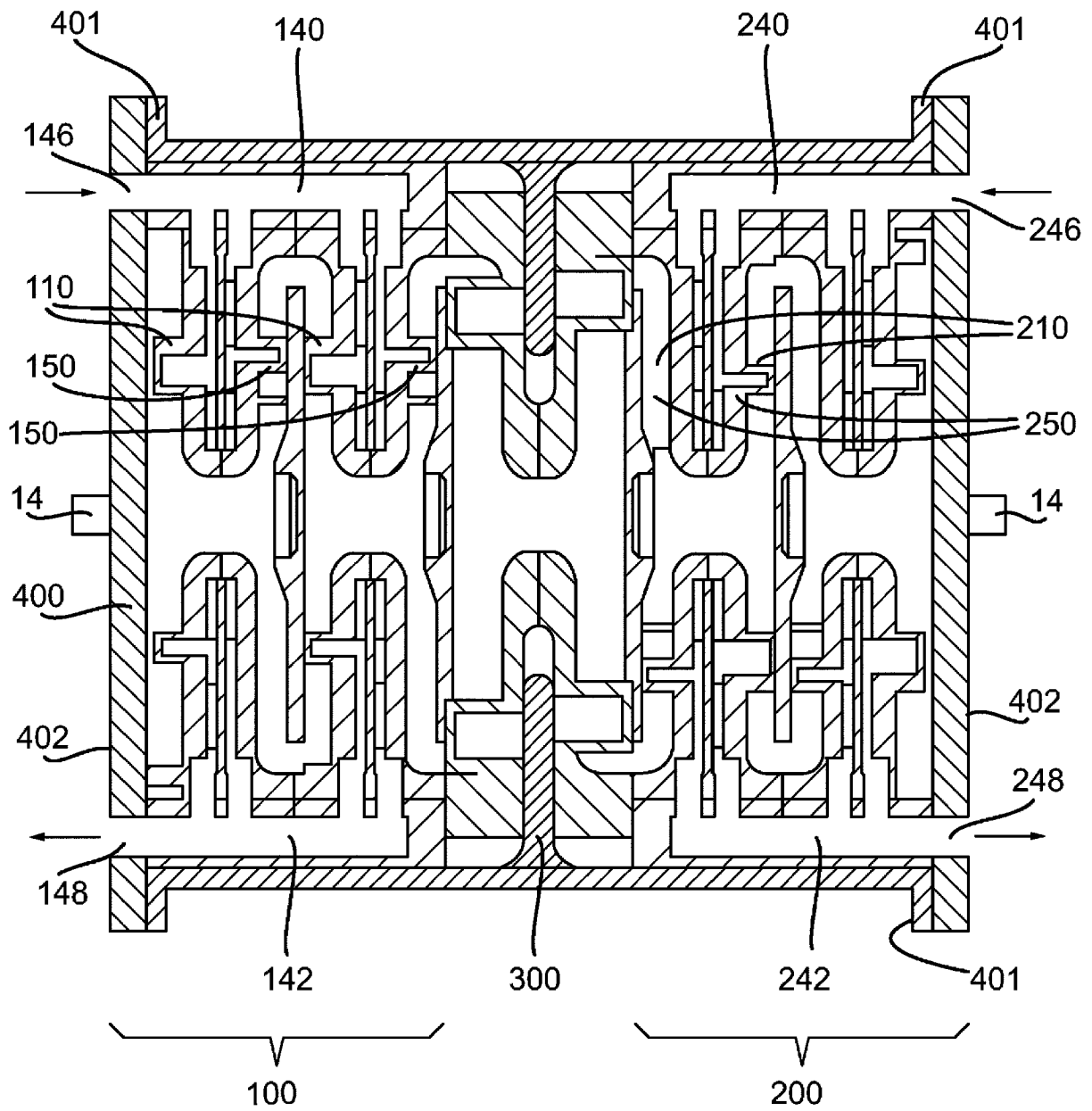


Figura 10

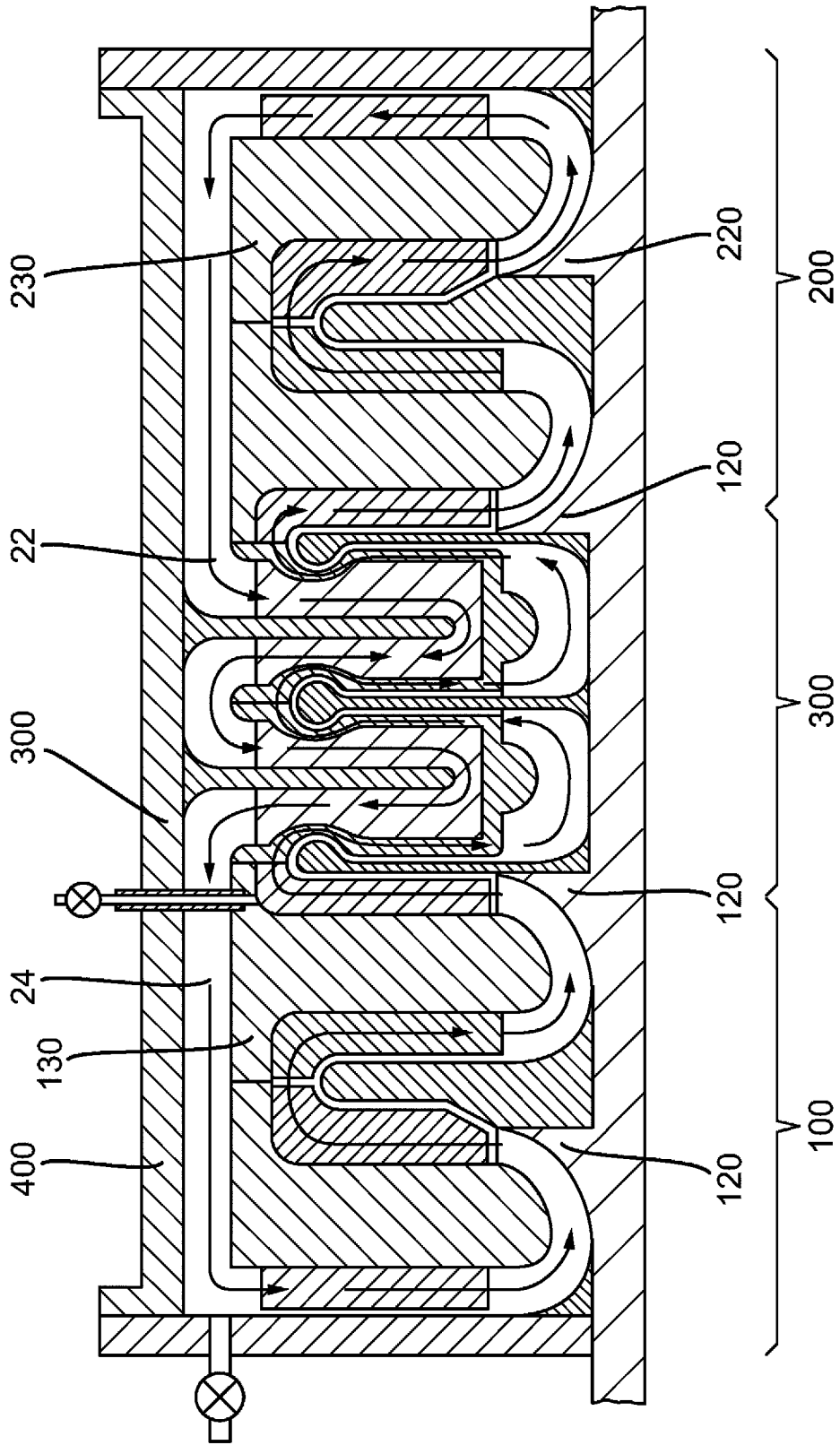


Figura 11

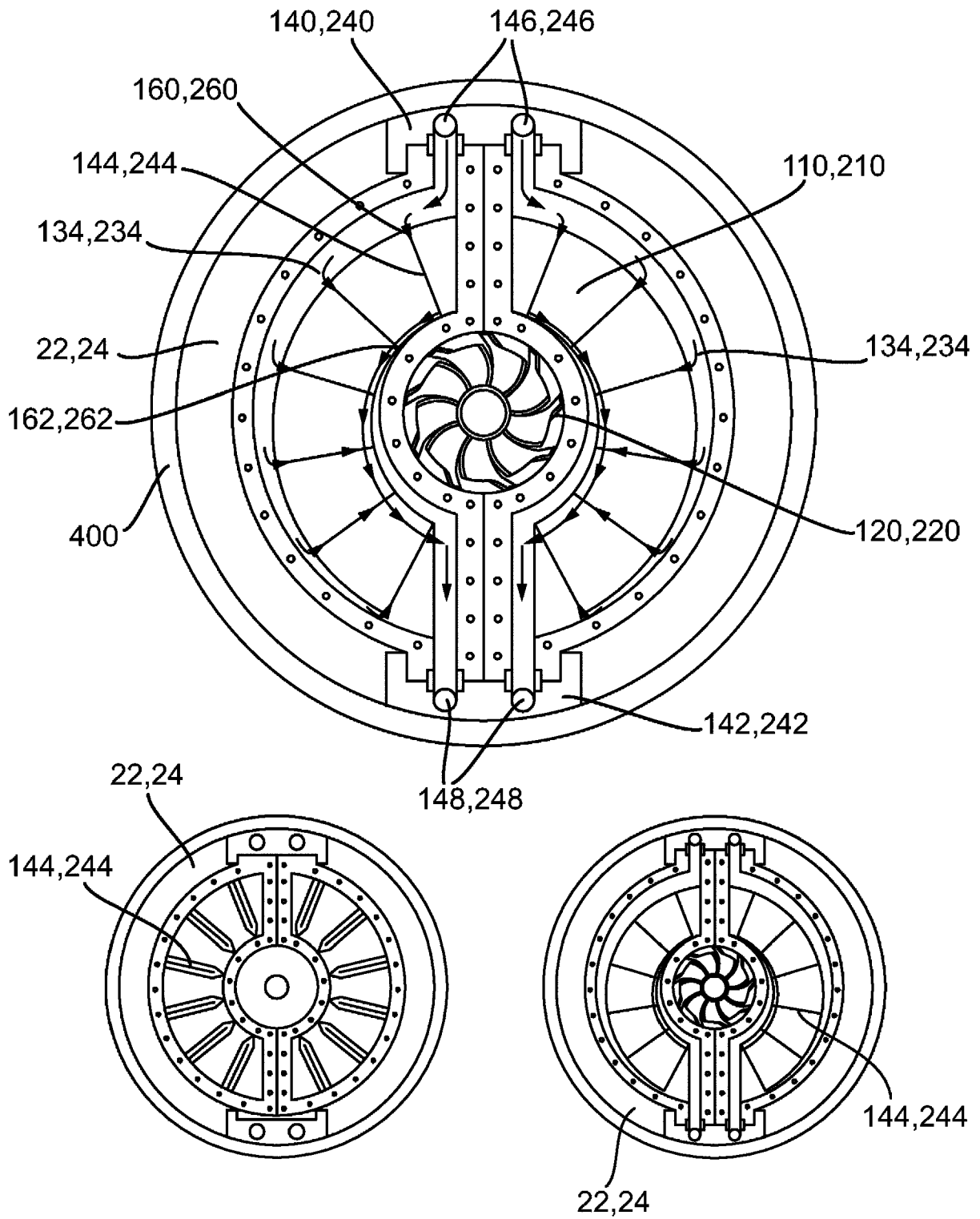


Figura 12

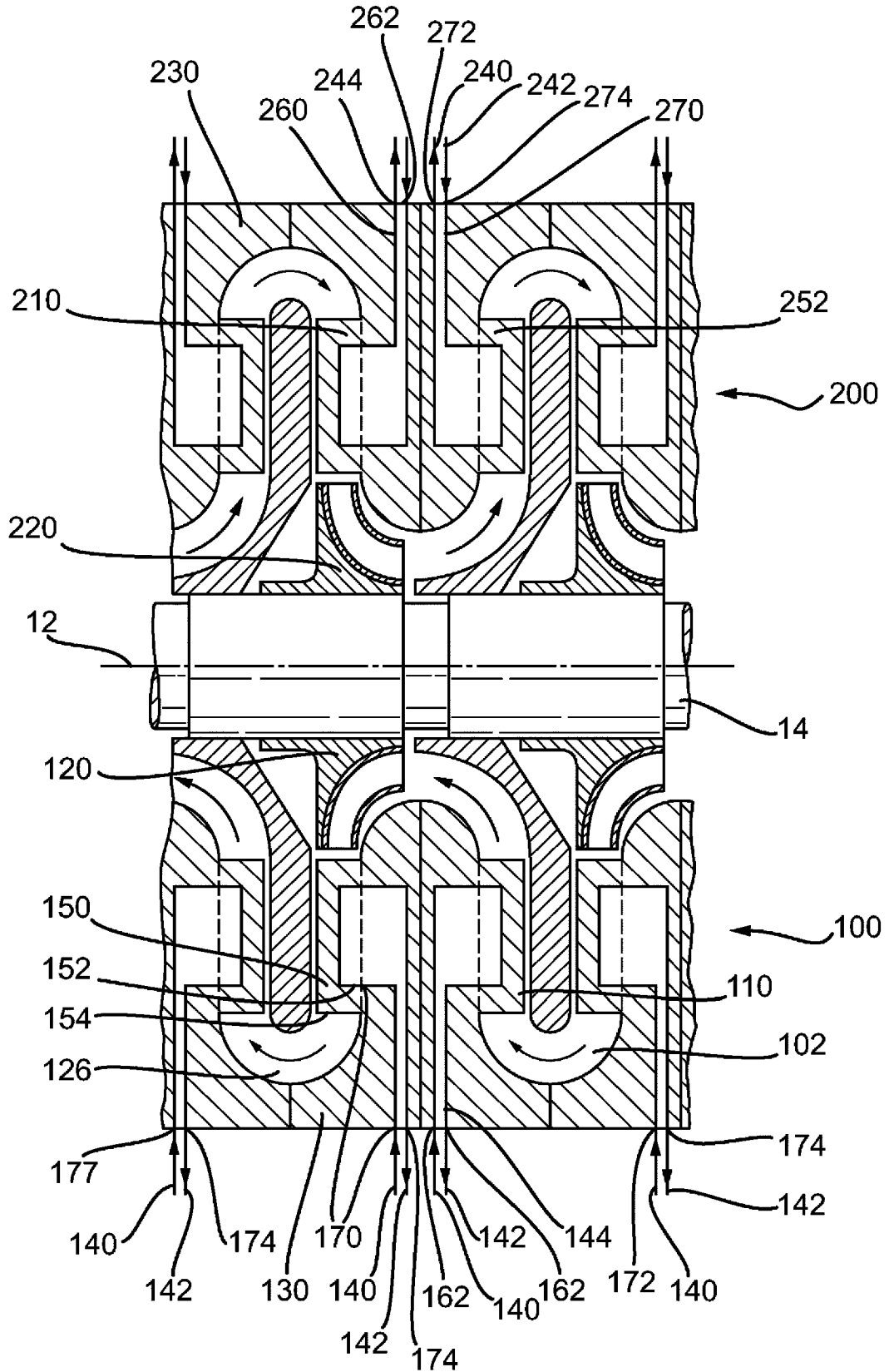


Figura 13

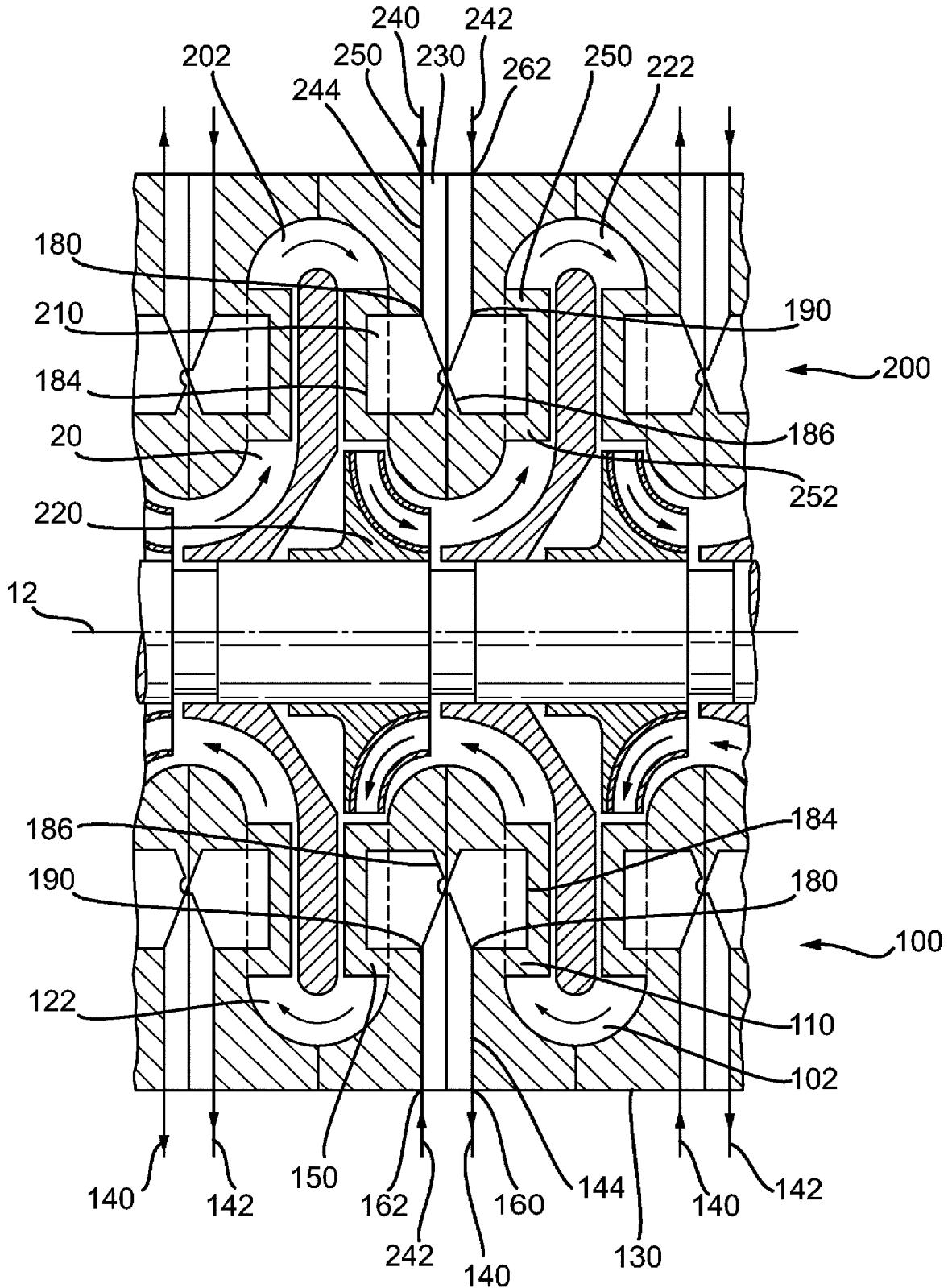
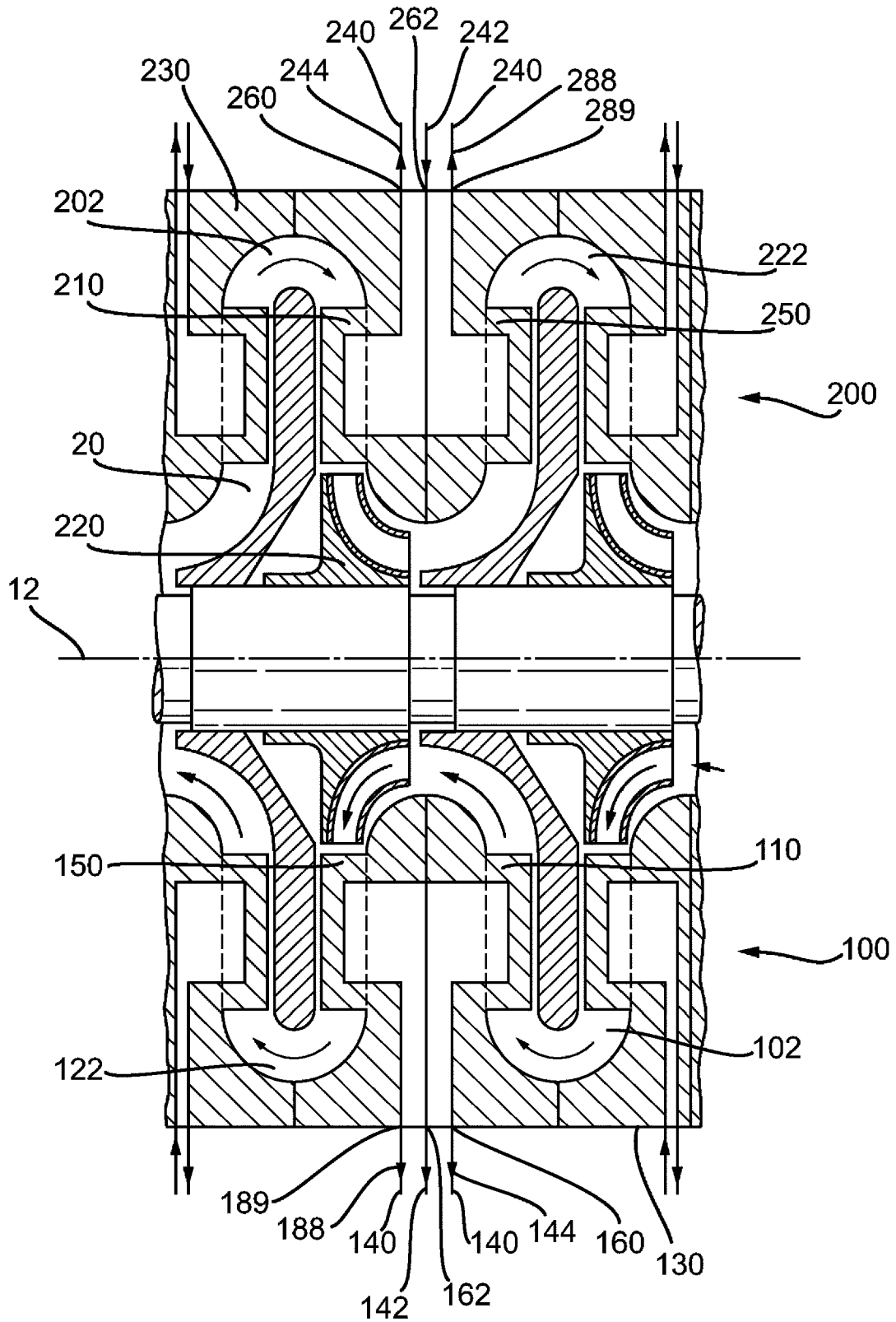


Figura 14



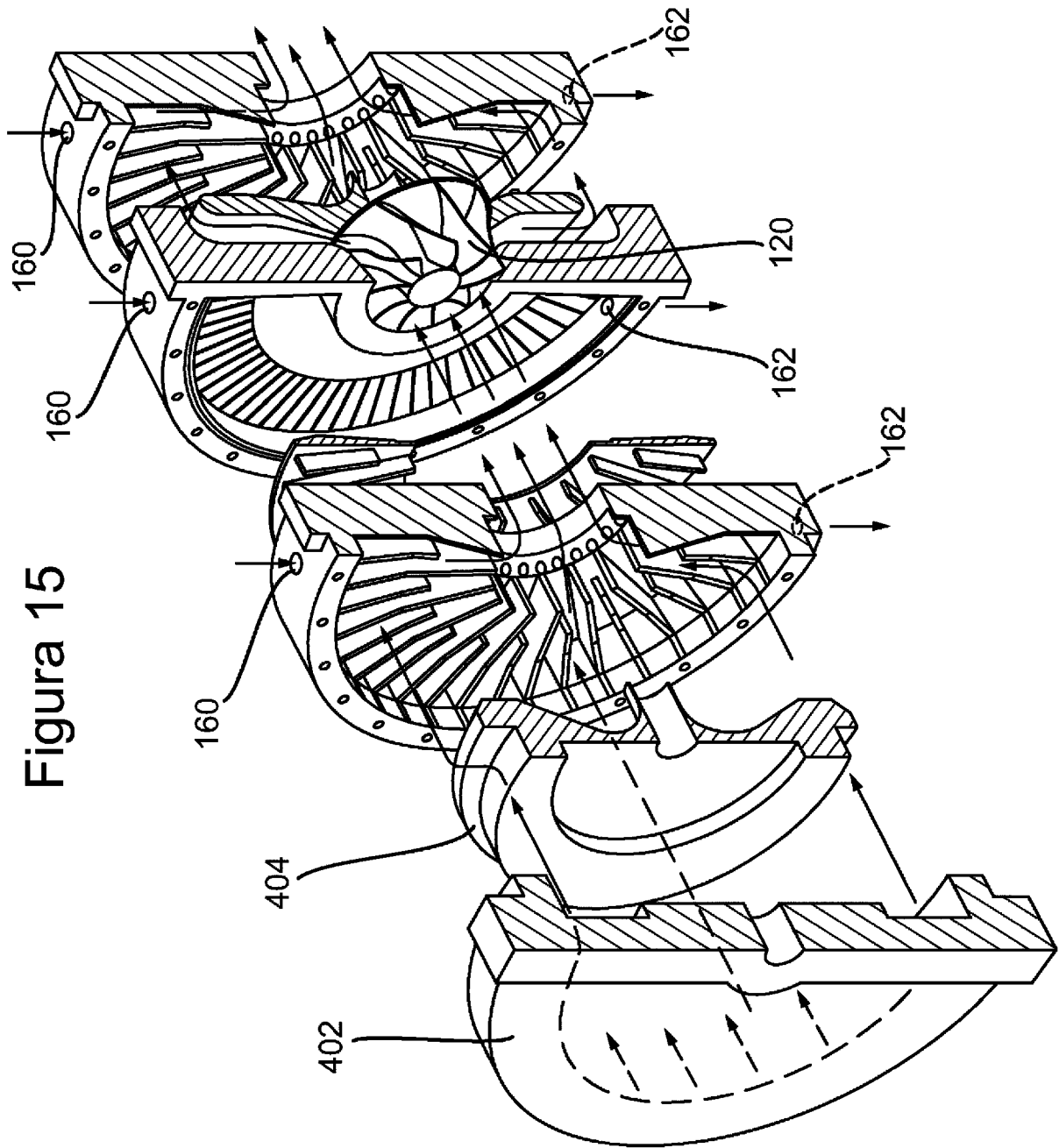


Figura 15

Figura 16

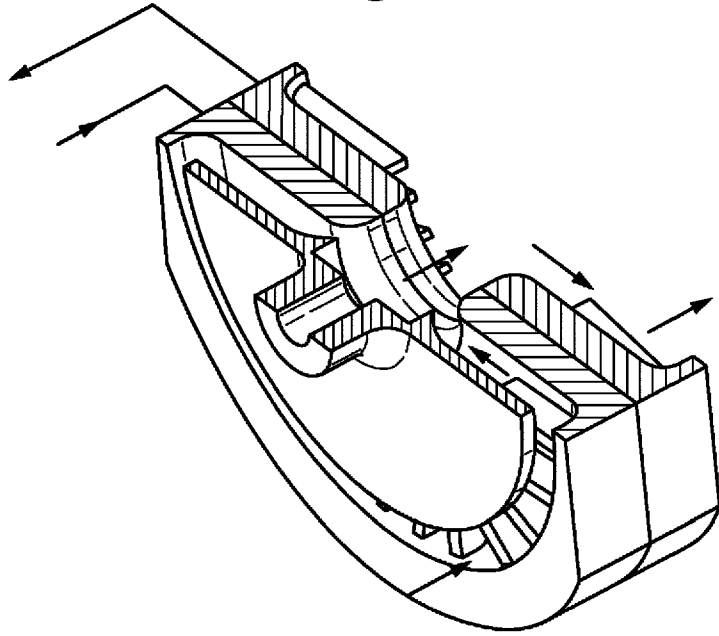


Figura 17

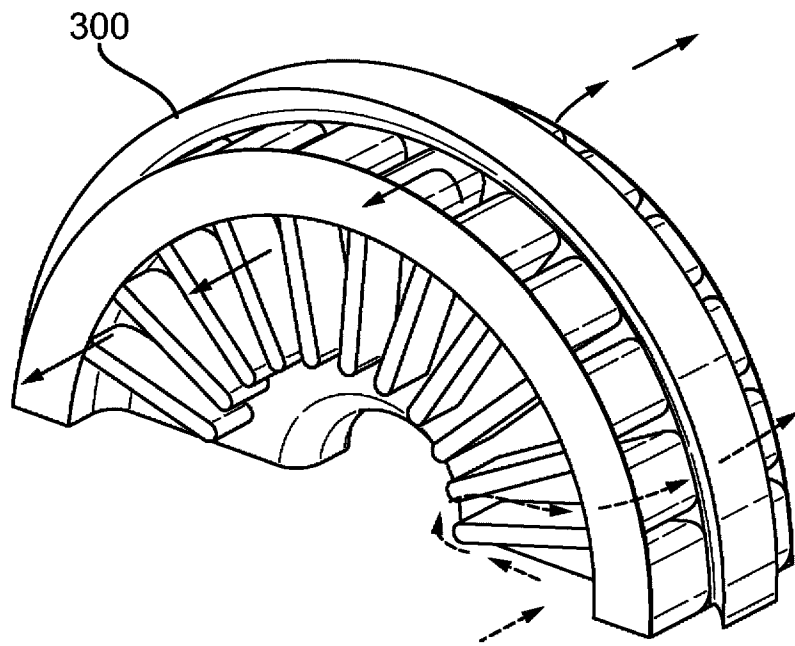


Figura 18

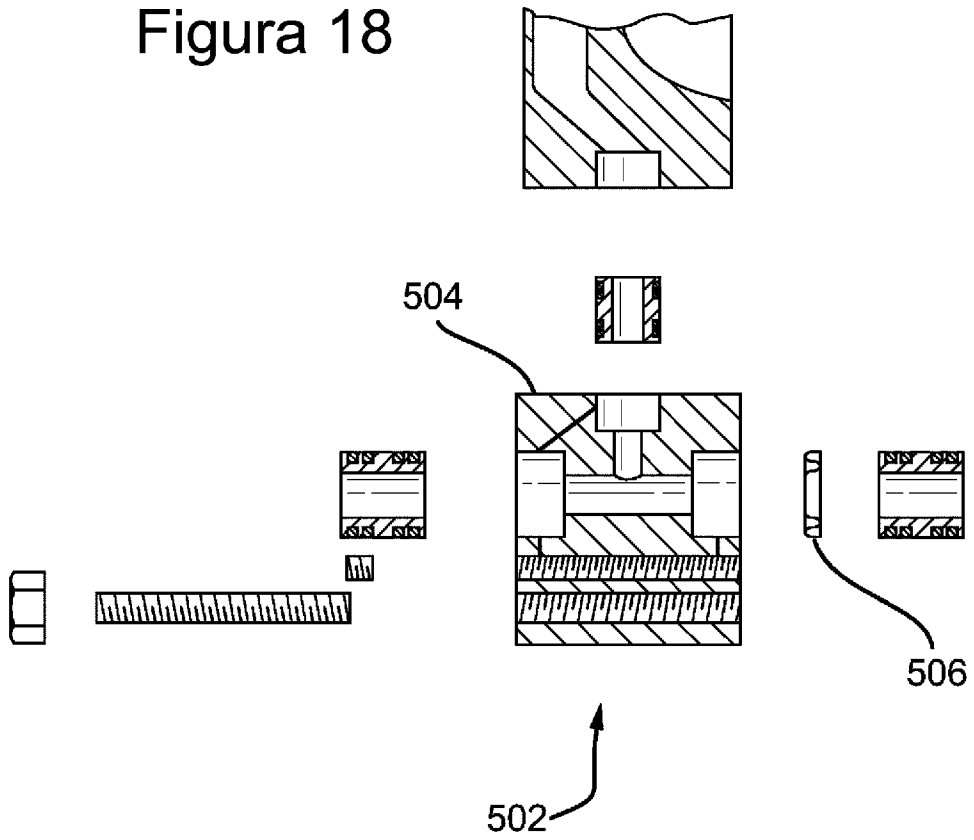


Figura 19

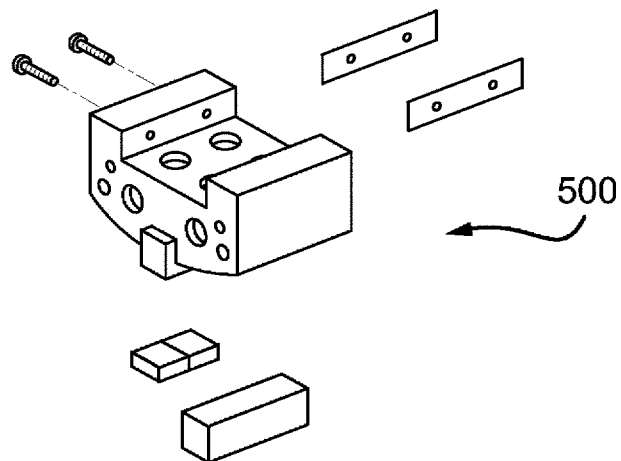


Figura 20

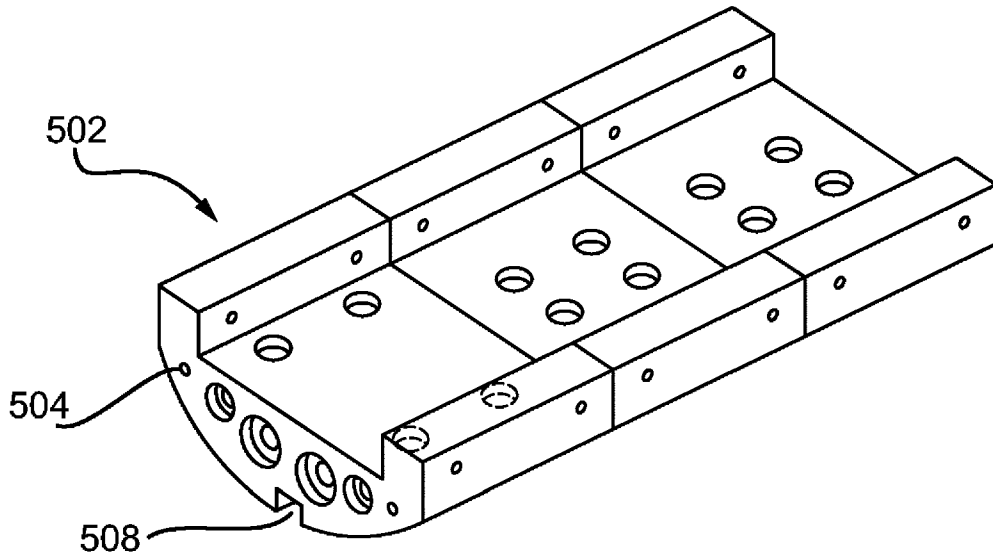


Figura 21

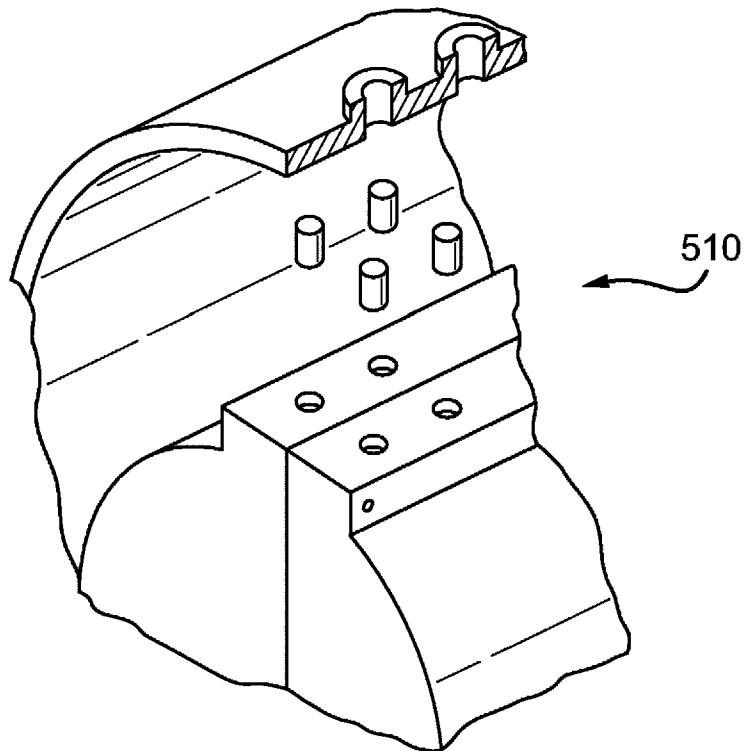


Figura 22

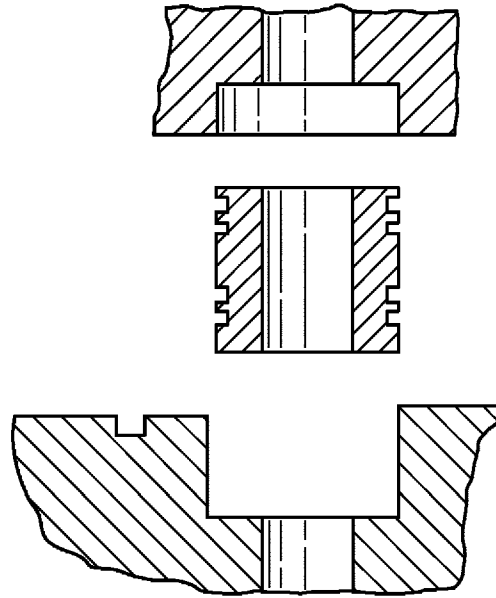


Figura 23

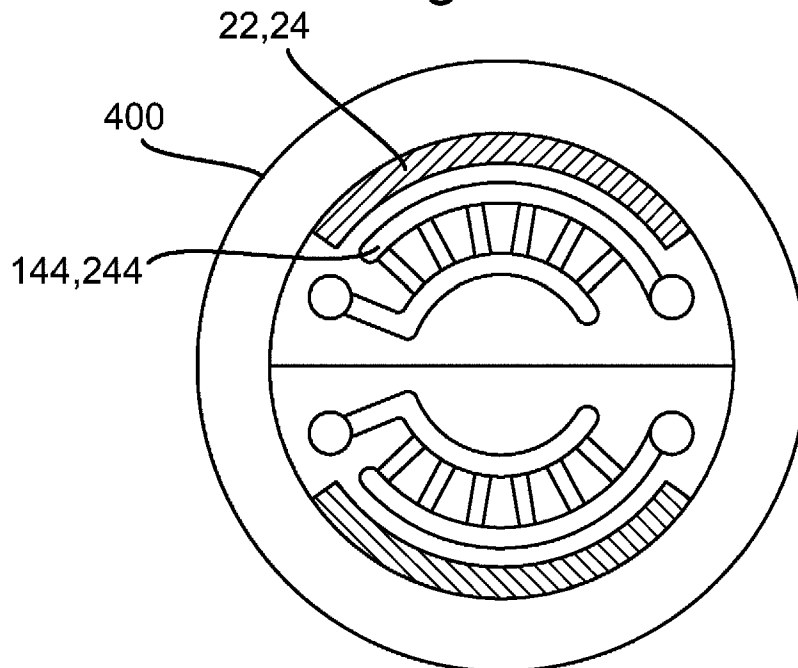


Figura 24

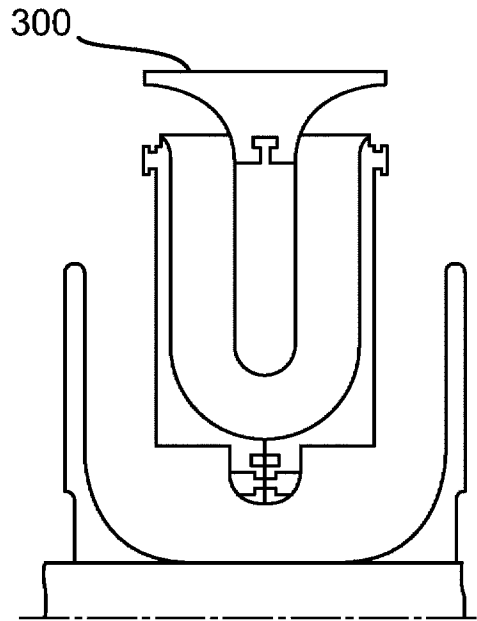


Figura 25

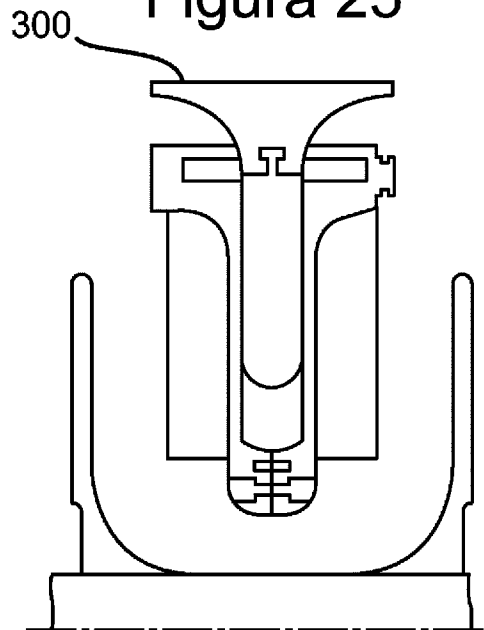


Figura 26

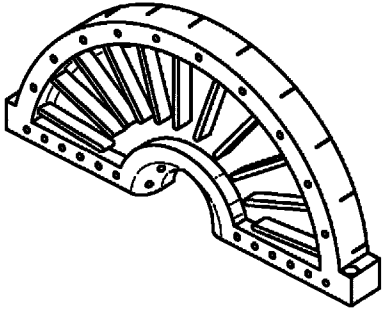


Figura 27

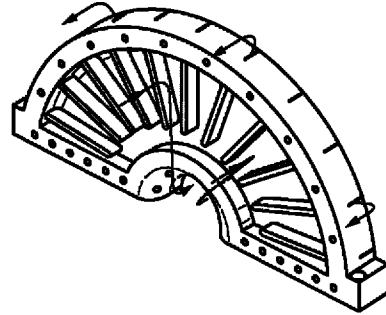


Figura 28

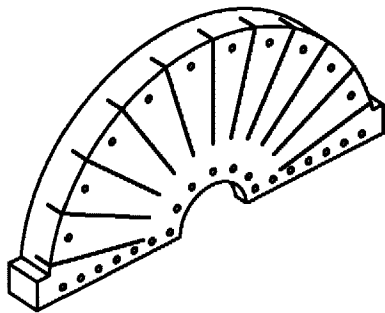


Figura 29

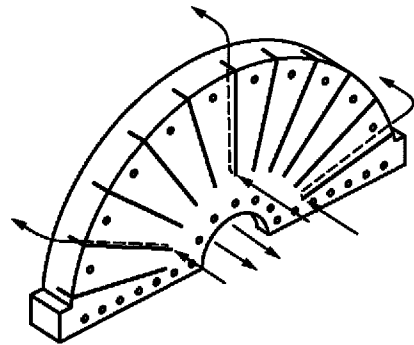


Figura 30

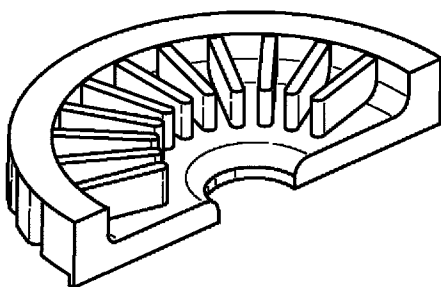


Figura 31

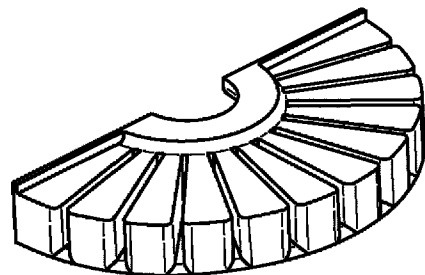


Figura 32

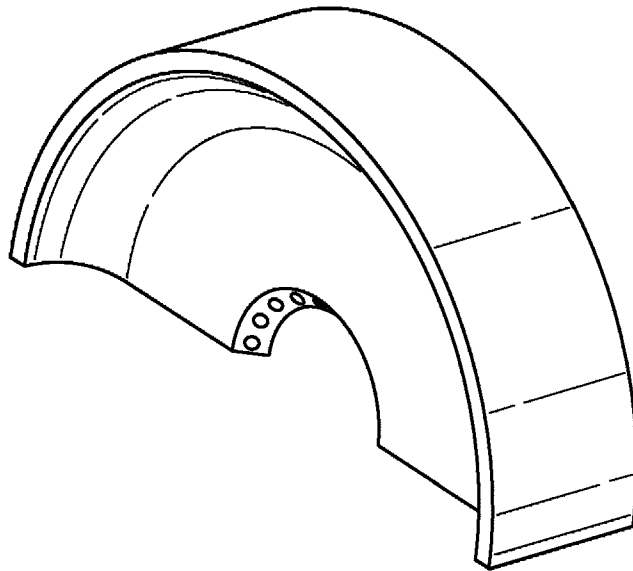


Figura 33

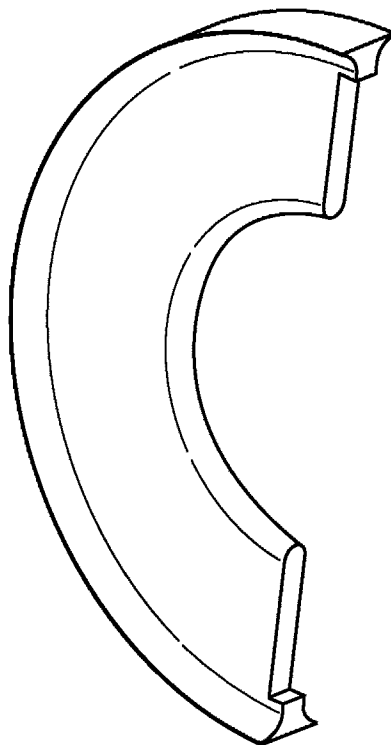


Figura 34

