

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 822 988**

51 Int. Cl.:

**F01C 1/344** (2006.01)  
**F04C 2/344** (2006.01)  
**F03C 2/08** (2006.01)  
**F01C 11/00** (2006.01)  
**F01C 21/10** (2006.01)  
**F01C 21/18** (2006.01)  
**F04C 29/12** (2006.01)  
**F04C 15/06** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.04.2015** **PCT/US2015/026666**  
87 Fecha y número de publicación internacional: **29.10.2015** **WO15164261**  
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.04.2015** **E 15783554 (7)**  
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.07.2020** **EP 3286408**

54 Título: **Intercambiador de energía de bomba y turbina unitarios**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.05.2021**

73 Titular/es:  
**AMORPHIC TECH LTD (100.0%)**  
**807 Carlton Ave.**  
**Bethlehem, Pennsylvania 18015, US**

72 Inventor/es:  
**SCHEVETS, ANDREW**

74 Agente/Representante:  
**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 822 988 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

Intercambiador de energía de bomba y turbina unitarios

### 5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a turbinas y bombas de desplazamiento positivo y, más particularmente, a turbinas y bombas que tienen un rotor accionado por fluido montado en una carcasa de rotor o estator.

### 10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Muchos procedimientos industriales y de consumo requieren una entrada de energía, como un combustible u otro fluido (líquido o gas) en un estado de energía relativamente alta, y también producen un fluido residual (líquido o gas) en un estado de energía más bajo, pero que aún contiene energía utilizable. Existen máquinas o procedimientos conocidos para capturar parte de la energía restante en el fluido de desecho y utilizar esta energía para elevar el nivel de energía del fluido de entrada con el fin de producir un aumento general en la eficiencia del procedimiento. Por ejemplo, un motor de combustión puede estar equipado con una turbobomba (también conocida como turbocompresor) que es impulsada por energía residual en los gases de escape, para aumentar la presión del fluido en las cámaras de combustión y producir una mayor producción de energía del motor de lo que sería posible de otro modo. De manera similar, los dispositivos de recuperación de energía se pueden emplear en sistemas de purificación de agua por ósmosis inversa, procedimientos de refrigeración, procedimientos de vapor y procedimientos de refinación química.

La tecnología de motor primario de paletas deslizantes es generalmente conocida por su uso en dispositivos de desplazamiento positivo que funcionan cambiando el volumen de la cámara. El cambio en el volumen de la cámara se logra mediante una paleta deslizante montada en un rotor y siguiendo una superficie tipo leva de la carcasa del rotor, que cambia el volumen de la cámara a medida que el rotor gira y la paleta o paletas deslizantes se mueven a lo largo de la superficie tipo leva. Dichos dispositivos pueden ser accionados por una fuente de energía externa para producir un efecto de bombeo o compresión, o la presión o la energía del flujo pueden extraerse para producir un efecto de turbina o expansor. Por ejemplo, tales dispositivos pueden usarse en hidráulica, criogenia, transferencia de fluidos industriales y similares. El documento FR2203434 describe una bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo que tiene las características del preámbulo de la reivindicación 1.

### RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención proporciona un dispositivo de bomba y turbina unitarias de intercambio de energía capaz de transferir energía de un fluido a otro fluido, donde los fluidos pueden ser líquidos, gases o combinaciones de los mismos. El dispositivo utiliza un rotor de bomba y turbina montados en una carcasa de rotor que tiene una pared contorneada o en forma de leva que coopera con el rotor para formar una pluralidad de lóbulos. Las disposiciones de los lóbulos entre sí, y la introducción y salida de un fluido de carga o de trabajo y un fluido de alimentación separado, son tales que el rotor está sustancialmente equilibrado radialmente (es decir, fuerza radial neta cero que actúa sobre el rotor durante el funcionamiento), y que tiene un número de piezas relativamente bajo y es fácilmente accesible y útil sin quitar la carcasa del rotor del sistema general en el que se utiliza. El dispositivo puede usar paletas deslizantes a lo largo del rotor para operar como una turbina/expansor de desplazamiento positivo y una bomba/compresor, que están integrados en una bomba y turbina unitarias de un solo rotor.

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona una bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo como se reivindica en la reivindicación 1. La cámara del rotor tiene una pared contorneada o en forma de leva que forma una pluralidad de lóbulos, que incluyen al menos el primer, segundo, tercer y cuarto lóbulos. La pared contorneada tiene un puerto de entrada y un puerto de salida definidos en cada uno de los lóbulos, para introducir y descargar fluidos durante el funcionamiento de la bomba y turbina unitarias. Las paletas están montadas en el rotor y están espaciadas circunferencialmente alrededor de una superficie exterior del rotor, teniendo las paletas respectivos extremos distales o porciones extremas que se acoplan de manera deslizante a la pared contorneada de la carcasa del rotor. El rotor se puede accionar rotativamente mediante un fluido de carga que se introduce en el primer y segundo lóbulos en un estado de mayor energía, a través de los respectivos puertos de entrada, y descargando o agotando el fluido de carga en un estado de menor energía a través de los respectivos puertos de salida del primer y segundos lóbulos. El rotor se puede operar para elevar el estado de energía de un fluido de alimentación desde un menor estado de energía al entrar en el tercer y cuarto lóbulos a través de los respectivos puertos de entrada y, posteriormente, salir del tercer y cuarto lóbulos en un estado de mayor energía a través de los respectivos puertos de salida.

Los lóbulos, los puertos de entrada y salida y las paletas están dispuestos de modo que durante el funcionamiento de la bomba y turbina unitarias, el fluido de carga de mayor energía, el fluido de carga de menor energía, el fluido de alimentación de menor energía y el fluido de alimentación de mayor energía, actúan en combinación sobre el rotor  
5 para aplicar una fuerza radial neta de sustancialmente cero al rotor, de modo que el rotor esté sustancialmente equilibrado radialmente durante el funcionamiento.

El primer lóbulo puede colocarse directamente frente al segundo lóbulo, y el tercer lóbulo se ubica o coloca sustancialmente directamente frente al cuarto lóbulo.

10

La bomba y turbina unitarias pueden incluir además un primer y un segundo conducto de fluido de carga de alta energía, un primer y segundo conducto de fluido de carga de baja energía, un primer y segundo conducto de fluido de alimentación de baja energía y un primer y segundo conducto de fluido de alimentación de alta energía. El primer conducto de fluido de carga de alta energía tiene un extremo corriente abajo en comunicación con el primer lóbulo  
15 en su puerto de entrada, y el segundo conducto de fluido de carga de alta energía tiene un extremo corriente abajo en comunicación con el segundo lóbulo en su puerto de entrada. El primer conducto de fluido de carga de baja energía tiene un extremo corriente arriba en comunicación con el primer lóbulo en su puerto de salida, y el segundo conducto de fluido de carga de baja energía tiene un extremo corriente arriba en comunicación con el segundo lóbulo en su puerto de salida. El primer conducto de fluido de alimentación de baja energía tiene un extremo de corriente abajo en comunicación con el tercer lóbulo en su puerto de entrada, y el segundo conducto de fluido de alimentación de baja energía tiene un extremo de corriente abajo en comunicación con el cuarto lóbulo en el puerto de entrada. El primer conducto de fluido de alimentación de alta energía tiene un extremo corriente arriba en comunicación con el tercer lóbulo en su puerto de salida, y el segundo conducto de fluido de alimentación de alta energía tiene un extremo corriente arriba en comunicación con el cuarto lóbulo en su puerto de salida.

25

Opcionalmente, la carcasa del rotor está formada unitariamente con el conducto de fluido de carga de alta energía, el conducto de fluido de carga de baja energía, el conducto de fluido de alimentación de baja energía y el conducto de fluido de alimentación de alta energía para formar un cuerpo de bomba y turbina de una pieza.

30 La cámara del rotor puede configurarse para recibir el fluido de carga y el fluido de alimentación en forma de respectivos fluidos o gases comprimibles, de modo que cada uno de los lóbulos forma una cámara de compresión-expansión.

Según otra realización de la presente invención, un intercambiador de energía de bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo incluyen una carcasa de rotor que define una cámara de rotor, un rotor posicionado en la  
35 cámara de rotor, una pluralidad de paletas deslizantes montadas en el rotor, un conducto de fluido de carga de alta energía, un conducto de fluido de carga de baja energía, un conducto de fluido de alimentación de baja energía y un conducto de fluido de alimentación de alta energía. La pared contorneada de la carcasa del rotor forma al menos cuatro lóbulos de la cámara del rotor, con un primer lóbulo situado sustancialmente frente a un segundo lóbulo y un tercer lóbulo situado sustancialmente directamente frente a un cuarto lóbulo. Cada uno de los lóbulos tiene al menos un puerto de entrada y al menos un puerto de salida definidos en la pared contorneada. El rotor tiene una superficie de rotor exterior que está espaciada hacia adentro desde la pared contorneada en los cuatro lóbulos, y las paletas deslizantes están espaciadas circunferencialmente alrededor de la superficie del rotor exterior, con porciones extremas proximales recibidas en el rotor y porciones extremas distales configuradas para acoplarse a la pared  
40 contorneada. El conducto de fluido de carga de alta energía tiene una primera salida en comunicación con el primer lóbulo en su puerto de entrada, y una segunda salida en comunicación con el segundo lóbulo en su puerto de entrada. El conducto de fluido de carga de baja energía tiene una primera entrada en comunicación con el primer lóbulo en su puerto de salida, y una segunda entrada en comunicación con el segundo lóbulo en su puerto de salida. El conducto de fluido de alimentación de baja energía tiene una primera salida en comunicación con el tercer lóbulo  
45 en su puerto de entrada, y una segunda salida en comunicación con el cuarto lóbulo en su puerto de entrada. El conducto de fluido de alimentación de alta energía tiene una primera entrada en comunicación con el tercer lóbulo en su puerto de salida, y una segunda entrada en comunicación con el cuarto lóbulo en su puerto de salida. El rotor se puede accionar rotativamente mediante un fluido de carga que ingresa al primer y segundo lóbulos en un estado de mayor energía a través del conducto de fluido de carga de alta energía, con el fluido de carga saliendo del primer y segundo lóbulos en un estado de baja energía a través del conducto de fluido de carga de baja energía. El rotor se puede operar para convertir un fluido de alimentación que ingresa al tercer y cuarto lóbulos en un estado de menor energía a través del conducto de fluido de alimentación de baja energía en un estado de mayor energía al salir del tercer y cuarto lóbulos a través del conducto de fluido de alimentación de alta energía.

60 La carcasa del rotor puede formarse unitariamente con el conducto de fluido de carga de alta energía, el conducto

de fluido de carga de baja energía, el conducto de fluido de alimentación de baja energía y el conducto de fluido de alimentación de alta energía. Opcionalmente, la carcasa del rotor y los diversos conductos de fluido identificados anteriormente están formados unitariamente a partir de una aleación de metal fundido. Por ejemplo, el conducto de fluido de carga de alta energía tiene secciones de conducto separadas correspondientes a los respectivos del primer y segundo orificios de entrada del primer y segundo lóbulos, donde las secciones de conducto separadas del conducto de fluido de carga de alta energía están en comunicación fluida entre sí en un extremo corriente arriba del mismo. De manera similar, el conducto de fluido de carga de baja energía incluye secciones de conducto separadas correspondientes a los respectivos puertos de salida del primer y segundo lóbulos, donde las secciones de conducto separadas están en comunicación fluida entre sí en un extremo corriente abajo. El conducto de fluido de alimentación de baja energía incluye secciones de conducto separadas en comunicación fluida con los puertos de entrada del tercer y cuarto lóbulos, con las secciones de conducto separadas en comunicación fluida entre sí en un extremo corriente arriba del mismo. El conducto de fluido de alimentación de alta energía incluye secciones de conducto separadas en comunicación fluida con los respectivos puertos de salida del tercer y cuarto lóbulos, donde las secciones de conducto separadas están en comunicación fluida entre sí en un extremo corriente abajo del mismo.

Los diversos conductos de fluido identificados anteriormente pueden bifurcarse en secciones de conducto separadas para alimentar simultáneamente fluido a (o recibir fluido de) los pares de lóbulos correspondientes de la cámara transversal.

La pared contorneada de la carcasa del rotor puede formar exactamente cuatro lóbulos de cámara, y hay exactamente diez de las paletas deslizantes espaciadas uniformemente a lo largo de la superficie exterior del rotor para el acoplamiento deslizante con la pared contorneada.

El rotor y las paletas deslizantes pueden configurarse de modo que las paletas deslizantes se muevan independientemente hacia dentro y hacia fuera en una dirección radial a medida que el rotor se acciona de forma giratoria en la cámara del rotor. Opcionalmente, las paletas deslizantes son sustancialmente rígidas y generalmente tienen forma rectangular.

El intercambiador de energía de bomba y turbina unitarias pueden incluir un cojinete de dinámica de fluido y un alojamiento de cojinete, que están acoplados a la carcasa del rotor, y solidario con el alojamiento del cojinete cubriendo o encerrando al menos parcialmente la cámara del rotor. El cojinete soporta rotativamente el rotor en la carcasa del cojinete. El rotor y las paletas se pueden eliminar de la cámara del rotor al eliminar la carcasa del cojinete de la carcasa del rotor. Opcionalmente, la carcasa del cojinete tiene una superficie exterior que forma una superficie exterior del intercambiador de energía de bomba y turbina unitarias.

Los al menos cuatro lóbulos de la cámara, los puertos de entrada y salida, y las paletas deslizantes, pueden estar dispuestos de modo que cada uno de (i) el fluido de carga de mayor energía, (ii) el fluido de alimentación de menor energía, (iii) el fluido de carga de menor energía, y (iv) el fluido de alimentación de mayor energía, actuando en combinación sobre el rotor, aplican una fuerza radial neta de sustancialmente cero al rotor durante su funcionamiento.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un procedimiento para operar una bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo como se reivindica en la reivindicación 14. El procedimiento incluye accionar rotativamente una bomba o un rotor de turbina mediante la introducción de un fluido de carga en un estado de mayor energía en el primer y segundo lóbulos de una cámara de rotor, donde el primer y el segundo lóbulos están ubicados uno frente al otro y están definidos entre una pared contorneada de una carcasa del rotor y el rotor, que tiene una pluralidad de paletas montadas en ese o a lo largo de una superficie exterior del mismo, donde el fluido de carga se descarga en un estado de menor energía fuera del primer y segundo lóbulos. El procedimiento incluye además energizar un fluido de alimentación con la bomba o el rotor de la turbina introduciendo el fluido de alimentación en un estado de menor energía en el tercer y cuarto lóbulos de la cámara del rotor, el tercer y cuarto lóbulos ubicados uno frente al otro y definidos entre la pared contorneada y el rotor, y luego descargar el fluido de alimentación en un estado de mayor energía fuera del tercer y cuarto lóbulos.

Por lo tanto, la bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo de la presente invención proporcionan un intercambiador de energía de un solo rotor que está equilibrado radialmente y es operable para transferir energía desde una corriente de fluido de carga a una corriente de fluido de alimentación, para elevar el estado de energía de la corriente de fluido de alimentación, por ejemplo, aumentando su presión y/o temperatura. El rotor puede estar equipado con una pluralidad de paletas deslizantes, y la cámara del rotor está diseñada con un número par de lóbulos que pueden estar espaciados circunferencialmente de modo que el rotor esté radialmente equilibrado durante el funcionamiento. La bomba y turbina unitarias resultantes tienen un número relativamente pequeño de

piezas y se pueden reparar fácilmente en el campo simplemente quitando una tapa o cubierta para acceder al rotor y las paletas y los cojinetes asociados o similares.

Estos y otros objetos, ventajas, propósitos y características de la presente invención resultarán evidentes tras la  
5 revisión de la siguiente memoria descriptiva junto con los dibujos.

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

La figura 1 es una vista en perspectiva de una bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo de acuerdo con  
10 la presente invención;

La figura 2 es una vista en perspectiva despiezada de la bomba unitaria y el intercambiador de energía de turbina de la figura 1;

15 La figura 3 es un alzado frontal del intercambiador de energía de bomba y turbina unitarias, con la tapa eliminada, y que muestra la estructura interna que incluye trayectos de fluido en líneas discontinuas;

La figura 4 es un alzado frontal que representa las trayectorias del fluido a través del intercambiador de energía de bomba y turbina unitarias;  
20

La figura 5 es un alzado lateral en sección del intercambiador de energía de bomba y turbina unitarias, tomado a lo largo de la línea de sección V-V en la figura 1; y

La figura 6 es un alzado lateral en sección de la carcasa del rotor formada unitariamente y los conductos de fluido del intercambiador de energía de bomba y turbina unitarias, tomada a lo largo de la línea de sección VI-VI en la  
25 figura 2.

#### **DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS**

30 Refiriéndonos ahora a los dibujos y la realización ilustrativa representada en ellos, una bomba y turbina unitarias de un solo motor de desplazamiento positivo 10 están configuradas para su uso como intercambiador de energía de fluido. La bomba y turbina unitarias 10 incluyen un cuerpo de bomba o turbina 12 que, en la realización ilustrada, está formado como una pieza fundida unitaria que incluye una carcasa de rotor o estator 14, un conducto de fluido de carga de alta energía bifurcado 16, un conducto de fluido de carga de baja energía bifurcado 18, un conducto de  
35 fluido de alimentación de baja energía bifurcado 20 y un conducto de fluido de alimentación de alta energía bifurcado 22 (Figuras 1-3). Como se describirá con más detalle a continuación, cada conducto de fluido está en comunicación fluida con un lóbulo de cámara respectivo formado en la carcasa 14 del rotor, de modo que la bomba y turbina unitarias 10 se pueden operar para elevar un estado de energía de un fluido de alimentación 24 usando energía de un fluido de carga 26, tal como se muestra esquemáticamente en la figura 4.

40 La turbina 10 incluye un rotor 28 generalmente cilíndrico que encaja en una cámara 30 del rotor definida en la carcasa 14 del rotor, como se muestra en la figura 2. Una tapa o cubierta de cojinete 32 encierra la cámara 30 del rotor, y se mantiene en su lugar con una pluralidad de sujetadores 34 roscados que se reciben en los orificios 36 roscados respectivos formados en un borde exterior 38 de la carcasa 14 del rotor. Una junta tórica 40 está asentada  
45 entre la cubierta del cojinete 32 y el borde exterior 38 (Figuras 2 y 5) para sellar la cámara 30 del rotor del entorno exterior. Opcionalmente, la cubierta de cojinete 32 incluye un orificio central 32a y un orificio exterior 32b, que se puede usar para introducir líquidos de lubricación o limpieza, o gas o fluido presurizado, en el rotor 28 y la cámara del rotor 30, por ejemplo. El rotor 28 tiene una superficie exterior 42 generalmente cilíndrica en la que se forma una pluralidad de ranuras alineadas radialmente para recibir respectivas paletas deslizantes 46 que se acoplan a una  
50 pared contorneada 48 en forma de leva que define una periferia exterior de la cámara 30 del rotor.

Como se muestra mejor en las figuras 3 y 4, la cámara de rotor 30 tiene cuatro lóbulos que incluyen un primer lóbulo 50 ubicado generalmente en la posición de las tres en punto, como se ve en las figuras 3 y 4, un segundo lóbulo 52 ubicado en la posición de las nueve en punto frente al primer lóbulo 50, un tercer lóbulo 54 ubicado generalmente en  
55 la posición de las doce en punto, y un cuarto lóbulo 56 ubicado generalmente en la posición de las seis en punto opuesta al tercer lóbulo 54. Cada lóbulo incluye una respectiva entrada de fluido 58 y una salida de fluido 60 definidas en la pared contorneada 48, con cada entrada de fluido 58 y cada salida de fluido 60 en comunicación fluida con uno respectivo de los conductos de fluido 16, 18, 20, 22, como será se describe a continuación.

60 En la realización ilustrada, cada conducto de fluido 16, 18, 20, 22 está bifurcado en dos porciones de conducto

separadas (designadas con los sufijos 'a' y 'b') que se unen y están en comunicación fluida el uno con el otro en lugares espaciados distalmente de la carcasa 14 del rotor. El conducto de fluido de carga de alta energía 16 incluye una primera porción de conducto 16a en comunicación fluida en su extremo corriente abajo con el primer lóbulo 50 en su entrada 58, y una segunda porción de conducto de fluido de carga de alta energía 16b que tiene un extremo corriente abajo que está en comunicación fluida con el segundo lóbulo 52 en su entrada 58. El conducto de fluido de carga de baja energía bifurcado 18 incluye una primera porción de conducto 18a que tiene un extremo de corriente arriba en comunicación de fluido con el primer lóbulo 50 en su salida de fluido 60, y una segunda porción de conducto 18b que tiene un extremo de corriente arriba en comunicación de fluido con el segundo lóbulo 52 en su salida 60. El conducto de fluido de alimentación de baja energía 20 incluye una primera parte de conducto 20a que tiene un extremo de corriente abajo en comunicación fluida con el tercer lóbulo 54 en su entrada de fluido 58, y una segunda parte de conducto 20b que tiene un extremo de corriente abajo en comunicación fluida con el cuarto lóbulo 56 en su entrada de fluido 58. El conducto de fluido de alimentación bifurcado de alta energía 22 incluye una primera parte de conducto 22a que tiene un extremo de corriente arriba en comunicación fluida con el tercer lóbulo 54 en su salida de fluido 60, y una segunda parte 22b que tiene un extremo de corriente arriba en comunicación fluida con el cuarto lóbulo 56 en su salida de fluido 60.

Las porciones de conducto primera y segunda 16a, 16b del conducto de fluido de carga de alta energía 16 se unen y están en comunicación fluida entre sí en una conexión o entrada de fluido de carga de alta presión 62. Las porciones de conducto primera y segunda 18a, 18b del conducto de fluido de carga de baja energía 18 se unen y están en comunicación fluida entre sí en una salida o conexión de fluido de carga de baja presión 64. La primera y segunda porciones de conducto 20a, 20b del conducto de fluido de alimentación de baja energía 20 se unen y están en comunicación fluida entre sí en una entrada o conexión de fluido de alimentación de baja energía 66. Las porciones de conducto primera y segunda 22a, 22b del conducto de fluido de alimentación de alta energía 22 se unen y están en comunicación fluida entre sí en una salida de fluido de alimentación de alta energía para la conexión 68.

Esta disposición de los conductos de fluido permite que el fluido de alimentación 24 y el fluido de carga 26 se dirijan a sus respectivas partes (lóbulos) de la cámara del rotor 30 en lados opuestos de la misma, de modo que la presión radial aplicada al rotor 28 se equilibre mediante presiones de fluido sustancialmente iguales en el primer lóbulo 50 y el segundo lóbulo 52, y por presiones de fluido sustancialmente iguales en el tercer lóbulo 54 y el cuarto lóbulo 56. Esto da como resultado un equilibrio de fuerzas porque el primer lóbulo 50 está ubicado directamente frente al segundo lóbulo 52, y el tercer lóbulo 54 está ubicado directamente frente al cuarto lóbulo 56. Además, las ubicaciones de las entradas 58 y salidas 60 de fluido, así como el número (se muestran diez) y el espaciado de las paletas deslizantes 46, pueden seleccionarse de modo que las respectivas paletas 46 que están directamente opuestas entre sí se coloquen en las ubicaciones correspondientes en sus respectivos lóbulos a medida que el rotor 28 gira (Figuras 3 y 4), de modo que los volúmenes de fluido de carga de alta y baja presión 26 en el primer lóbulo 50 sean iguales a los volúmenes de fluido de carga de alta y baja presión 26 en el segundo lóbulo 52, y de modo que los volúmenes de fluido de alimentación de alta y baja presión 24 en la tercera cámara 54 sean iguales a los volúmenes de fluido de alimentación de alta y baja energía 24 en el cuarto lóbulo 56. Así, durante el funcionamiento normal del rotor 28, el rotor experimenta una fuerza radial neta pequeña o mecánicamente despreciable, lo que reduce el desgaste y facilita el funcionamiento eficiente y de bajo mantenimiento de la bomba o turbina. El uso de entradas únicas 62, 64, 66, 68 para conductos de fluido bifurcados también permite acoplamientos únicos para porciones de conducto separadas, al tiempo que garantiza que la presión de fluido en cada porción de conducto sea igual a la de la porción de conducto correspondiente, asegurando así también sustancialmente igual presiones de fluido en los respectivos lóbulos 50, 52 y 54, 56 que se encuentran directamente uno frente al otro.

El cuerpo de la turbina 12, incluida la carcasa 14 del rotor y los conductos de fluido 16, 18, 20, 22 y las conexiones de fluido 62, 64, 66, 68, pueden formarse unitariamente como una unidad de una pieza, por ejemplo, mediante un procedimiento de fundición que utiliza aleaciones ferrosas o no ferrosas, como acero o aleaciones de aluminio. Sin embargo, se prevé además que se puedan utilizar no metales, tales como termoplásticos, termoplásticos reforzados con fibras, plásticos termoendurecibles y plásticos termoendurecibles reforzados con fibras. Se prevé además que los conductos de fluido y la carcasa del rotor pueden estar hechos de plástico o materiales relativamente más débiles, con un inserto endurecido (como un revestimiento de metal) utilizado para formar una pared contorneada 48, que puede integrarse con el borde exterior 38 para formar perforaciones 36 resistentes al desgaste y fuertes.

Opcionalmente, y como se muestra, el cuerpo de bomba o turbina 12 incluye un par de soportes de base 70 y un soporte superior 72, como se muestra en las figuras 1-3, para facilitar el montaje de la bomba y turbina unitarias 10 en una ubicación deseada dentro de un sistema. Las etapas de acabado en el cuerpo de bomba o turbina 12 se pueden completar mecanizando roscas macho en cada accesorio de fluido 62, 64, 66, 68, mecanizando el borde exterior 38 y los orificios 36, y mecanizando la pared contorneada 48 de la cámara del rotor 30 para lograr las tolerancias deseadas y acabados superficiales. Opcionalmente, las etapas de acabado del cuerpo de bomba y

turbina unitarias 12 pueden completarse mecanizando los diversos accesorios de fluido con otras conexiones de tubería de fluido comunes, tales como accesorios de estilo ranurado, bridas de tubería o similares.

Como se señaló anteriormente, el rotor 28 incluye paletas deslizantes 46 que se acoplan y se deslizan a lo largo de la pared contorneada 48 de la cámara del rotor 30 cuando el rotor gira dentro de la cámara del rotor. Cada una de las paletas deslizantes 46 incluye una parte de borde proximal 46a que se recibe en una ranura respectiva 44 a lo largo de una superficie exterior 42 del rotor 28, y una parte de borde distal 46b que se desliza a lo largo de la pared contorneada 48. En la realización ilustrada, las paletas 46 son generalmente de forma rectangular y están hechas de un material sustancialmente rígido, tal como metal o plástico reforzado. Sin embargo, se prevé que las paletas flexibles pueden ser adecuadas para algunas aplicaciones, incluidas las paletas flexibles que podrían formarse integralmente con un cuerpo de rotor, sin apartarse del espíritu y alcance de la presente invención. Las paletas 46 son sustancialmente libres para deslizarse radialmente hacia adentro y hacia afuera a medida que siguen la pared contorneada 48, incluidos los lóbulos 50, 52, 54, 56.

Aunque se prevé que el rotor 28 pueda girar a una velocidad suficiente para que la fuerza centrífuga empuje a las paletas 46 radialmente hacia fuera en contacto con la pared del contorno 48, se prevé además que, opcionalmente, los elementos de carga tales como resortes elásticos o similares pueden insertarse en orificios 74 alineados radialmente (figura 5) que están abiertos a las ranuras 44 y se usan para desviar las paletas 46 radialmente hacia afuera para ayudar a asegurar el contacto con la pared contorneada 48 incluso a bajas velocidades de rotación del rotor 28. Opcionalmente, podría introducirse un gas o líquido presurizado (por ejemplo, fluido hidráulico) en una región central hueca del rotor 28, tal como a través del orificio central 32a de la tapa del cojinete 32 (figura 5), para presurizar las ranuras 44 a través de los orificios 74 y así empuje las paletas 46 radialmente hacia afuera, asumiendo tolerancias suficientemente estrechas de las paletas 46 en las ranuras 44.

Para operar una bomba y turbina unitarias 10, la entrada o la conexión 62 de fluido de carga de alta presión está acoplado a una fuente de fluido de carga de alta energía, la conexión o salida de fluido de carga de baja energía 64 está acoplada a un conducto u otro componente para recibir fluido de carga de baja energía 26, la entrada o accesorio de fluido de alimentación de baja energía 66 está acoplada a una fuente de fluido de alimentación de baja energía 24, y la salida o accesorio de fluido de alimentación de alta energía 68 está acoplado a un conducto u otro dispositivo configurado para recibir la alimentación de alta energía fluido 22. Haciendo referencia a las figuras 3 y 4, el fluido de carga de alta energía 26a se introduce en el conducto de fluido de carga de alta energía 16, después de lo cual se divide o bifurca en la primera parte 16a y la segunda parte 16b para encaminar a la entrada de fluido respectiva 58 en el primer lóbulo 50 y el segundo lóbulo 52. El fluido de carga de alta energía 26a actúa sobre la paleta o las paletas 46 que están expuestas al fluido de carga de alta energía 26a, que comienza a impulsar el rotor 28 en el sentido de las agujas del reloj, como se ve en las figuras 3 y 4. A medida que el rotor 28 continúa girando, el fluido de carga de alta energía 26a pierde algo de su energía (por ejemplo, la presión del fluido) al accionar el rotor 28, y posteriormente se ventila o descarga como fluido de carga de baja energía 26b fuera del primer lóbulo 50 y el segundo lóbulo 52 a través de las respectivas salidas de fluido 60, una vez que las salidas de fluido están expuestas al fluido de carga de baja energía 26b por la posición de las paletas 46. Dos corrientes de fluido de carga de baja energía 26b fluyen desde la cámara de rotor 30 a través de las respectivas porciones de conducto de fluido de carga de baja energía 18a, 18b hasta que se reincorporan al accesorio de fluido de carga de baja energía 64. Como se señaló anteriormente, debido a que el primer lóbulo 50 está ubicado directamente frente al segundo lóbulo 52, las fuerzas radiales aplicadas al rotor 28 por el fluido de carga 26 se equilibran a través del rotor.

Mientras el rotor 28 está siendo impulsado en rotación por el fluido de carga 26, el fluido de alimentación de baja energía 24a se introduce a través de la entrada de fluido de alimentación de baja energía 66, después de lo cual se bifurca y se dirige a las respectivas entradas de fluido 58 del tercer lóbulo 54 y cuarto lóbulo 56 a través de la primera porción de conducto 20a y la segunda porción de conducto 20b hasta que una carga de fluido de alimentación de baja energía 24a se cierre en cada lóbulo por paletas adyacentes 46, después de lo cual la rotación adicional del rotor 28 hace que el fluido de alimentación 24 se comprima y/o presurice a medida que se acerca y finalmente sale de las respectivas salidas de fluido 60 del tercer lóbulo 54 y el cuarto lóbulo 56, después de lo cual el fluido de alimentación 24 está en un estado de mayor energía 24b y viaja a través de la primera porción de conducto 22a y la segunda porción de conducto 22b para eventualmente reunirse en la salida de fluido de alimentación de alta energía para la conexión 68. Como se señaló anteriormente, debido a que el tercer lóbulo 54 está ubicado directamente frente al cuarto lóbulo 56, las fuerzas radiales aplicadas por el fluido de alimentación 24 al rotor 28 se equilibran a través del rotor.

En consecuencia, la bomba y turbina unitarias 10 funcionan continuamente para intercambiar energía desde el fluido de carga 26 al fluido de alimentación 24 utilizando un solo rotor 28 que gira en una cámara de un solo rotor 30 que tiene al menos cuatro lóbulos, con dos lóbulos 50, 52 dedicados al fluido de carga 26, y dos lóbulos 54, 56

dedicados al fluido de alimentación 24. El rotor 28 se equilibra radialmente durante el funcionamiento y es fácilmente accesible para servicio o mantenimiento a través de una sola cubierta que también puede soportar un cojinete de rotor de dinámica de fluido o similar. La bomba y turbina unitarias 10 se pueden reparar fácilmente en un sistema en el que está montada, a menudo sin necesidad de retirar la carcasa del sistema, e incluso sin desconectar la carcasa de las diversas fuentes de fluido o conductos a los que está acoplada. Si bien la bomba y turbina unitarias 10 se pueden hacer altamente eficientes con una mínima pérdida de energía, se apreciará que la caída de energía entre el fluido de carga de baja energía 26b y el fluido de carga de alta energía 26a será necesariamente mayor que la ganancia de energía entre el fluido de alimentación de baja energía 24a y fluido de alimentación de alta energía 24b, debido a pérdidas por fricción, pérdidas de energía de flujo en los conductos y similares.

10

Aunque el intercambiador de energía de bomba y turbina unitarias de la realización ilustrada tiene exactamente cuatro lóbulos 50, 52, 54, 56 y exactamente diez paletas 46 que están uniformemente espaciadas circunferencialmente alrededor del rotor 28, se apreciará que una bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo pueden configurarse con diferentes números de lóbulos y diferentes números de paletas, sin apartarse del espíritu y alcance de la presente invención. Por ejemplo, sustancialmente cualquier número par de lóbulos, cuatro o más, puede lograr sustancialmente el mismo efecto de fuerza equilibrada que la realización de cuatro lóbulos que se describe principalmente en esta invención. En el caso de una variante de seis lóbulos, por ejemplo, tres lóbulos estarían espaciados a intervalos de 120 grados para recibir y descargar el fluido de carga, mientras que otros tres lóbulos estarían intercalados a intervalos de 120 grados (es decir, un lóbulo cada 60 grados) para manipular el fluido de alimentación, sin dejar de permitir fuerzas radiales equilibradas a lo largo del rotor. Se prevé además que los conductos de fluido de carga y los conductos de fluido de alimentación podrían eliminarse o acortarse sustancialmente, de modo que se reduzca la complejidad y el costo de los moldes de fundición, de modo que los fluidos se introduzcan y descarguen de la cámara del rotor a través de conductos separados que están acoplados directamente a la carcasa del rotor, o a los respectivos conductos cortos asociados con la carcasa.

20

Pueden realizarse cambios y modificaciones en las realizaciones descritas específicamente sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.



## REIVINDICACIONES

1. Una bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo (10) que comprenden:
- 5 una carcasa de rotor (14) que define una cámara de rotor (30) que tiene una pared contorneada (48) que forma una pluralidad de lóbulos (50, 52, 54, 56) de dicha cámara, comprendiendo dichos lóbulos al menos un primer lóbulo (50), un segundo lóbulo (52), un tercer lóbulo (54) y un cuarto lóbulo (56);  
 10 un puerto de entrada (58) y un puerto de salida (60) definidos en dicha pared contorneada (48) en cada uno de dichos lóbulos (50, 52, 54, 56);  
 un rotor (28) colocado en dicha cámara de rotor (30), teniendo dicho rotor (28) una superficie de rotor exterior (42) espaciada hacia dentro de dicha pared contorneada (48) en dichos al menos cuatro lóbulos (50, 52, 54, 56); y  
 una pluralidad de paletas (46) montadas en dicho rotor (28) y espaciadas circunferencialmente alrededor de dicha superficie exterior del rotor (42), teniendo dichas paletas (46) porciones de extremo distal (46b)  
 15 configuradas para acoplarse de forma deslizante con dicha pared contorneada (48);  
 donde dicho rotor (28) se puede accionar rotativamente mediante un fluido de carga (26) en un estado de mayor energía (26a) que entra en dichos lóbulos primero y segundo (50, 52) en los respectivos de dichos puertos de entrada (58) y el fluido de carga (26) sale de dicho primer y segundo lóbulos (50, 52) en un estado de menor energía (26b) a través de los respectivos puertos de salida (60);  
 20 donde dicho rotor (28) puede funcionar para convertir un fluido de alimentación (24) en un estado de menor energía (24a) que entra en dicho tercer y cuarto lóbulos (54, 56) a través de los respectivos de dichos puertos de entrada (58) en un estado de mayor energía (24b) al salir de dicho tercer y cuarto lóbulos (54, 56) a través de los respectivos puertos de salida (60); **caracterizado porque** dichos lóbulos (50, 52, 54, 56), dichos orificios de entrada y salida (58, 60) y dichas paletas (46) están dispuestas de modo que cada uno de (i) el fluido de carga de mayor energía (26a), (ii) el fluido de alimentación de menor energía (24a), (iii) el fluido de carga de menor energía (26b) y (iv) el fluido de alimentación de mayor energía (24b), actuando en combinación, aplican una fuerza radial neta de sustancialmente cero a dicho rotor (28) durante el funcionamiento del mismo.
2. La bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo de la reivindicación 1, donde dicho primer  
 30 lóbulo (50) está ubicado sustancialmente directamente frente a dicho segundo lóbulo (52), y dicho tercer lóbulo (54) está ubicado sustancialmente directamente frente a dicho cuarto lóbulo (56).
3. La bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo de cualquier reivindicación anterior, que  
 35 comprende, además:
- un primer conducto de fluido de carga de alta energía (16a) que tiene un extremo de corriente abajo en comunicación con dicho puerto de entrada (58) de dicho primer lóbulo (50), y un segundo conducto de fluido de carga de alta energía (16b) que tiene un extremo de corriente abajo en comunicación con dicho puerto de entrada (58) de dicho segundo lóbulo (52);  
 40 un primer conducto de fluido de carga de baja energía (18a) que tiene un extremo de corriente arriba en comunicación con dicho puerto de salida (60) de dicho primer lóbulo (50), y un segundo conducto de fluido de carga de baja energía (18b) que tiene un extremo de corriente arriba en comunicación con dicho puerto de salida (60) de dicho segundo lóbulo (52);  
 un primer conducto de fluido de alimentación de baja energía (20a) que tiene un extremo corriente abajo en comunicación con dicho puerto de entrada (58) de dicho tercer lóbulo (54), y un segundo conducto de fluido de alimentación de baja energía (20b) que tiene un extremo corriente abajo en comunicación con dicho puerto de entrada (58) de dicho cuarto lóbulo (56); y  
 45 un primer conducto de fluido de alimentación de alta energía (22a) que tiene un extremo de corriente arriba en comunicación con dicho puerto de salida (60) de dicho tercer lóbulo (54), y un segundo conducto de fluido de alimentación de alta energía (22b) que tiene un extremo de corriente arriba en comunicación con dicho puerto de salida (60) de dicho cuarto lóbulo (56).
- 50
4. La bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo de la reivindicación 3, donde dicha carcasa del rotor (14) está formada unitariamente con dichos primer y segundo conductos de fluido de carga de alta energía (16a, 16b), dichos primer y segundo conductos de fluido de carga de baja energía (18a, 18b), dichos primer y segundo conductos de fluido de alimentación de baja energía (20a, 20b) y dichos primer y segundo conductos de fluido de alimentación de alta energía (22a, 22b).
5. La bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo de cualquier reivindicación anterior, donde

dicha cámara de rotor (30) está configurada para recibir el fluido de carga (26) y el fluido de alimentación (24) en forma de respectivos fluidos compresibles, y donde cada uno de dichos lóbulos (50, 52, 54, 56) comprende una cámara de compresión-expansión.

5 6. La bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo según la reivindicación 4, donde dicha carcasa de rotor (14), dichos primer y segundo conductos de fluido de carga de alta energía (16), dichos primer y segundo conductos de fluido de carga de baja energía (18), dicho primero y segundos conductos de fluido de alimentación de baja energía (20), y dichos primer y segundo conductos de fluido de alimentación de alta energía (22) están formados unitariamente de material fundido o moldeado por inyección.

10

7. La bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo de la reivindicación 3, donde:

dicho conducto de fluido de carga de alta energía (16) comprende un conducto bifurcado que tiene secciones de conducto separadas (16a, 16b) correspondientes a las respectivas de dichos primer y segundo orificios de entrada (58) de dichos primer y segundo lóbulos (50, 52), donde dichas secciones de conducto separadas de dicho conducto de fluido de carga de alta energía (18) están en comunicación fluida entre sí en un extremo corriente arriba del mismo;

15

dicho conducto de fluido de carga de baja energía (18) comprende un conducto bifurcado que tiene secciones de conducto separadas (18a, 18b) correspondientes a los respectivos de dichos primer y segundo orificios de salida (60) de dichos primer y segundo lóbulos (50, 52), donde dichas secciones de conducto separadas (18a, 18b) de dicho conducto de fluido de carga de baja energía (18) están en comunicación fluida entre sí en un extremo corriente abajo del mismo;

20

dicho conducto de fluido de alimentación de baja energía (20) comprende un conducto bifurcado que tiene secciones de conducto separadas (20a, 20b) correspondientes a las respectivas de dichos tercer y cuarto orificios de entrada (58) de dichos tercer y cuarto lóbulos (54, 56), en donde dichas secciones de conducto separadas de dicho conducto de fluido de alimentación de baja energía (20) están en comunicación fluida entre sí en un extremo corriente arriba del mismo; y

25

dicho conducto de fluido de alimentación de alta energía (22) comprende un conducto bifurcado que tiene secciones de conducto separadas (22a, 22b) correspondientes a los respectivos de dicho tercer y cuarto orificio de salida (60) de dicho tercer y cuarto lóbulos (54, 56), donde dichas secciones de conducto separadas de dicho conducto de fluido de alimentación de alta energía (22) están en comunicación fluida entre sí en un extremo corriente abajo del mismo.

30

8. La bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo de cualquier reivindicación anterior, donde dicha pared contorneada (48) forma exactamente cuatro lóbulos (50, 52, 54, 56) de dicha cámara (30), y donde exactamente diez de dichas paletas deslizantes (46) están espaciados uniformemente a lo largo de dicha superficie exterior del rotor (42).

35

9. La bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo de cualquier reivindicación anterior, donde dicho rotor (28) y dichas paletas deslizantes (46) están configurados de modo que dichas paletas deslizantes (46) se mueven independientemente hacia dentro y hacia fuera en una dirección radial cuando dicho rotor (28) se acciona de forma giratoria en dicha cámara de rotor (30).

40

10. La bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo según la reivindicación 9, en las que dichas paletas deslizantes (46) son sustancialmente rígidas y tienen una forma generalmente rectangular.

45

11. La bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo de cualquier reivindicación anterior, que comprende además un alojamiento de cojinete (32) y un cojinete acoplado a dicho alojamiento de rotor (14), dicho alojamiento de cojinete (32) cubre al menos parcialmente dicha cámara de rotor (30) y donde dicho cojinete soporta de forma giratoria dicho rotor (28) en dicho alojamiento de cojinete (32).

50

12. La bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo de la reivindicación 11, donde dicho rotor (28) y dichas paletas (46) son extraíbles de dicha cámara de rotor (30) al retirar dicha carcasa de cojinete (32) de dicha carcasa de rotor (14).

55

13. La bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo de la reivindicación 12, donde dicho alojamiento de cojinete (32) comprende una superficie exterior que forma una superficie más exterior de dicha bomba unitaria y turbina (10).

60 14. Un procedimiento de funcionamiento de una bomba y turbina unitarias de desplazamiento positivo (10),

dicho procedimiento comprende:

- 5 proporcionar una carcasa de rotor (14) que define una cámara de rotor (30) que tiene una pared contorneada (48) que forma una pluralidad de lóbulos (50, 52, 54, 56) de dicha cámara, comprendiendo los lóbulos al menos un primer lóbulo (50), un segundo lóbulo (52), un tercer lóbulo (54) y un cuarto lóbulo (56), donde un puerto de entrada (58) y un puerto de salida (60) están definidos en la pared contorneada (48) en cada uno de dichos lóbulos (50, 52, 54, 56);
- 10 proporcionar un rotor (28) en la cámara del rotor (30), teniendo el rotor (28) una superficie exterior del rotor (42) espaciada hacia dentro de dicha pared contorneada (48) en dichos al menos cuatro lóbulos (50, 52, 54, 56);
- proporcionar una pluralidad de paletas (46) montadas en el rotor (28) y espaciadas circunferencialmente alrededor de la superficie exterior del rotor (42), teniendo las paletas (46) porciones de extremo distal (46b) configuradas para acoplarse de forma deslizante con la pared contorneada (48);
- 15 accionar rotativamente el rotor (28) mediante:
- introducir un fluido de carga (26) en un estado de mayor energía (26a) en el primer y segundo lóbulos (50, 52) de una cámara de rotor (30), el primer y segundo lóbulos (50, 52) ubicados uno frente al otro y definidos entre una pared contorneada (48) de una carcasa de rotor (14) y el rotor (28), y el rotor (28) tiene una pluralidad de paletas (46) montadas en una superficie exterior del mismo; y
- 20 descargar el fluido de carga (26) en un estado de menor energía (26b) fuera del primer y segundo lóbulos (50, 52); y
- energizar un fluido de alimentación (24) con el rotor (28) mediante:
- introducir el fluido de alimentación (24) en un estado de menor energía (24a) en el tercer y cuarto lóbulos (54, 56) de la cámara del rotor (30), el tercer y cuarto lóbulos (54, 56) ubicados uno frente al otro y definidos entre la pared contorneada (48) y el rotor (28); y
- 25 descargar el fluido de alimentación (24) en un estado de mayor energía (24b) fuera del tercer y cuarto lóbulos (54, 56).

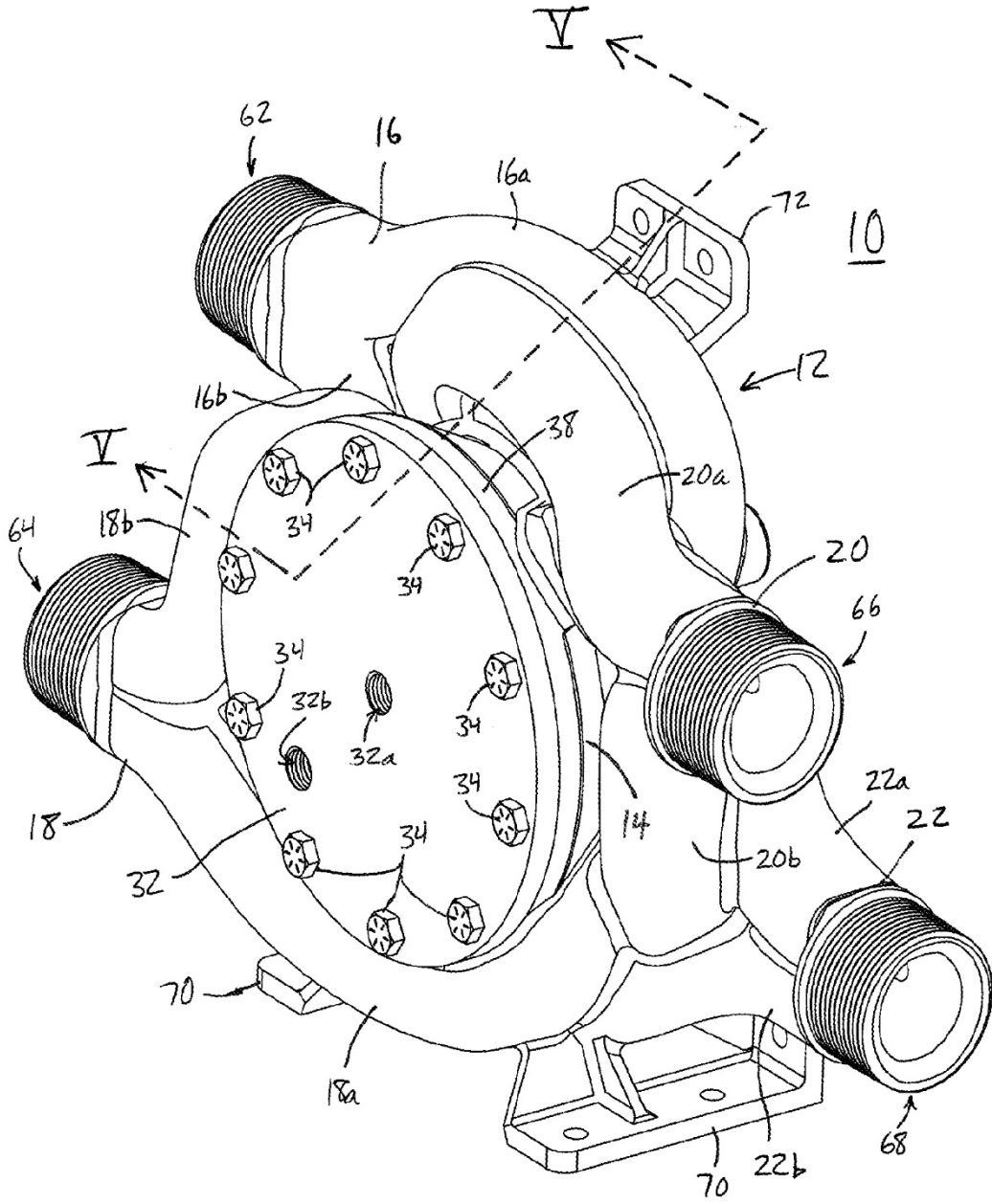


FIGURA I

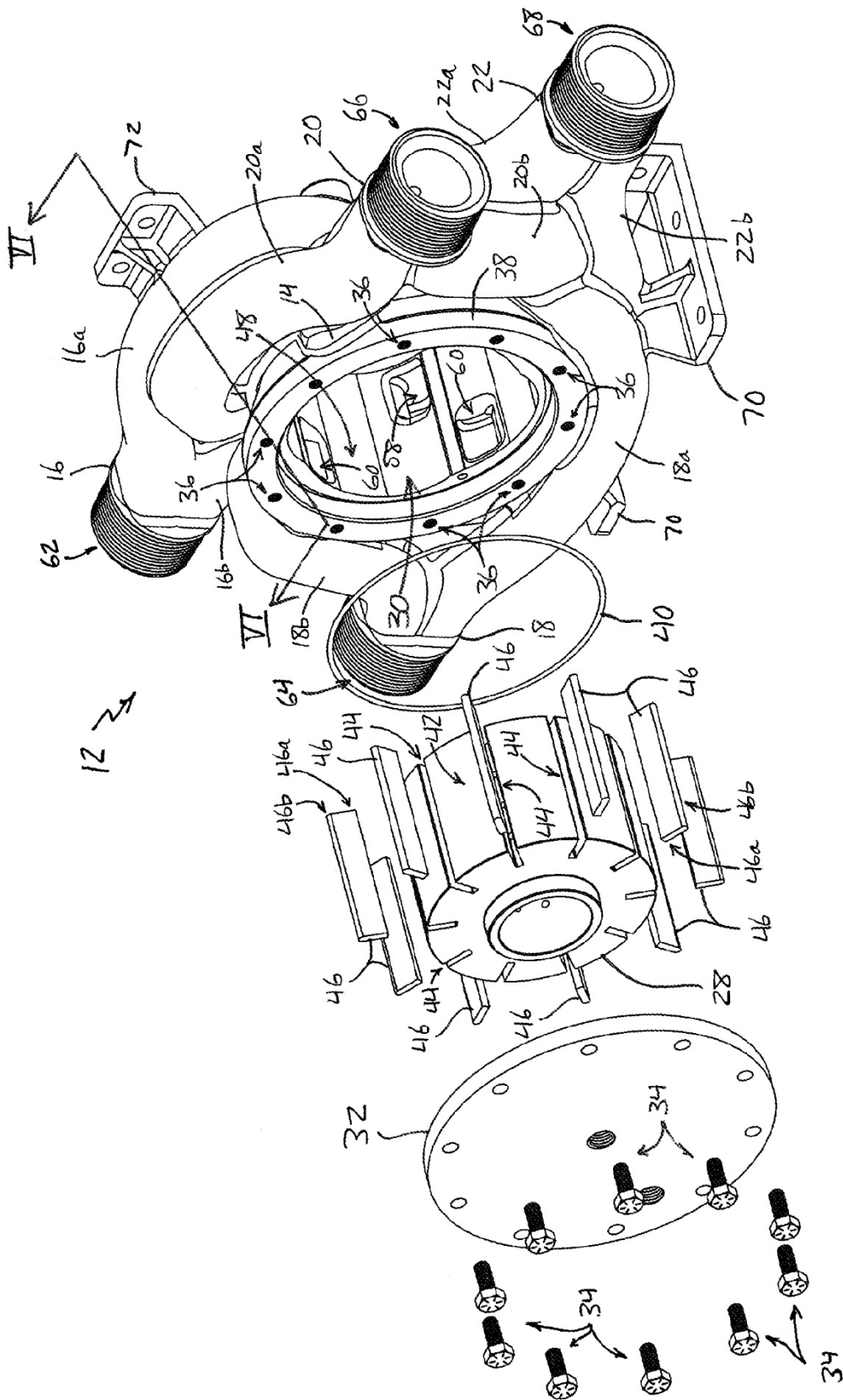


FIGURE 2

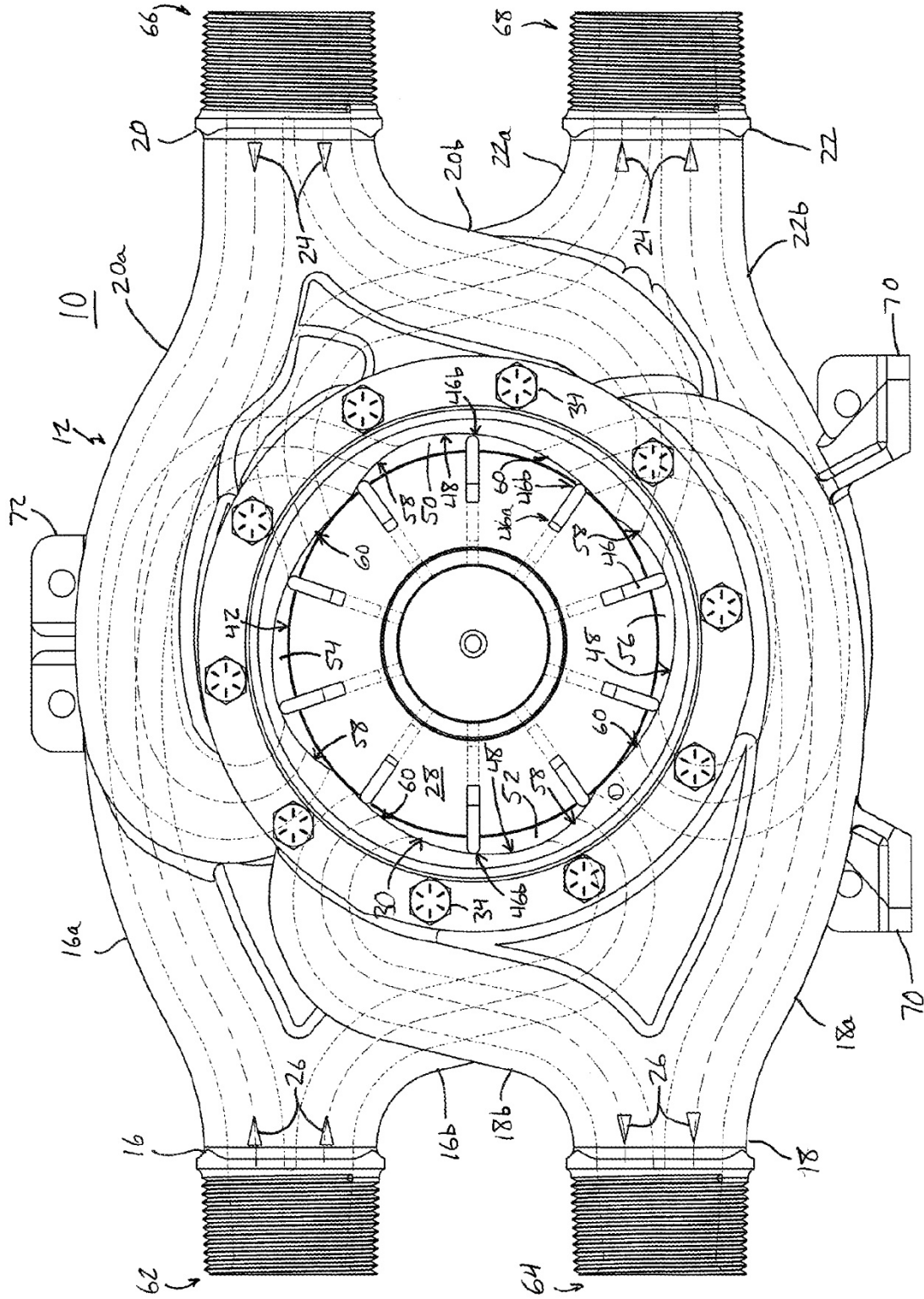


FIGURA 3

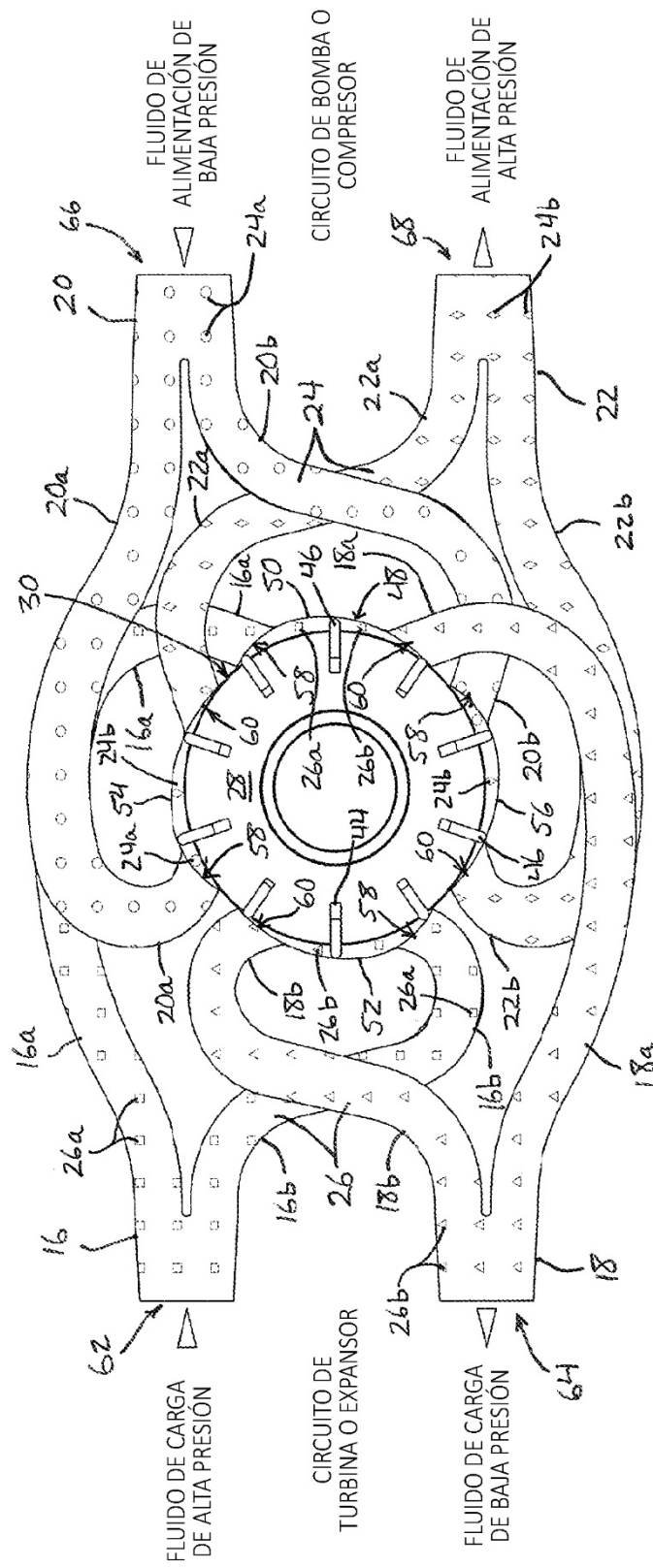


FIGURA 4

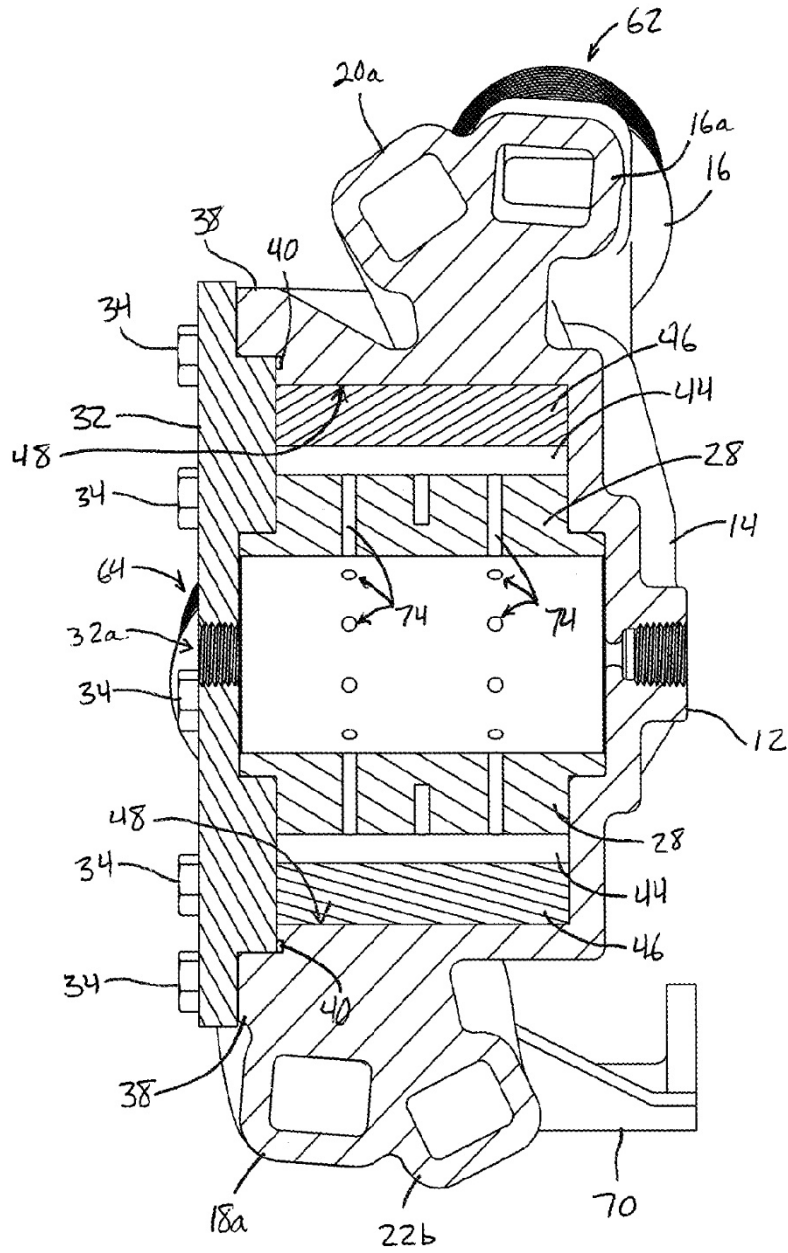


FIGURA 5



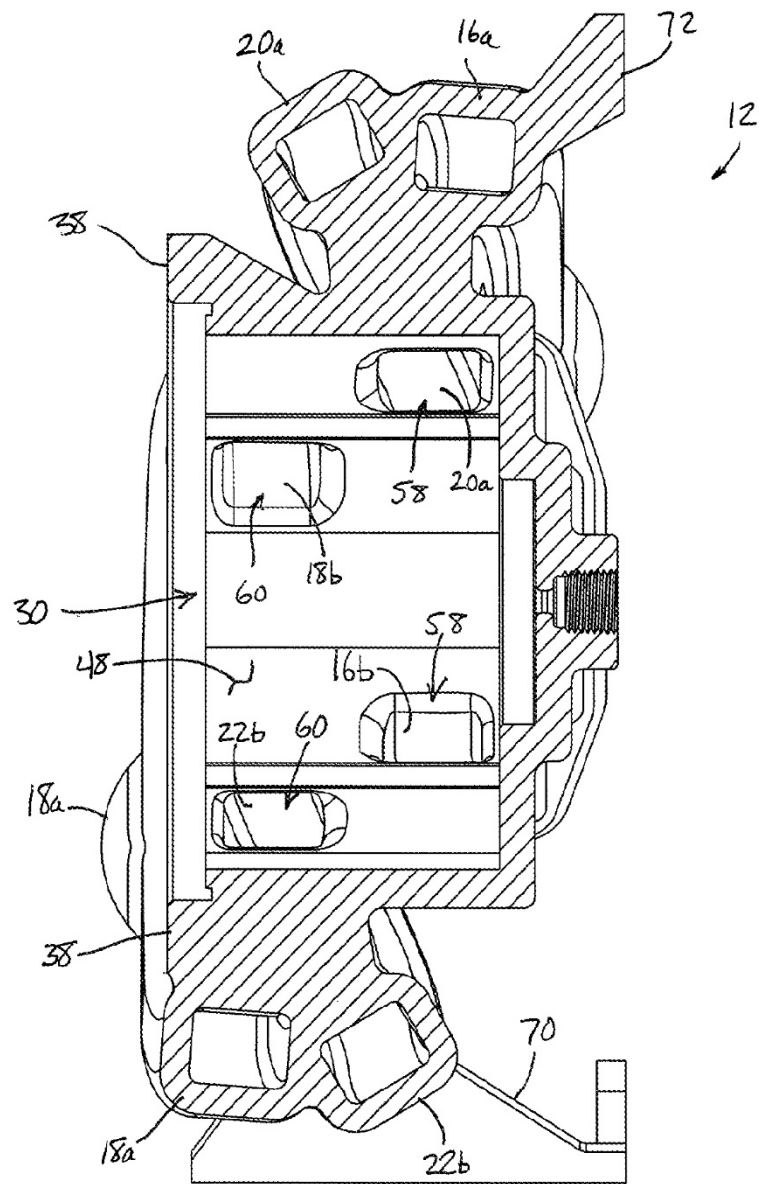


FIGURA 6