

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 370 500**

51 Int. Cl.:
F04D 29/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05738776 .3**
96 Fecha de presentación: **17.03.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1727988**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **06.12.2006**

54 Título: **BOMBA.**

30 Prioridad:
18.03.2004 DE 102004013746
18.03.2004 DE 102004013747
20.04.2004 DE 102004019721

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.12.2011

73 Titular/es:
CircuLite, Inc.
Park 80 West, 250 Pehle Avenue - Suite 403
Saddle Brook, NJ 07663 , US

72 Inventor/es:
AKDIS, Mustafa y
REUL, Helmut

74 Agente: **García Egea, Isidro José**

ES 2 370 500 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

Bomba.

La solicitud se refiere a una bomba. En particular, la invención se refiere a una bomba para el transporte de la sangre.

5 En el estado de la técnica se conocen numerosas bombas con ruedas de paletas, en las que las ruedas de paleta son impulsadas principalmente de forma mecánica, algunas veces también sin rodamientos. Como ejemplos del área de la técnica médica se destacan diversas publicaciones:

10 La patente estadounidense US 6.116.862 muestra una bomba de sangre con un impulsor, que es un rodamiento de bolas en dirección axial, y que se centra en la dirección radial por medio de un soporte en forma de estrella.

15 La Patente Europea EP 0 904 117 B1 describe una bomba de sangre en la que se fija un impulsor axialmente también sobre un rodamiento de bolas. La configuración radial se realiza por un rodamiento flexible en un eje de una rueda de paletas o por imanes que se instalan en un cárter, que se conecta por un soporte con una carcasa principal de la bomba.

En el documento DE 100 16 422 A1 se divulga una bomba de sangre, que tiene instalada una rueda de paletas en una carcasa fija.

20 En el documento EP 0 599 138 A2 está dispuesta una rueda de paletas de una bomba de sangre en un eje que sobresale en una carcasa separada.

25 La Patente estadounidense US 5.840.070 muestra un rotor en un eje, donde tanto en las ruedas de paletas del motor como también en el eje se realiza una configuración por medio de numerosos imanes.

30 La Patente DT 26 18 829 A1 muestra una bomba centrífuga de múltiples niveles, en la que los niveles aislados de la bomba están compuestos de plástico y experimentan una deformación por medio del ajuste axial, en la que son presionadas las paredes laterales de las carcasas de los niveles individuales contra un tubo envolvente con la finalidad de conseguir allí una densa fusión.

35 La Patente DT 298 21 565 U1 muestra una bomba de sangre sin cojinetes. Una propulsión de una rueda de paletas se lleva a cabo por un acoplamiento magnético que conduciría a una atracción axial de la rueda de paletas al motor. La rueda de paletas se mueve libremente en una carcasa de la bomba en el interior de un espacio limitado y extrae sangre en una dirección de flujo de salida radial por el impulso de la rueda de paletas. Para desviar la sangre que fluye axialmente en 90° hacia un flujo de salida radial, la rueda de paletas ejerce un impulso sobre la sangre. Con ello, la rueda de paletas, que gira sobre sí misma, no se basa en el efecto del contraimpulso axial en la carcasa, las paletas de la rueda de paletas presentan alas en sus lados opuestos al flujo de entrada. En estado de inactividad, la rueda de paletas está posada sobre el fondo, en el inicio de la rotación se eleva lentamente desde el suelo, contra la dirección del flujo. A continuación, la rueda de paletas se posiciona axialmente por medio de fuerzas hidrodinámicas y radialmente por medio de fuerzas magnéticas.

45 Las patentes estadounidenses US 5.385.581 y US 5.112.200 muestran bombas de sangre con rodamientos magnéticos, que posicionan un impulsor sin contacto con un medio de soporte electromagnético. Para ello, se dispone un sistema de medición electrónica y de control que, por efecto del complejo almacenamiento llevaría a un diseño voluminoso. Además, es siempre el que conduce a un resultado del diseño de los cojinetes voluminosos complejos. También deben recibir un suministro de más energía para un activo centrado de la rueda de paletas.

50 La patente estadounidense 5.211.546 muestra una bomba de sangre, en la que se dispone una hélice impulsada por imanes fijos y aparecen unas baterías eléctricas que interactúan en la carcasa. Estas ejercen como factor de giro propulsor y, al mismo tiempo, sirven como rodamiento axial magnético. El rotor se estabiliza en dirección radial por medio de uno o más rodamientos radiales hidrodinámicos.

55 La mercantil Berlin Heart AG ha desarrollado un sistema de asistencia ventricular implantable en forma de una bomba axial. Esto está disponible en el mercado con el nombre de INCOR (marca registrada). Un impulsor gira por medio de un cojinete magnético estando suspendido, sin contacto, y asume la propia función de bombeo con un número de revoluciones de hasta 12.000 revoluciones por minuto. Esto corresponde a un posible flujo de sangre de 7 l/min contra 150 mmHg. Una rueda guía más abajo del impulsor simplifica el movimiento de rotación giratoria de la sangre, desarrolla una presión adicional sobre la sangre y la transmite a la aorta. Los imanes de la bomba axial están conectados con una unidad electrónica de control para el almacenamiento sin contacto del rotor, para poder
60 ajustar rápidamente, en el transcurso del tiempo, la intensidad del campo magnético a un cambio de posición del impulsor. La bomba tiene una potencia eléctrica de 8,5 W. Con una batería externa se alcanza una duración de alrededor de 12 horas.

La patente estadounidense 6,227,817 B1 propone una bomba de sangre en el que se instala un impulsor impulsado sin contacto por medio de fuerzas magnéticas. Para ello, se disponen imanes permanentes en el impulsor, mientras que se disponen bobinas magnéticas activas en la carcasa de la bomba de sangre y se conectan con una fuente de tensión ajustable. Un campo magnético ajustable sostiene el impulsor en el flujo sanguíneo.

La Patente Europea EP 0 900 572 A1 muestra una bomba centrífuga para bombear la sangre. Una hélice impulsada está dispuesta sobre imanes fijos, y se disponen bobinados eléctricos también en la carcasa. Estos ejercen como factor de giro propulsor y, al mismo tiempo, una fuerza lateral ajustable en el impulsor. La posición de la hélice es, pues, activamente manejable.

La patente estadounidense EE.UU. 5.470.208 B divulga una bomba en la que es impulsado un impulsor electromagnético, en el que un almacenamiento sin contacto se consigue, o bien por medio de fuerzas magnéticas activas opuestas o bien por medio de fuerzas magnéticas y de fluido activas opuestas. Los pares de fuerza propuestos posicionan al impulsor tanto en la dirección axial como en la radial.

La patente japonesa JP 2002 315 824 A describe una bomba de sangre, en la que un impulsor axial es posicionado sobre un sistema de bóveda esférica o sobre fuerzas hidrodinámicas. El posicionamiento radial se consigue por medio de fuerzas hidrodinámicas o por medio de imanes.

La invención se basa en la tarea de conseguir una bomba especialmente económica, de bajo consumo energético y de bajo desgaste.

Con respecto a la posible utilización en la tecnología médica como bomba de sangre, por ejemplo, como una bomba de sangre micro - diagonal, la invención se refiere también a otros aspectos: de acuerdo con el estado de la técnica, es común que las bombas centrífugas el utilizar para el almacenamiento de la rueda de paletas por lo menos un rodamiento deslizante mecánico propenso al desgaste. En el ámbito de estudios *in vivo*, en los que fueron examinadas diversas bombas de sangre, se mostró siempre, de nuevo, la problemática de la formación de coágulos sanguíneos en la zona de entrada a la bomba. En los soportes para la fijación de la rueda de paletas en un lado hacia arriba, se trataba de los estudios con la formación de trombos en sangre. En cuanto a la aplicación médica, la invención se basa en la tarea de poner a disposición una bomba de sangre, en la que con medios producibles de forma más económica y con una mayor fiabilidad se evite una formación de trombos en la zona de flujo de la bomba. Al mismo tiempo, la bomba debe estar libre de desgaste.

La tarea se resuelve con una bomba de sangre con una rueda de paletas con un eje giratorio en una carcasa de bomba y con un canal de flujo axial hacia la rueda de paletas, en donde un rodamiento axial magnético y un cojinete radial hidrodinámico es almacenado, cuando está en funcionamiento, en la carcasa sin contacto con la misma, en donde el cojinete axial magnético y el cojinete radial hidrodinámico se combinan en un manguito anular alrededor de la rueda de paletas y el cojinete axial magnético está separado de la propulsión. Según la invención, la rueda de paletas es dirigida simultáneamente por medio de un cojinete mecánico de flujo y un cojinete magnético, de tal forma que, estando en funcionamiento, se evita un rozamiento o impacto de la rueda de paletas en la carcasa de la bomba o de la rueda de paletas en la carcasa de la bomba o de la rueda de paletas en otra parte fija de la bomba. Una característica sobresaliente de este almacenamiento híbrido se basa en la posibilidad de coexistir con elementos exclusivamente pasivos de almacenamiento, es decir, son elementos de direccionamiento y regulación de ninguna manera activos, como sensores y actuadores para la funcionalidad de almacenamiento requerido.

Frente a la bomba de sangre asimismo sin cojinetes del modelo de utilidad alemán DE 298 21 565 U1, la bomba presente propuesta se caracteriza en que el cojinete axial funciona al menos predominantemente por fuerzas magnéticas, mientras que en el escrito de modelo de utilidad citado funciona el cojinete axial en forma hidrodinámica. Por el contrario, la solución presente propuesta aporta la gran ventaja de que se evita un impacto axial de la rueda de paletas en la carcasa de la bomba, incluso en el arranque de la bomba de una parada de seguridad. En el documento DE 298 21 565 U1, sin embargo, la rueda de paletas permanece en la carcasa de la bomba mientras la bomba de sangre está inactiva. Al principio de la rotación de la rueda de paletas, las paletas raspan, de momento y por este motivo, el cuerpo de la carcasa.

La presente invención se suma a la idea de que un impacto o raspadura axial de la rueda de paletas en la carcasa de la bomba puede tener considerables repercusiones sobre la duración de la vida y la seguridad del funcionamiento de la bomba. Por ello se consigue, en este caso, una retención axial de la rueda de paletas por medio de un cojinete magnético, mientras que se consigue también una estabilización radial al menos a través de un cojinete mecánico de flujo.

En la invención, se pone a disposición, por ello, un cojinete de la rueda de paletas especialmente económico, ya que se prevé un cojinete combinado del tamaño de la rueda de paletas. Es una ventaja singular, si los cojinetes axial y radial, combinados, ponen a disposición de la bomba, mientras funciona, la estabilidad axial de la rueda de paletas por medio de imanes y la estabilidad radial de la rueda de paletas por medio de un cojinete mecánico de flujo.

Además del ahorro de costes que un cojinete combinado posibilita, la bomba puede también fabricarse a un tamaño especialmente pequeño. Por tanto, ambas bombas propuestas están indicadas para su utilización en una bomba de sangre centrífuga, en especial como bomba de sangre para caracterizan especialmente permitiendo un depósito combinado, la bomba también se puede construir muy pequeño. Por lo tanto, las dos bombas propuestos son particularmente adecuados para su uso en una bomba centrífuga de sangre, más sangre de la bomba para extracción de sangre.

El cojinete axial magnético, que actúa pasivamente, puede ser fabricado, de forma especialmente fácil, con imanes permanentes. Como ejemplo se propone aquí el uso del material de neodimio-hierro-boro (NdFeB). En particular, son apropiados para el cojinete axial magnético dos anillos magnéticos permanentes, de los que, de forma ventajosa, un imán estator puede ser integrado, inmóvil, en una carcasa de bomba, mientras que un imán rotor del cojinete axial magnético se integra en un manguito alrededor de la rueda de paletas y está ligado a su rotación. De esta manera, los dos imanes permanentes podrían mantenerse fuera de las vías de flujo real, donde, sin embargo, puede ser conseguida una distancia pequeña entre el imán estator y el imán rotor.

Independientemente de esto, se propone que el cojinete axial magnético especial ejerza una fuerza basculante restauradora contra una inclinación de la rueda de paletas con respecto al plano normal en relación al eje principal. El cojinete axial es especialmente indicado para este fin, pues una inclinación de la rueda de paletas en la forma descrita siempre origina también un manifiesto desplazamiento axial del volumen según las dimensiones de la rueda de paletas. Si el cojinete axial a tamaño de la rueda de paletas origina una fuerza restauradora axial local creciente sobre la desviación, esto también significa que el mismo cojinete magnético también proporciona un factor restaurador basculante al movimiento de inclinación de la rueda de paletas. Este factor restaurador puede estar apoyado en la existencia simultánea de un cojinete radial mecánico de flujo en su esfera de acción. Tal posicionamiento de la rueda de paletas contra el desplazamiento axial y la inclinación lateral puede ser fácilmente conseguido por medio de un cojinete magnético permanente que actúe de forma pasiva.

En una realización preferida de la bomba propuesta, un imán rotor y un imán estator del cojinete axial magnético están magnetizados en dirección axial, en el que el imán del estator está magnetizado de forma opuesta a los imanes del rotor. Especialmente en una disposición concéntrica de los imanes de la red resulta una fuerza de atracción entre ambas redes magnéticas, que es eficaz tanto en dirección axial como radial. La fuerza de atracción axial de esta constelación consigue un posicionamiento estable de los imanes del rotor en el interior de los imanes del estator, de tal manera que la rueda de paletas se estabiliza tanto contra un desplazamiento axial como también contra un movimiento de inclinación. La estabilidad del posicionamiento y dirección de inclinación basada en las fuerzas restauradoras de atracción, que son eficaces y esforzadas entre ambas redes magnéticas, siempre va a llevar de vuelta a los imanes del rotor a la posición central de los imanes del estator.

Para un funcionamiento seguro y libre de desgaste de la bomba, se propone que el cojinete axial magnético pasivo de la misma esté diseñado, de tal forma que las fuerzas de atracción axiales entre un imán del rotor y un imán de estator por medio de al menos la mayor parte de un espacio axial de la rueda de paletas siempre sean más grandes que las de que un acoplamiento magnético entre la rueda de paletas y una propulsión que produzca efectos más arriba del flujo de las fuerzas magnéticas atrayentes. Una interpretación así se caracteriza porque una desviación, axialmente descendente, de la rueda de paletas a partir de un equilibrio axial provoca, en ambos lados del campo de influjo magnético del cojinete axial magnético y del acoplamiento magnético, una resultante fuerza restauradora ascendente, también contra el desplazamiento descendente. La fuerza restauradora ascendente axial del cojinete axial magnético es también mayor que la fuerza de desplazamiento descendente axial, que es causada por el acoplamiento magnético. Con esto, también se asegura de la misma forma, que las fuerzas restauradoras basculantes del cojinete magnético siempre sean, en un desplazamiento inicial de la rueda de paletas, mayores que las fuerzas que actúan en el acoplamiento magnético. La interpretación descrita de los imanes de los cojinetes y de acoplamiento lleva directamente al hecho de que la rueda de paletas, en dirección axial, está siempre posicionada sin contacto. Esto se corresponde directamente con un aspecto de la invención, pues, de esta forma, la rueda de paletas no tiene nunca contacto axial con la carcasa de la bomba, cuando esta inactiva, ni con la cubierta del motor. La ausencia de contacto axial tiene lugar tanto cuando la rueda de paletas está inactiva como cuando la bomba está en funcionamiento. Con esto, se evita cualquier desgaste por contacto axial; más bien la rueda de paletas lleva un equilibrio axial al influjo del acoplamiento magnético y al movimiento descendente axial hacia el cojinete axial magnético del imán estator del cojinete axial magnético, pero, claramente, antes de un tope de la rueda de paletas en la limitación ascendente de su espacio por medio de la carcasa, también usualmente en el acoplamiento magnético.

Es ventajoso que el efecto restaurador axial también se produzca en un desplazamiento axial de hasta 1 mm, preferentemente de hasta 3 mm, especialmente preferentemente de hasta 5 mm.

Es necesario explicar que las expresiones "ascendente" y "descendente", utilizadas para la aclaración de una posición relativa, además de su carácter textual, producen una ilimitada referencia a una situación de funcionamiento de la bomba. Estos son también para identificar datos de posición relativa, fuera de una situación de funcionamiento de la bomba. Así, ambas declaraciones se refieren siempre a una posición axial con respecto al

eje de rotación de la rueda de paletas, por lo que “ascendente” permanece más próximo al canal de flujo axial hacia la rueda de paletas que “descendente”.

5 Mientras que una cubierta de motor, en las bombas conocidas hasta ahora, siempre ejercía una función de almacenamiento con bombas antes conocido siempre se ejerce una función de almacenamiento – principalmente como recubrimiento de un cojinete de bolas, pero también, como en la patente alemana DE 298 21 565 U1, como cojinete axial mecánico de flujo – la cubierta de motor, en una bomba de acuerdo con la presente invención, necesitar servir únicamente como separación entre un depósito para el motor y un depósito para la sangre. Esto tiene la ventaja de que la cubierta del motor no se expone a considerables esfuerzos mecánicos. En vista de esto y para evitar los efectos del flujo de remolinos en el hueco del acoplamiento magnético y el calentamiento asociado de la cubierta del motor se propone que el mismo sea fabricado con un material no metálico y/o con un material no magnético, por ejemplo con un material biocompatible o titanio.

15 En la teoría magnética es bien sabido que un cuerpo no puede mantenerse espacialmente estable únicamente sobre la base de fuerzas magnéticas pasivas. Al menos uno de los seis grados de libertad espacial del cuerpo se comporta siempre de forma inestable en un campo magnético pasivo. Para la suspensión del cuerpo se requieren fuerzas magnéticas o almacenamiento adicional más activamente reguladas controlado las fuerzas magnéticas o de almacenamiento adicional, que excluyen el grado de libertad inestable. En el caso del cojinete axial magnético propuesto, de tal manera que se consiga una fijación axial por medio de fuerzas magnéticas pasivas, el grado de libertad inestable consiste en la libertad de movimiento radial de la rueda de paletas. De acuerdo con un conocimiento de la invención, no se produce un desgaste elevado, cuando la rueda de paletas, en estado inactivo, presenta un contacto radial con la carcasa, siempre y cuando éste sea eliminado durante el funcionamiento. Al ponerse en marcha la rueda de paletas, tras la inactividad, solamente fuerzas radiales muy pequeñas actúan frente a las fuerzas radiales, en particular, por medio del desvío del flujo. Por lo tanto, la rueda de paletas que se pone en marcha puede también, en la práctica, perder el contacto radial directo con la carcasa y adoptar una posición estable, producida por flujo mecánico, en la bomba.

20 La estabilización de la rueda de paletas en dirección radial y, con ello, la adopción de la posición del rotor completamente sin contacto durante el funcionamiento puede conseguirse preferentemente por medio del aprovechamiento de una disociación de hueco anular excéntrico en un impulsor desviado. Al prever un cojinete axial magnético con dos anillos magnetizados axialmente opuestos se refuerza aún una desviación axial de la rueda de paletas a la altura del cojinete axial magnético por medio de la proximidad radial desigual entre el imán del estator y el imán del rotor. En funcionamiento, una corriente secundaria debe ser adaptada para un cojinete radial de corriente mecánica, de tal manera que el cojinete radial de la corriente mecánica ejerza en la desviación de la rueda de paletas, una fuerza restauradora radial sobre la misma, que es más grande que la fuerza radial del cojinete axial magnético reimpulsada por la desviación. Este cojinete de radial de corriente mecánica puede, en esta situación, estar apoyado por un efecto centralizador suplementario de un acoplamiento magnético.

35 Simultáneamente, se debe asegurar, de forma alternativa y cumulativa, de que una corriente principal, un acoplamiento magnético y un cojinete axial magnético sean ajustados uno tras otro de tal manera que la rueda de paletas mantenga un equilibrio axial estable, también cuando impulsos de corriente axialmente descendente influyan sobre la rueda de paletas de forma constante o fluctuante en el tiempo, con lo que los movimientos axiales de la rueda de paletas puedan ser limitados, en especial, a una medida de pocos milímetros, sin que un posicionamiento estable se haga inestable.

40 Un cojinete radial de corriente mecánica es muy económico de implementar, porque el centrado de la rueda de paletas en una configuración apropiada del cojinete radial de corriente mecánica puede ser conseguida de forma automática. Esto sucede, cuando, en el desplazamiento de la rueda de paletas en aquella zona en la que una rueda de paletas se aproxima a la pared de una carcasa, se ejerce una fuerza restauradora que se sobrepone a la fuerza de desplazamiento, hasta que ésta vuelve a permanecer centrada en el canal de afluencia. La fuerza restauradora puede ser ejercida como fuerza de centrado en especial al poner en funcionamiento la rueda de paletas.

45 Para conseguir un efecto seguro de rodamiento de corriente mecánica, resulta ventajoso si se dispone de un manguito anular, circundante de la rueda de paletas y fijado en la misma, en el interior de un pareado circundante de la carcasa de la bomba. Un manguito anular acoplado en la rotación de la rueda de paletas, que discurre sobre dicha rueda de paletas, hace especialmente disponible a la bomba de un cojinete de corriente mecánica, en especial hacia arriba de las paletas, prefiriéndose especialmente a la altura axial de un inicio ascendente de la rueda de paletas. Por medio de la rotación del manguito anular en la rotación de la rueda de paletas se elimina además la probabilidad de zonas muertas de corriente en la mayor parte del manguito anular. Además de ello, un cojinete de corriente mecánica puede ejercer una fuerza restauradora especialmente eficaz al poner en funcionamiento el manguito anular.

50 Se indica en este punto que en el marco de esta memoria que los cojinetes de corriente mecánica propuestos también pueden incluir el caso especial de un cojinete hidrodinámico y de otro cojinete de película fluida.

5 Se propone que la bomba comprenda un canal secundario junto a un canal de flujo principal axial y/o axial-diagonal a través de la rueda de paletas y el canal de afluencia axial hacia el canal de flujo principal de la rueda de paletas, en donde el canal secundario comprende una abertura de alimentación y una abertura de desembocadura, en la cual la abertura de desembocadura está orientada al canal de afluencia. El canal secundario fuerza, en la configuración adecuada, una corriente secundaria de tal intensidad que el flujo a través del canal secundario puede ser utilizado para el posicionamiento mecánico de flujo de la rueda de paletas. El flujo del cojinete puede ser dirigido en forma separada del canal principal en su discurrir en el canal secundario y, en particular, discurrir también el canal principal a través de la rueda de paletas en orientación sustancialmente opuesta. Esto posibilita una circulación automática de fluido a través del cojinete radial de flujo mecánico, sin que deba efectuarse una desviación de la corriente principal.

15 Está previsto que, durante el funcionamiento de la bomba, la corriente de rodamiento sea alimentada por una corriente de salida de la rueda de paletas. Directamente, en la inactividad de la rueda de paletas el nivel de energía del fluido bombeado es especialmente elevado, por lo que existe una diferencia de presión respecto a un punto ascendente, que puede ser aprovechada para la producción del flujo secundario.

Para aprovechar mejor el desnivel de energía, el flujo secundario puede desembocar en la afluencia de la rueda de paletas. El nivel de energía del fluido bombeado está, directamente ante la rueda de paletas, en lo más bajo.

20 Se indica a este respecto, que una bomba con una rueda de paletas, en particular una bomba de sangre de este tipo con una corriente de rodamiento, que en el funcionamiento de una corriente principal discurre en dirección esencialmente opuesta, sea ventajosamente también independiente de todas las restantes características de la presente invención en combinación con un cojinete axial magnético. Lo mismo vale para una bomba, en especial una bomba de sangre en la que, en funcionamiento, una corriente de rodamiento de un flujo de la rueda de paletas sea almacenada, así como para una bomba, en particular una bomba de sangre, en la que, en funcionamiento, una corriente de rodamiento desemboque en una afluencia hacia la rueda de paletas.

30 En una realización preferida, un canal secundario esté planamente extendido y perpendicular, en una dimensión, a su superficie de una amplitud de más de 100 μm , preferentemente de alrededor de 300 hasta 700 μm , especialmente preferido alrededor de 500 μm . Los cojinetes flexibles hidrodinámicos clásicos mantienen las fuerzas producidas por un rotor por medio de una fuerza de presión originada en una película lubricante. De aquí que el grosor de la película lubricante deba ser de tal pequeñez que las fuerzas viscosas superen a las fuerzas de inercia.

35 Los huecos clásicos están en alrededor de 10 μm . Pues solamente podrían las fuerzas originadas en la película viscosa mantener el equilibrio de las fuerzas externas producidas en el rotor y evitar el impacto radial de la parte rotatoria en la carcasa.

40 Siempre y cuando se evite una fricción mixta, permanece el cojinete libre de desgaste. El inconveniente esencial de un cojinete radial hidrodinámico puro tal para el uso en una bomba de sangre es que la escasa amplitud del hueco lubricante eleve significativamente las tensiones tangenciales y, con ello, la hemólisis de la bomba de sangre, y, por tanto, se restrinja una actividad de reserva de sangre en el paciente. Sobre esto, persiste también, en huecos tan pequeños, un mayor riesgo de zonas de flujo muerto, de tal modo que incluso el riesgo de trombosis es mayor en la zona de almacenamiento, lo cual se tiene que evitar a toda costa en bombas de sangre para uso a largo plazo. La presente invención también se puede utilizar en un dispositivo de almacenamiento de fluido mecánico con un hueco mucho mayor, especialmente en huecos de hasta alrededor de 500 μm . Esto reduce significativamente el peligro de la hemólisis y de la trombogenicidad.

50 En arduas investigaciones para la guía del flujo se ha demostrado igualmente que es ventajoso si, durante el funcionamiento, la corriente de rodamiento, predominantemente axial, discurre por un canal secundario extendido tangencial y axialmente. El canal secundario puede ser, en particular, un hueco anular.

55 Se hace expreso hincapié en que una bomba de sangre con un flujo de rodamiento radial de flujo mecánico radial, que siendo predominantemente axial, discurre por un canal secundario extendido tangencial y axialmente, también es ventajosa tomada para sí en combinación con un cojinete axial magnético, especialmente si el canal secundario tienen un hueco anular alrededor de la rueda de paletas. Lo mismo vale para una bomba de sangre con un canal secundario para un rodamiento de corriente mecánica, en el que el canal secundario tienen un hueco de más de 100 μm , preferentemente de alrededor de 300 μm hasta 700 μm , especialmente preferido de alrededor de 500 μm .

60 Se propone, alternativa y cumulativamente a lo anterior, que el flujo en los cojinetes radiales en funcionamiento representa entre el 5% y el 50%, preferiblemente entre el 10% y el 50%, sobre todo alrededor del 30% del flujo principal. Se ha demostrado que, en una regulación de flujo en este espectro, puede ser generada una reserva radial de corriente mecánica que sea suficiente para la rueda de paletas y puede ser evitado con seguridad el estancamiento del flujo en el canal secundario. Para una bomba de sangre son especialmente adecuados flujos de un volumen de entre 1 l/min y 10 l/min, especialmente alrededor de 5 l/min del flujo principal.

Se propone que el hueco anular sea realizado de tal forma que, en la rueda de paletas, radialmente centrada, no se produzca ningún contacto radial entre la rueda de paletas y una de las paredes que rodean la carcasa de la bomba. Independientemente de esto, una abertura de salida del canal secundario puede estar cubierta en dirección axial por medio de un saliente radial de la carcasa de la bomba. La ventaja de un hueco anular que gire alrededor de la rueda de paletas es el almacenamiento sin desgaste, con lo cual un saliente de la carcasa puede cubrir, de igual modo, la abertura de salida del canal secundario, que, pese a la abertura giratoria, el flujo principal no circula de forma incontrolada a través del canal secundario.

Además de los cojinetes radiales de corriente mecánica, se puede prever una limitación radial mecánica del hueco para la rueda de paletas.

Para el funcionamiento en bombas de sangre es especialmente adecuado un canal secundario con una longitud axial de entre 1 mm a 20 mm., preferiblemente de alrededor de 5 mm. Para las dimensiones de la rueda de paletas se propone un diámetro de entre 2 mm hasta 100 mm, preferiblemente de 15 mm a 25 mm, especialmente preferible de alrededor de 20 mm. Independientemente de esto, se propone que la rueda de paletas sea propulsada con un número de revoluciones de menos de 50.000 revoluciones por minuto, preferiblemente entre alrededor de 2000 a 10000 revoluciones por minuto, especialmente con alrededor de 5000 revoluciones por minuto.

Independientemente de esto, se propone que se disponga un dispositivo para aumentar la energía del flujo a través de un canal de flujo principal del líquido que fluye en la bomba entre una abertura de alimentación y una abertura de salida del canal secundario. De esta manera, puede producirse una fuerte bajada de presión entre la alimentación y la salida del canal secundario, lo que hace previsiblemente segura la dirección del flujo de líquido en el canal secundario. El dispositivo para el aumento de la energía del flujo puede ser, en particular, la propia rueda de paletas propulsada por rotación.

El efecto de centrado por medio de las fuerzas de restauración radiales en el cojinete radial de flujo mecánico puede ser apoyado por un acoplamiento magnético entre un motor y el impulsor. Un acoplamiento giratorio frontal axialmente atrayente entre la rueda de paletas y el motor comprende una rigidez en la desviación radial, la cual se esfuerza en centrar radialmente los imanes de acoplamiento en la rueda de paletas frente a los imanes en el motor. La actuación simultánea de las fuerzas de restauración radiales, por un lado, sobre el cojinete radial de flujo mecánico y, por otro, sobre el acoplamiento magnético, contribuye a una mayor estabilidad general y al buen funcionamiento de la rueda de paletas.

Mediante el aprovechamiento de este efecto en la zona de fuga de la bomba se puede conseguir la estabilización radial del rotor sin ningún tipo de rodamientos mecánicos. El aprovechamiento de las ya existentes e inevitables pérdidas internas de la bomba para garantizar la seguridad funcional hace especialmente rentable la propuesta innovadora. Este aspecto económico se pone aún más de relieve por medio del aprovechamiento las fuerzas ya existentes en un acoplamiento magnético. En este caso, la realización debe ser muy compacta, especialmente cuando un imán de rotor y un imán de estator del cojinete axial magnético incluyen espacialmente al menos una parte de un cojinete radial de flujo mecánico.

Para completar, hay que señalar que la presente invención funciona, sin objeción alguna, en un cojinete radial de flujo mecánico, también con canales estrechos de almacenamiento de acuerdo con la teoría hidrodinámica clásica de la lubricación. Para una bomba de sangre, sin embargo, se prefiere un hueco mayor, en especial de hasta 500 µm. En este sentido, la bomba según la presente invención presenta una solución especialmente fácil, fiable y económica para disponer de un almacenamiento de rotor muy cuidadoso con la sangre con la posibilidad de reemplazar todos los cojinetes mecánicos por un cojinete libre de contacto.

En una bomba con un cojinete axial magnético y un acoplamiento magnético entre la rueda de paletas y el motor, la rueda de paletas en funcionamiento adopta, en un flujo constante y un ajuste adecuado de los imanes y de la geometría del canal, un equilibrio axial entre, por un lado, un estado de inactividad no alterado en el cojinete axial magnético y, por otro, un estado de inactividad no alterado en el acoplamiento magnético. En una modificación temporal del flujo, por ejemplo, como resultado de un aumento de presión en un latido cardiaco en la aplicación médica de la bomba, se forma, por poco tiempo, más arriba de la bomba, una fuerza temporal diferente de la fuerza casi estática del flujo principal. La diferencia de fuerza altera el equilibrio axial de la rueda de paletas, de tal forma que la rueda de paletas adopte otra posición axial durante la duración del cambio de fuerza. La suspensión sin contacto de la rueda de paletas puede ser sometida a durante el funcionamiento de la bomba puede ser también sometida a desviación axial durante el funcionamiento de la bomba, con lo que tanto las desviaciones axiales como también las radiales son proporcionales a las fuerzas producidas por la rueda de paletas. En un ajuste adecuado, la rueda de paletas se mueve libre, durante el funcionamiento de la bomba, según las condiciones de revolución, presión y flujo, así como según los estímulos exteriores, por ejemplo, los que resulten de una caída del paciente, en el medio de bombeado en el interior de la carcasa de la bomba, sin llegar a entrar en contacto mecánico con la carcasa de la bomba.

El movimiento de la rueda de paletas en dirección axial es una medida para las fuerzas de flujo producidas en el rotor, las cuales resultan del curso de la presión del líquido que fluye. Por lo tanto, se propone, de forma alternativa y cumulativa a lo anterior, que la bomba incluya un sensor para el registro de medidas mayores del desplazamiento axial de la rueda de paletas.

5 El sensor puede registrar los movimientos axiales de la rueda de paletas, especialmente sin ningún tipo de contacto, en consecuencia de modo no invasivo, y por lo tanto proporcionar deducciones sobre el funcionamiento de la bomba. La distancia del desplazamiento medida por el sensor es proporcional a la distribución de la presión en el rotor y puede estar en correlación junto con las características hidráulicas de la bomba y con el flujo de la bomba. Para obtener una medición no invasiva, el sensor permanece preferiblemente fuera de la red de canales, más en concreto separado por un aislamiento de la red de alcantarillado. El sensor puede calcular el desplazamiento de la rueda de paletas, por ejemplo, de forma capacitiva, inductiva o resistiva. Por tanto, no es necesario un acceso directo a la red de canales.

15 En una realización preferida se dispone un dispositivo de análisis, que calcula en el interior de la bomba, a partir de los valores medidos de los sensores en combinación con los valores conocidos de número de revoluciones, tensión y flujo, la presión y/o la velocidad de flujo, en particular el índice volumétrico y, en el caso de las aplicaciones médicas, por ejemplo, el ritmo cardíaco y las indica en forma numérica o alfanumérica. A partir de las señales registradas por el sensor, se identifican alteraciones del ritmo cardíaco, como, por ejemplo, contracciones ventriculares prematuras o fibrilaciones ventriculares.

20 Es conveniente que la señal registrada de esta forma por el sensor se utilice como magnitud inicial para la regulación de la bomba conforme a las exigencias fisiológicas. También se puede utilizar con fines de diagnóstico en los pacientes.

25 De manera ventajosa, se puede renunciar completamente, en el uso de un sensor, a sensores independientes para la presión y para el flujo, que permanecen en contacto con la sangre y que, en su uso a largo plazo, se descontrolan. De esta forma, La bomba de sangre en su conjunto se hace, por un lado, en cuanto a uso a largo plazo en un paciente, más fiable y, al mismo tiempo, más fácil de manejar y en el control de la función de bombeo.

30 La invención se explica a continuación de acuerdo con un ejemplo de realización con referencia a los dibujos. Aquí se muestran:

35 Figura 1 una sección longitudinal de una bomba de sangre con un cojinete axial magnético y cojinete radial mecánico de flujo de un rotor combinados y con un sensor

Figura 2, la bomba de sangre de la figura 1 en una vista en sección parcial según la marcación II-II en la Figura 1 y

40 Figura 3, la bomba de sangre de las figuras 1 y 2 en una ampliación seccional de la sección longitudinal de la figura 1 con una marcación esquemática de las vías de flujo.

45 La bomba de sangre (1) de las figuras 1, 2 y 3 se compone esencialmente de una carcasa de la bomba (2) que tiene un canal de entrada (3) y un tubo de salida (4). En el interior de la carcasa de la bomba (2), se encuentra una rueda de paletas (5) en un espacio previsto a tal efecto (6), y, detrás de una cubierta de motor (7), un motor (8) para la propulsión de la rueda de paletas (5) por medio de un acoplamiento magnético (9, 10). Los imanes del acoplamiento del lado del motor (9) se encuentran en una zapata polar (11), que está dispuesta sobre un eje (12) del motor. Para accionar el motor (8), una línea de cable (13) se extiende hasta esto.

50 En la periferia del rotor (5) se dispone un manguito anular (14). El manguito anular (14) está conectado con las paletas (15) de un cuerpo central de paletas (16) de la rueda de paletas (5), de tal manera que una rotación del cuerpo central de paletas (16) alrededor de un eje de rotación (17), provoca, simultáneamente, una rotación igual del manguito anular (14) alrededor del eje de rotación (17). En un extremo (19) de la rueda de paletas (5), ascendente en relación con una dirección de flujo prevista (18), se encuentran dos anillos magnéticos permanentes (20, 21) dispuestos sobre esta altura axial. Un imán de estator (20) se integra en una pared (22) de la carcasa de bomba; un imán de rotor (21) se integra en el manguito anular (14) de la rueda de paletas (5) de forma concéntrica con los imanes del estator (20) y en idéntica extensión axial. El estator (20) y el rotor (21) están magnetizados en dirección axial, por lo que el estator es magnetizado de forma opuesta al rotor (identificación de los polos magnéticos desde "N" a "S" respectivamente). Cabe señalar, que también podrían ser instalados en las diferentes longitudes de su extensión axial del imán del estator y del imán del rotor. De esta forma, puede ser ampliada la zona de estabilidad del almacenamiento.

60 Los anillos magnéticos, orientados de forma opuesta, de estator (20) y rotor (21) actúan como un cojinete axial magnético. Los imanes de acoplamiento (9, 10) se atraen de forma recíproca, de modo que se ejerce una fuerza sobre la rueda de paletas (5), que acelera la rueda de paletas (5) hacia la cubierta del motor (7). Simultáneamente, un tal desplazamiento correría el rotor (21) contra el estator (22) en una dirección de desviación (23). A causa de esto, se alejan el Polo Sur del rotor del Polo Norte del estator así como el Polo Norte del rotor del Polo Sur del

estator y, simultáneamente, se acerca el Polo Sur del rotor al Polo Sur del estator. A consecuencia de esto, los anillos magnéticos permanentes del estator (20) y del rotor (21) ejercen una fuerza en una dirección de restauración axial (24). La fuerza restauradora axial (24) es dirigida en dirección opuesta a la desviación (23) a través de los imanes de acoplamiento (9, 10). En este sentido, los anillos magnéticos permanentes del estator (20) y rotor (21) actúan como un cojinete axial magnético (25) contra un desplazamiento axial de la rueda de paletas (5).

La fuerza restauradora (24) se hace cada vez mayor con el creciente desplazamiento del rotor (21) contra el estator (20), hasta que dicha fuerza de restauración alcanza un máximo, en donde ambos Polos Sur del estator (20) y del rotor (21) vienen a encontrarse entre sí. Un hueco del cojinete descendente (26) es calculado de forma tan estrecha, que ambos Polos Sur del rotor (21) y del estator (20) no podrían venir al encuentro entre sí. Por tanto, el cojinete axial magnético (25) también puede ser llevado a través de influencias mecánicas sobre el impulsor (5) no desde su posición estable.

Como consecuencia de la fuerza de atracción entre los imanes de acoplamiento (9, 10), el impulsor (5) adopta una posición de equilibrio (no mostrada en el dibujo), en la que el impulsor (5) adopta y mantiene un desplazamiento (23) frente a una posición de partida no influida (mostrada en el dibujo) del cojinete axial magnético (25). La posición de equilibrio axial está alejada del canal de entrada (13), por tanto, en posición "descendente", en el vocabulario usado en la presente memoria.

Mientras que la rueda de paletas (5) permanece axialmente sin contacto en el interior de la carcasa (2), el manguito anular (14), mientras que la bomba (1) está inactiva, permanece, en posición lateral en la pared (22) de la carcasa (2), con lo que el estator (20) y el rotor (21) no podrían conseguir, además, una posición estable en dirección axial hacia la posición sin contacto magnética axial. Más bien la rueda de paletas (5) se desvía radialmente, hasta que se ajusta por medio del contacto del manguito anular en la pared de la carcasa (22). Esta situación radialmente excéntrica se limita mecánicamente por la periferia del cojinete axial magnético por medio de la desigual separación del rotor (21) al estator (20). En el área del acoplamiento magnético (9, 10) entre la rueda de paletas (5) y el motor (8), no permanece más la rueda de paletas (5) en la carcasa (2), pues el manguito anular (14) de esta salida se escaria hasta formar un canal de flujo de forma anular (27). El canal de flujo se conduce por una pared del motor hasta la pieza de empalme del drenaje (4).

Por medio del posicionamiento estable radial de la rueda de paletas (5) en el acoplamiento magnético (9, 10) en la posición excéntrica, igualmente estable, de la rueda de paletas (5) en el acoplamiento axial magnético (25), la rueda de paletas está ligeramente desviada frente al eje rotatorio (17) – además de hacia un ligero desplazamiento paralelo. Esto también produce un ligero desplazamiento del polo entre el estator (20) y el rotor (21), de tal forma que se ejerce, por parte del cojinete axial magnético (25), ya en situación excéntrica estable, una ligera fuerza restauradora sobre la rueda de paletas (5). A consecuencia de esto, se consigue una pequeña fuerza centradora adicional para poder centrar el manguito anular (14) de la rueda de paletas (5), de nuevo, sin contacto, en el interior de las paredes de la carcasa (22).

Durante el funcionamiento de la bomba, el motor (8) impulsa la rueda de paletas (5), sobre el acoplamiento magnético (9, 10) a una rotación sobre el eje giratorio (17). La sangre circulante fluye en una corriente principal (29) de alrededor de 5 l/min por medio de la rueda de paletas (5) hacia el canal de flujo principal (27) y por medio del empalme de salida (4) desde la bomba de sangre (1). En el interior de la rueda de paletas (5), la sangre se desvía hacia el exterior en el cuerpo de paletas principal (16) y en su transcurso sobre las paletas (15) acelera hacia el exterior, de tal forma que ésta sale en un flujo descendente (30) de la rueda de paletas en dirección diagonal y con una altura energética significativamente mayor. A través de una abertura de alimentación (31) entre el manguito anular (14) y la pared de la carcasa (22) en el flujo descendente (30) de la rueda de paletas (5) la sangre se dirige en una corriente del cojinete (32) de forma ascendente hacia una abertura de salida (33) del canal del cojinete (32) y, desde allí, se dirige de nuevo a la corriente superior (29) hasta la rueda de paletas (5). La diferencia de presión entre la abertura de alimentación (31) y la abertura de salida (33) del canal del cojinete (32) es tan grande, que alrededor de dos quintos y, por tanto, alrededor de 2 l/min de flujo sanguíneo son apartados como flujo de fuga y, por tanto, entre el manguito anular (14) y las paredes de la carcasa, fluyen en dirección inversa. Al mismo tiempo, se construye un cojinete radial mecánico de flujo en el hueco del cojinete (32) y, por tanto, entre el cojinete axial magnético (25). El cojinete axial magnético (25) está dispuesto, en combinación con el cojinete radial mecánico de flujo, en posición ascendente en relación con las paletas (15), para tener un efecto de palanca especialmente bueno para la fuerza de restauración. El cojinete axial magnético está tan fuertemente dimensionado que tanto la fuerza de atracción del acoplamiento (9, 10) en la dirección 23 como también la fuerza oscilatoria generada por el flujo en la dirección 24 no compensan la fuerza del cojinete axial entre los anillos magnéticos (20, 21). Por lo tanto, una posición de equilibrio sin contacto axial de la rueda de paletas (5) en el interior de la carcasa (2) se adapta también en el flujo de la rueda de paletas (5) con sangre. Esta posición de equilibrio en funcionamiento se ve desplazada, de forma ascendente o descendente, contra la posición de equilibrio en estado de inactividad de la rueda de paletas (5) sólo hasta cierto punto (no mostrado en el dibujo). En una oscilación del flujo de entrada (29), la rueda de paletas (5) experimenta una desviación axial a corto plazo y con la correspondiente fluctuación de la corriente. Sin embargo, permanece sin contacto axial con la carcasa (2) y

la cubierta del motor (7) en todos los estados de presión y flujo esperables en la utilización como bomba de sangre.

- 5 Por medio del cojinete radial mecánico de flujo (32), el manguito anular (14), al ponerse en marcha la rueda de paletas (5), se aleja directamente de las paredes de la carcasa (22) y adopta una posición estable, completamente sin contacto con la carcasa (2), también en relación radial. En esta situación, la rueda de paletas (5) se posiciona, estable en su rotación, en la carcasa de la bomba (2), sin contacto entre dicha rueda de paletas (5) y la carcasa (2), por medio del cojinete axial magnético (25) y del cojinete radial mecánico de flujo (32). En la periferia de la
- 10 rueda de paletas (5), un cojinete radial (32) y axial (25) combinado, presente en la periferia del manguito anular (14), estabiliza, por tanto, dicha rueda de paletas (5). Se evita con seguridad un daño arterial y la formación de trombos, porque el rodamiento mecánico de flujo (32) tiene un hueco de alrededor de 500 µm y no se forman, en ninguna parte, zonas muertas de flujo. Por ello, se disponen en el cuerpo central de paletas (16), entre otras cosas, también orificios de lavado (34) y un flujo de lavado (35) forzado por los mismos.
- 15 Se dispone además, en la pared (22) de la carcasa (2), un sensor (40), que registra un desplazamiento radial y axial de la rueda de paletas (5) muy sutilmente, cuando la rueda de paletas (5) se desplaza axial y/o radialmente en la carcasa (2). Por medio de la señal del sensor (40) se determina la posición exacta de la rueda de paletas (5) en la carcasa (2). Esto permite una deducción directa de las condiciones de flujo de la sangre a través de la bomba de sangre (1) y, por tanto, del estado de funcionamiento de la bomba. Así, pueden ser conocidos, por
- 20 ejemplo, el ritmo cardíaco de un paciente y las anomalías del latido cardíaco causadas por influencias externas en las fuerzas que actúan sobre el paciente, mediante los valores de medición del sensor (40).

DOCUMENTOS DE PATENTE CITADOS EN LA DESCRIPCIÓN

- 25 • Patente estadounidense US 6116862 A
 • Patente europea EP 0904117 B1
 • Patente alemana DE 10016422 A1
 • Patente europea EP 0599138 A2
- 30 • Patente estadounidense US 5840070 A
 • Patente alemana DE 2618829 A1
 • Patente alemana DE 29821565 U1
 • Patente estadounidense US 5385581 A
 • Patente estadounidense US 5112200 A
 • Patente estadounidense US 5211546 A
- 35 • Patente estadounidense US 6227817 B1
 • Patente europea EP 0900572 A1
 • Patente estadounidense US 5470208 B
 • Patente japonesa JP 2002315824 A

REIVINDICACIONES

1. Una bomba de sangre (1) con una rueda de paletas (5) con un eje de rotación (17) en una carcasa de bomba (2, 3) y con un canal de flujo axial (8) hacia la rueda de paletas (5), estando instalada la rueda de paletas (5) a través de un rodamiento axial magnético (25) y un soporte radial hidrodinámico (14, 32) sin entrar en contacto con la carcasa durante su funcionamiento (2, 3), caracterizado porque un imán del rotor (21) del rodamiento axial magnético (5) y el rodamiento radial hidrodinámico (14) se combinan en un manguito anular (14) alrededor de la rueda de paletas (5) y el manguito anular (14) está separado de la propulsión.
2. La bomba de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizada porque el rodamiento axial ejerce una fuerza basculante restauradora contra una inclinación de la rueda de paletas con respecto al plano normal en relación al eje principal, un imán de rotor y un imán de estator de un rodamiento axial magnético estando preferentemente magnetizado en dirección axial, y teniendo una orientación opuesta.
3. La bomba de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque una desviación, axialmente descendente, de la rueda de paletas a partir de un equilibrio axial provoca una fuerza restauradora que actúa contra la desviación, más concretamente, en la medida en que la desviación axial no supera 1 mm., preferiblemente 3 mm., más preferiblemente 5 mm.
4. La bomba de acuerdo a una de las reivindicaciones antes mencionadas, caracterizada porque mientras está inactiva y durante su funcionamiento, la rueda de paletas no está en contacto axial con la carcasa de la bomba.
5. La bomba de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque, mientras está inactiva, la rueda de paletas se apoya radialmente sobre la carcasa de la bomba, pero está radialmente separada de la carcasa de la bomba durante el funcionamiento.
6. La bomba de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por tener un canal de flujo principal axial y/o diagonalmente axial a través de la rueda de paletas y un canal de flujo axial hacia la rueda de paletas y, además, un canal secundario con una apertura de alimentación y una apertura de salida, estando orientada la apertura de salida hacia el canal de flujo y un flujo de rodamiento funcionando sustancialmente en una orientación opuesta al flujo principal durante el funcionamiento, siendo el canal secundario, preferiblemente, un espacio anular alrededor de la rueda de paletas.
7. La bomba de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque una apertura de salida de un canal secundario está cubierta en una dirección axial por una protuberancia radial de una carcasa de bomba.
8. La bomba de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque un rodamiento axial magnético está dispuesto hacia arriba de las paletas de la rueda de paletas.
9. La bomba de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque un dispositivo de procesamiento para calcular, respectivamente, detección de la presión, índice de flujo, frecuencia de fluctuación de flujo y/o anomalías en la fluctuación del flujo, así como tensiones externas en el paciente por medio de los valores medidos por un sensor.



