

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 986 599**

51 Int. Cl.:

A61M 60/117 (2011.01)

A61M 60/13 (2011.01)

A61M 60/237 (2011.01)

A61M 60/806 (2011.01)

A61M 60/825 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2015** **E 20206855 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2024** **EP 3821938**

54 Título: **Bomba de sangre**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.11.2024

73 Titular/es:

ABIOMED EUROPE GMBH (100.0%)
Neuenhofer Weg 3
52074 Aachen, DE

72 Inventor/es:

SIESS, THORSTEN y
ABOULHOSN, WALID

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 986 599 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 de sangre

5 ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

La presente invención se refiere a bombas de sangre para ser implantadas en un paciente para ayudar al corazón del paciente. En concreto, la bomba de sangre se puede utilizar como un dispositivo de “puente a la recuperación”, mediante el cual la bomba de sangre ayuda temporalmente al corazón del paciente hasta que se haya recuperado lo suficiente.

Se conocen bombas de sangre de diferentes tipos, tales como bombas de sangre axiales, bombas de sangre centrífugas o bombas de sangre de tipo mixto, en las que el flujo sanguíneo es provocado por fuerzas tanto axiales como radiales. Se pueden introducir bombas de sangre en un vaso del paciente, tal como la aorta, por medio de un catéter, o se pueden colocar en la cavidad torácica. Una bomba de sangre comprende habitualmente un alojamiento de la bomba que tiene una entrada de flujo sanguíneo y una salida de flujo sanguíneo conectadas por un paso. Con el fin de provocar un flujo sanguíneo a lo largo del paso de la entrada de flujo sanguíneo a la salida de flujo sanguíneo, un impulsor está soportado de manera giratoria en el interior del alojamiento de la bomba, estando el impulsor dotado de palas para transportar sangre.

El impulsor está soportado en el interior del alojamiento de la bomba por medio, como mínimo, de un cojinete que puede ser de diferentes tipos, dependiendo de la utilización prevista de la bomba de sangre, por ejemplo, si la bomba de sangre está diseñada solo para una utilización a corto plazo (unas horas o unos días) o una utilización a largo plazo (semanas o años). Se conocen una variedad de cojinetes, tales como los cojinetes de tipo contacto y los cojinetes sin contacto. En los cojinetes sin contacto, las superficies de los cojinetes no están en contacto entre sí, por ejemplo, en los cojinetes magnéticos, en los que la superficie del cojinete “levita” debido a las fuerzas magnéticas de repulsión. En general, los cojinetes de tipo contacto pueden incluir todos los tipos de cojinetes en los que las superficies de los cojinetes pueden entrar en contacto, como mínimo parcialmente, en cualquier momento (es decir, siempre o de manera intermitente) durante el funcionamiento de la bomba, por ejemplo, en los cojinetes de deslizamiento, los cojinetes de pivotamiento, los cojinetes hidrodinámicos, los cojinetes hidrostáticos, los cojinetes de bolas, etc. o cualquier combinación de los mismos. En concreto, los cojinetes de tipo contacto pueden ser “cojinetes sumergidos en la sangre”, en los que las superficies de los cojinetes están en contacto con la sangre. Los cojinetes de tipo contacto pueden calentarse durante la utilización y están sujetos a desgaste mecánico causado por el contacto de la superficie del cojinete giratorio y la superficie del cojinete estático durante el funcionamiento de la bomba. Es deseable suministrar un fluido refrigerante al cojinete, tal como la propia sangre. En los cojinetes de tipo sin contacto, las superficies de los cojinetes no tienen contacto físico, sino que están separadas por una holgura, que está en conexión de fluido con el paso o con otro suministro de fluido. Asimismo, otras holguras entre el impulsor y el alojamiento de la bomba deben ser lavadas para evitar la coagulación de la sangre y una obstrucción, por ejemplo, en la cara delantera aguas abajo del impulsor.

Disposiciones para enjuagar holguras o superficies de cojinetes en el interior de una bomba de sangre se dan a conocer, por ejemplo, en la Patente US 2011/0238172 A1. Los canales de lavado se extienden a través del impulsor y están en comunicación de fluido con el paso y la holgura a través de la primera y segunda aberturas. La distribución de presión en el alojamiento de la bomba, donde la presión aumenta a lo largo del impulsor en un sentido aguas abajo, da lugar a un flujo sanguíneo a través de la holgura y del canal de lavado, entrando la sangre en la holgura en un extremo aguas abajo del impulsor y fluyendo a través del canal de lavado hacia una zona del paso con menor presión. Este flujo de lavado tiene el inconveniente de depender de la velocidad de rotación del impulsor, dado que se tiene que crear una diferencia de presión para provocar el flujo sanguíneo. También se deben vencer otras fuerzas, tales como las fuerzas centrífugas y una fuerza contraria debida al sentido hacia atrás del flujo de lavado. En otra realización dada a conocer en la Patente US 2011/0238172 A1, en la que el impulsor está soportado en el alojamiento de la bomba por un cojinete hidrodinámico, la abertura de entrada del canal de lavado está dispuesta en el extremo aguas arriba del impulsor. Unas palas secundarias están dispuestas en el extremo aguas abajo del impulsor, para provocar un flujo de lavado a través del canal de lavado y de la holgura en la dirección de una zona de baja presión a una zona de mayor presión. La Patente WO 94/09274 A1 da a conocer una bomba de sangre en la que un impulsor giratorio está soportado en un cuerpo envolvente de la bomba mediante cojinetes de fluido durante el funcionamiento. El movimiento de rotación del impulsor se consigue con un motor invertido para accionar magnéticamente el impulsor y mantener una posición de funcionamiento axial del impulsor con respecto al cuerpo envolvente. La Patente WO 2013/185073A1 da a conocer un corazón artificial con una bomba. El corazón artificial incluye un impulsor dispuesto en un cuerpo envolvente. El impulsor está configurado para girar para hacer circular sangre a través del cuerpo envolvente e incluye un conjunto de palas en un primer lado del impulsor y un conjunto de paletas en un segundo lado opuesto al primer lado. Las palas y paletas permiten la circulación sanguínea desde ambos lados.

CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION

Por lo tanto, un objetivo principal de la presente invención es dar a conocer una bomba de sangre en la que se evita de manera eficaz el estancamiento del flujo sanguíneo y la coagulación de la sangre y la obstrucción en las holguras entre las partes giratorias y las partes estáticas de la bomba de sangre, en concreto entre las partes estáticas y las partes giratorias del cojinete o del impulsor y el alojamiento de la bomba, en concreto independientemente de la velocidad de rotación o de las condiciones de funcionamiento de la bomba. Otro objetivo de la presente invención es dar a conocer una bomba de sangre en la que las holguras pueden ser lavadas de manera eficaz. Otro objetivo más de la presente invención es dar a conocer una bomba de sangre que permite una refrigeración eficaz de un cojinete de tipo contacto

El objetivo principal se consigue, según la presente invención, mediante una bomba de sangre con las características de la reivindicación independiente 1. Realizaciones preferentes y otros desarrollos de la invención se especifican en las reivindicaciones dependientes de la misma.

Al igual que las bombas de sangre conocidas, la bomba de sangre según la invención comprende un alojamiento de la bomba que tiene una entrada de flujo sanguíneo y una salida de flujo sanguíneo conectadas por un paso. Se puede comprender que el alojamiento de la bomba comprende todas las partes estáticas de la bomba de sangre. Un impulsor o rotor está dispuesto en dicho alojamiento de la bomba de manera que pueda girar alrededor de un eje de rotación, que puede ser el eje longitudinal del impulsor, en el que el impulsor está dotado de palas dimensionadas y conformadas para transportar sangre a lo largo del paso de la entrada de flujo sanguíneo a la salida de flujo sanguíneo. Como mínimo, un cojinete está dispuesto para soportar de manera giratoria el impulsor. Una superficie del impulsor está orientada hacia una superficie del alojamiento de la bomba separado de dicha superficie del impulsor por una holgura, donde la holgura es una conexión de fluido con el paso en un punto de transición de la holgura. Con el fin de permitir que la holgura sea lavada, como mínimo, un canal de lavado se extiende a través del impulsor y está en conexión de fluido con el paso a través de una primera abertura y con la holgura a través de una segunda abertura.

En contraste con las bombas de sangre conocidas, la primera abertura del canal de lavado está dispuesta en una zona del impulsor que, durante el funcionamiento de la bomba, está bajo una presión mayor que el punto de transición de la holgura para provocar un flujo sanguíneo desde la primera abertura a través del canal de lavado y la holgura hasta el punto de transición de la holgura. En otras palabras, el flujo de lavado se dirige en sentido "hacia adelante", es decir, en sentido hacia la salida de flujo sanguíneo del alojamiento de la bomba, porque la primera abertura del canal de lavado, es decir, una abertura de entrada del canal de lavado, está en una zona de alta presión del impulsor, mientras que el punto de transición de la holgura está, por ejemplo, en el lado aguas abajo del impulsor, donde la presión es menor. Por lo tanto, utilizando esta diferencia de presión, en concreto el gradiente de presión local en el interior del canal de lavado, que se produce durante el funcionamiento de la bomba de sangre, se crea un lavado de flujo hacia adelante. Esto tiene la ventaja de que la diferencia de presión necesaria está presente en cualquier momento durante el funcionamiento de la bomba, independientemente de la velocidad de rotación y las condiciones de funcionamiento (por ejemplo, precarga, poscarga, magnitud del flujo principal hacia adelante), en concreto también al inicio del funcionamiento, cuando se inicia la rotación del impulsor y la velocidad de rotación es baja, en concreto por debajo de la velocidad de diseño de la bomba de sangre. Por el contrario, en bombas de sangre conocidas, en las que el flujo de lavado se dirige en sentido "hacia atrás", se tiene que acumular una diferencia de presión, lo que lleva algún tiempo durante el cual el flujo de lavado es lento o se puede estancar. Esto puede provocar la coagulación de la sangre y una obstrucción en la holgura o en el canal de lavado o ambos. Además, un flujo de retorno tiene que vencer las fuerzas causadas por la dirección principal del flujo, que también puede conducir al estancamiento del flujo de lavado y, en consecuencia, a coagulación de la sangre y obstrucción. Según la presente invención, un flujo de lavado en sentido "hacia adelante" está presente durante todo el tiempo de funcionamiento de la bomba de sangre, en concreto, utilizando la distribución de presión en el interior del alojamiento de la bomba durante el funcionamiento de la bomba. Este flujo puede ser aumentado más mediante una bomba secundaria tal como se describe con más detalle a continuación. Se apreciará, no obstante, que dicha bomba secundaria no es necesaria para la funcionalidad de la presente invención.

En una realización preferida, la primera abertura del canal de lavado puede estar dispuesta en una mitad aguas abajo del impulsor. Durante el funcionamiento de la bomba, la presión aumenta a lo largo de la longitud del impulsor, en concreto en una zona en la que están dispuestas las palas del impulsor. Por lo tanto, en la mitad aguas abajo del impulsor, hay una presión mayor que en la mitad aguas arriba del impulsor. Puesto que, según la invención, se necesita una alta presión en la primera abertura del canal de lavado, más específicamente una mayor presión que en el punto de transición de la holgura, es preferente colocar la primera abertura en la mitad aguas abajo del impulsor. Más preferentemente, la primera abertura puede estar dispuesta en un tercio aguas abajo, un cuarto aguas abajo o un quinto aguas abajo del impulsor. En concreto, es ventajoso disponer la primera abertura lo más cerca posible del extremo aguas abajo del impulsor, por ejemplo, en el último 10 por ciento de la longitud del impulsor en el sentido aguas abajo.

En términos de la distribución de presión, la primera abertura del canal de lavado está dispuesta preferentemente en una zona del impulsor en la que, durante el funcionamiento de la bomba, la presión es mayor que una presión media con respecto a una distribución de presión a lo largo de una longitud del paso donde está situado el impulsor, más preferentemente donde la presión es sustancialmente la presión máxima.

Una diferencia de presión elevada entre la primera abertura del canal de lavado y el punto de transición de la holgura mejora el flujo de lavado desde la primera abertura del canal de lavado hasta el punto de transición de la holgura.

Con el fin de mejorar más el flujo de lavado, las palas pueden tener una forma específica para soportar la distribución de presión mencionada anteriormente en el interior de la bomba, en concreto para crear una alta presión en la primera abertura del canal de lavado. El flujo de lavado se puede mejorar más disponiendo una bomba secundaria que está asociada operativamente con el canal de lavado para bombear sangre a través del canal de lavado hacia el punto de transición de la holgura. La bomba secundaria puede estar formada, como mínimo parcialmente, por dicho, como mínimo, un canal de lavado, donde el canal de lavado se extiende a través del impulsor a lo largo de una dirección que tiene, como mínimo, una componente direccional tangencial. En otras palabras, la segunda bomba puede estar formada concretamente, como mínimo parcialmente, por dicho, como mínimo, un canal de lavado en sí mismo, que puede estar dimensionado, conformado y dispuesto para bombear sangre a través del canal de lavado hacia el cojinete. El flujo de lavado se puede denominar, por consiguiente, flujo de lavado activo.

El flujo de lavado activo es especialmente útil para refrigerar un cojinete de tipo contacto o un cojinete "sumergido en la sangre", puesto que la cantidad de sangre que se entrega al cojinete para lavar y refrigerar el cojinete aumenta en comparación con una bomba sin una bomba secundaria. La refrigeración del cojinete se puede mejorar más disipando de manera efectiva el calor de las superficies de los cojinetes. Para este propósito, el cojinete puede comprender un material altamente conductor, tal como acero inoxidable, que puede disipar el calor mejor que, por ejemplo, cerámica o titanio. Puede ser ventajoso proporcionar un cojinete como mínimo con dos componentes, en concreto cuando la superficie del cojinete está fabricada de un material liso y resistente, tal como cerámica, por ejemplo, dispuesto en forma de una tapa de cerámica, mientras que una parte del cojinete orientada en la dirección opuesta a la superficie del cojinete puede estar fabricada de un material altamente conductor, tal como acero inoxidable.

En una realización, el canal de lavado se puede extender linealmente a través del impulsor y estar desplazado con respecto al eje de rotación. En concreto, el canal de lavado se puede extender en un plano paralelo al eje de rotación. Proporcionando una disposición que tiene canales de lavado lineales que están desviados con respecto al eje de rotación, es decir, no se cruzan con el eje de rotación, es posible provocar un flujo de lavado activo a través del canal de lavado.

En otra realización, el canal de lavado puede ser curvo y extenderse desde la primera abertura en una dirección alrededor del eje de rotación, en concreto a lo largo de una forma de espiral. Una forma de espiral se debe entender como cualquier forma curva, espiral, helicoidal o curvada de otro modo en una dirección alrededor del eje de rotación en cualquier longitud. Dicha forma es ventajosa porque puede soportar un flujo de lavado.

Preferentemente, el canal de lavado se extiende desde la primera abertura en un ángulo con respecto a una superficie del impulsor en una dirección circunferencial opuesta al sentido de rotación. En concreto, en contraste con un canal de lavado que se extiende perpendicularmente a la superficie del impulsor, una abertura de entrada en ángulo facilita la entrada de sangre en el canal de lavado y aumenta el caudal a través del canal de lavado. Este efecto se puede mejorar más eligiendo un ángulo apropiado. Por ejemplo, el ángulo puede ser menor de 20°, preferentemente menor de 15°, más preferentemente menor de 10°. El canal de lavado se puede extender desde la primera abertura en una dirección sustancialmente tangencial con respecto a una superficie del impulsor, en otras palabras, en un ángulo muy pequeño con respecto a la superficie del impulsor. No obstante, es importante que el ángulo esté en un sentido circunferencial opuesto al sentido de rotación, en otras palabras, que la primera abertura se abra en el sentido de rotación para aumentar la cantidad de sangre que fluye a través del canal de lavado en comparación con una disposición en la que el canal de lavado se extiende perpendicularmente a la superficie del impulsor.

En una realización, la distancia entre la segunda abertura y el eje de rotación es menor o igual que la distancia entre la primera abertura y el eje de rotación. En otras palabras, en un sentido aguas abajo, el canal de lavado se extiende en una dirección hacia el eje de rotación. Preferentemente, para reducir las fuerzas centrífugas que tienen que ser superadas por el flujo de lavado en el interior del canal de lavado, la distancia entre la primera abertura y el eje de rotación es lo más pequeña posible. En otras palabras, la distancia entre la primera abertura y la segunda abertura en una dirección radial hacia el interior debe ser lo más pequeña posible. Es preferente, además, que la distancia entre el eje de rotación y la primera abertura sea significativamente menor que la distancia entre el eje de rotación y un punto en el que el flujo de lavado sale al paso, por ejemplo, la mitad (50 %) o menos de la mitad, menos del 40 % o incluso menos del 30 %. Esta disposición se puede mejorar, es decir, la distancia entre la primera abertura y el punto en el que el flujo de

lavado sale hacia el paso se puede aumentar en bombas de sangre centrífugas en comparación con bombas de sangre de tipo axial o mixto.

El impulsor puede comprender una abertura central que se extiende a lo largo del eje de rotación y que aloja el cojinete, donde la segunda abertura está en conexión de fluido con la abertura central. Además, el canal de lavado se puede dirigir hacia el eje de rotación sustancialmente en una dirección radial en la segunda abertura. Esto puede mejorar el enjuague del cojinete y, por lo tanto, la refrigeración del cojinete.

Preferentemente, la primera abertura del canal de lavado está dispuesta adyacente a una de las palas del impulsor en un lado delantero de la pala con respecto al sentido de rotación (denominado, en general, lado de presión positiva de la pala). En esta zona, la presión es mayor, en concreto, en comparación con una zona en el lado posterior de la pala (denominado, en general, el lado de presión negativa de la pala), de tal manera que se puede mejorar el flujo de lavado activo a través del canal de lavado. En una realización, la primera abertura puede estar dispuesta en el lado delantero de la pala, mientras que la segunda abertura puede estar dispuesta en el lado posterior de la pala, es decir, ambas aberturas están dispuestas en una superficie radialmente exterior del impulsor y el canal de lavado se extiende por debajo de la pala, y la cruza. En otra realización, el canal de lavado se puede extender en el interior de la pala, por lo que la primera abertura está dispuesta en el lado delantero de la pala y la segunda abertura está dispuesta en la pala, en concreto en un borde radialmente exterior de la pala. Se debe entender que el canal de lavado está en comunicación de fluido con las zonas a ser lavadas.

Tal como se ha explicado, el rendimiento o la salida de la bomba secundaria se puede mejorar mediante una disposición específica del canal de lavado a través del impulsor, por ejemplo, un canal de lavado lineal o curvo, que se puede extender en un ángulo con respecto a la superficie del impulsor. El rendimiento de la bomba secundaria se puede mejorar más mediante la sección transversal de la primera abertura del canal de lavado. La sección transversal de la primera abertura puede ser circular o no circular. En caso de que el canal de lavado tenga una sección transversal circular y se extienda en un ángulo con respecto a la superficie del impulsor, esto tendrá como resultado una sección transversal no circular, tal como una sección transversal elíptica. En una realización, la primera abertura puede estar formada por una parte extrema del canal de lavado que está expuesta, como mínimo parcialmente, debido a una inclinación del canal de lavado con respecto a una superficie del impulsor. En otras palabras, la primera abertura puede ser alargada en la superficie del impulsor, lo que puede aumentar más la cantidad de sangre que entra en el canal de lavado durante el funcionamiento de la bomba de sangre.

En concreto, un saliente se extiende hacia la primera abertura del canal de lavado, estando dimensionado y conformado para aumentar el flujo sanguíneo a través de la primera abertura en el canal de lavado, en comparación con una sección transversal de la primera abertura sin el saliente. La forma de la primera abertura sin el saliente puede ser circular o no circular. El saliente puede estar dispuesto en un lado hacia atrás de la primera abertura con respecto al sentido de rotación, de tal manera que actúa como una "superficie aerodinámica" para favorecer la entrada de sangre en la primera abertura y mejorar de este modo el rendimiento de la bomba secundaria. Alternativa o adicionalmente, el impulsor comprende, por lo menos, un ala que se extiende radialmente desde el mismo y que está dispuesta adyacente y detrás de la primera abertura del canal de lavado con respecto al sentido de rotación. En una realización, el ala se extiende sobre la primera abertura del canal de lavado y se abre en el sentido de rotación para permitir que la sangre entre en la primera abertura. El ala forma una bolsa que recoge sangre durante la rotación del impulsor y dirige la sangre recogida hacia la primera abertura. Con el fin de conseguir un efecto similar, el impulsor puede comprender un morro o saliente que comprende la primera abertura de tal manera que la sección transversal de la primera abertura se extiende en un ángulo con respecto a la superficie del impulsor, preferentemente un ángulo mayor de 45°, más preferentemente un ángulo de 90°, y se abre en el sentido de rotación. Esto puede aumentar significativamente la cantidad de sangre que fluye hacia el canal de lavado.

Preferentemente, la bomba de sangre comprende dos o más de los canales de lavado descritos anteriormente, que pueden estar dispuestos simétricamente con respecto al eje de rotación. En concreto, la bomba de sangre puede comprender dos, tres, cuatro, cinco o seis canales de lavado.

Además del tamaño, forma y disposición de los canales de lavado que forman, como mínimo parte, de la bomba secundaria, la bomba secundaria puede comprender, además, ranuras o palas formadas en una superficie del impulsor. Dichas ranuras o palas secundarias pueden estar dispuestas en una cara delantera aguas abajo del impulsor para soportar el flujo sanguíneo a través del canal de lavado hacia el cojinete.

En una realización, el impulsor puede tener una parte en un sentido aguas abajo que se extiende radialmente hacia el exterior, estando dispuesta la primera abertura del canal de lavado en dicha parte. En concreto, dicha parte se estrecha cónicamente radialmente hacia el exterior en un sentido aguas abajo. La parte puede estar formada integralmente con el impulsor o estar formada por separado. El rendimiento de la bomba secundaria se puede incrementar más disponiendo la primera abertura en una parte del impulsor que se extiende radialmente, de tal manera que está dirigida en sentido opuesto al sentido principal del flujo sanguíneo a

través del paso. La primera abertura puede recoger más sangre y mejorar el rendimiento de la bomba secundaria. Las palas del impulsor se pueden extender sobre dicha parte.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

El resumen anterior, así como la siguiente descripción detallada de realizaciones preferentes, se comprenderán mejor cuando se lean junto con los dibujos adjuntos. Con el fin de ilustrar la presente invención, se hace referencia a los dibujos. No obstante, el alcance de la invención no está limitado a las realizaciones específicas descritas en los dibujos. En los dibujos:

la figura 1 muestra una vista, en sección transversal, de una bomba de sangre, según la invención, para utilización extracardíaca;

la figura 2 muestra una vista, en sección transversal, de una bomba de sangre, según la invención, diseñada como bomba de catéter;

la figura 3 muestra una vista, en perspectiva, de un impulsor;

las figuras 4a a 4d muestran diferentes vistas de una parte de un impulsor;

las figuras 5a y 5b muestran otras realizaciones de un impulsor;

las figuras 6a y 6b muestran otras realizaciones de una parte de un impulsor;

la figura 7 muestra una vista, en sección transversal, de una parte de una bomba de sangre, según otra realización;

la figura 8 muestra una vista, en sección transversal, de una parte de un impulsor, según otra realización;

la figura 9 muestra una vista, en sección transversal, de una parte de un impulsor, según otra realización;

la figura 10 muestra una vista, en sección transversal, de una parte de un impulsor, según otra realización más;

la figura 11 muestra una vista, en sección transversal, de una parte de una bomba de sangre, según otra realización;

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Haciendo referencia a la figura 1, se muestra una vista, en sección transversal, de una bomba de sangre 1. La bomba de sangre 1 está diseñada para utilización extracorpórea, extracardíaca o extraluminal y comprende un alojamiento 2 de la bomba con una entrada de flujo sanguíneo 5 y una salida de flujo sanguíneo 6. Durante el funcionamiento, el alojamiento 2 de la bomba se coloca fuera del cuerpo del paciente (en concreto, entrada desde el corazón y salida hacia la aorta). La figura 2 muestra una realización similar a la de la figura 1, con la diferencia de que está diseñada como una bomba 1' de catéter. La entrada de flujo sanguíneo 5' está en el extremo de una cánula flexible 50 que se coloca a través de una válvula cardíaca, tal como la válvula aórtica, durante la utilización, mientras que la salida de flujo sanguíneo 6' se coloca en un lado del alojamiento 2' de la bomba y se coloca en un vaso cardíaco, tal como la aorta. La bomba de sangre 1' está conectada a un catéter 51 y un cable eléctrico 52 se extiende a través del catéter 51 para accionar la bomba 1'. Ambas bombas de sangre 1 y 1' funcionan de la misma manera. Se apreciará que todas las características descritas a continuación son aplicables para ambas realizaciones.

La sangre es transportada a lo largo de un paso 7 que conecta la entrada de flujo sanguíneo 5 y la salida de flujo sanguíneo 6. Un impulsor 3 está dispuesto para transportar sangre a lo largo del paso 7 y está montado de manera giratoria alrededor de un eje de rotación 9 en el interior del alojamiento 2 de la bomba por medio de un primer cojinete 10 y un segundo cojinete 20. El eje de rotación es, preferentemente, el eje longitudinal del impulsor 3. Ambos cojinetes 10, 20 son cojinetes de tipo contacto. No obstante, como mínimo uno de los cojinetes 10, 20 podría ser un cojinete de tipo sin contacto, tal como un cojinete magnético o hidrodinámico. El segundo cojinete 20 es un cojinete de pivotamiento que tiene superficies de cojinete esféricas que permiten el movimiento de rotación, así como el movimiento de pivotamiento hasta cierto punto. El primer cojinete 10 está dispuesto en un elemento de soporte 15 para estabilizar la rotación del impulsor 3, teniendo el elemento de soporte 15, como mínimo, una abertura 16 para el flujo sanguíneo. Unas palas 4 están dispuestas en el impulsor 3 para transportar sangre una vez que el impulsor 3 gira. La rotación del impulsor 3 es provocada por un estátor 8 de motor eléctrico acoplado magnéticamente a una parte extrema 37 del impulsor 3. Son posibles otros mecanismos de accionamiento adecuados, tal como apreciará un experto en la técnica. La bomba de sangre 1 mostrada es una bomba de sangre de tipo mixto, en la que la dirección

principal del flujo es axial. Se apreciará que la bomba de sangre 1 también podría ser una bomba de sangre puramente axial, dependiendo de la disposición del impulsor 3, en concreto, de las palas 4.

El impulsor 3 comprende una parte 33 que está dispuesta en una parte aguas abajo del impulsor 3 y se extiende radialmente hacia el exterior. La parte 33 se puede denominar yugo, parte de pestaña o parte extrema. En esta realización, la parte 33 comprende una superficie exterior que se extiende en un ángulo de 45° con respecto al eje de rotación 9. Se podrían elegir otros ángulos apropiados, por ejemplo, un ángulo entre 30° y 60° o podría ser una superficie curva. La parte 33 puede estar formada integralmente con el impulsor 3 o por separado, tal como se muestra en esta realización. Como mínimo, un canal de lavado 30, preferentemente dos o más, tal como tres, cuatro, cinco o seis canales de lavado 30, solo uno de los cuales se muestra en la figura 1, se extiende a través del impulsor 3, en concreto a través de la parte 33, para permitir lavar o enjuagar el cojinete de pivotamiento 20 y la holgura 31 entre el impulsor 3 y una parte estática de la bomba de sangre 1, en concreto el alojamiento 2 de la bomba o el motor 8, que se pueden considerar asociados con el alojamiento 2 de la bomba. El como mínimo un canal de lavado 30 también se puede extender, como mínimo parcialmente, a la parte principal del impulsor 3 más allá de la parte 33.

El canal de lavado 30 tiene una primera abertura 34 o abertura de entrada y una segunda abertura 35 o abertura de salida. La primera abertura 34 forma una conexión de fluido entre el paso 7 y el canal de lavado 30, mientras que la segunda abertura 35 está en conexión de fluido con la holgura 31. En concreto, la segunda abertura 35 está en conexión de fluido con un orificio central o abertura central 32 de la parte 33 que aloja el segundo cojinete 20. La holgura 31 está en conexión de fluido con el paso 7 a través de un punto de transición 36 de la holgura, es decir, un lugar en el que la holgura 31 se abre al paso 7.

La primera abertura 34 del canal de lavado 30 está dispuesta en una mitad aguas abajo del impulsor 3. En concreto, la primera abertura 34 está dispuesta en una zona del impulsor 3 que está bajo una alta presión causada por la rotación del impulsor 3 durante el funcionamiento de la bomba de sangre 1. En concreto, la primera abertura 34 puede estar en a la presión máxima o casi, en el interior del alojamiento 2 de la bomba. La presión aumenta con las palas 4 y por la deflexión del fluido desde una dirección de flujo axial a una dirección radial y, a continuación, disminuye aguas abajo de las palas 4. Por lo tanto, una presión en el punto de transición 36 de la holgura es menor que en la primera abertura 34 del canal de lavado 30, debido a una elección apropiada de la posición de la primera abertura 34, que está cerca del extremo aguas abajo del impulsor 3. Esta distribución de presión, que puede ser mejorada eligiendo la forma de las palas 4 en consecuencia, tiene como resultado una dirección de flujo desde la primera abertura 34 a través del canal de lavado 30 y la holgura 31 hasta el punto de transición 36 de la holgura. Alternativamente, una caída adicional de presión en el punto 36 se podría conseguir creando una caída de presión local por el efecto Venturi en la proximidad del punto 36, por ejemplo, proporcionando un estrechamiento 53 del paso 7 (véase la figura 1A). En otras palabras, la sangre fluye a través del canal de lavado 30 en una dirección de avance hacia la salida de flujo sanguíneo 6 del alojamiento 2 de la bomba. La coagulación de la sangre se puede evitar eficazmente en cualquier momento durante el funcionamiento de la bomba de sangre 1, en concreto también durante fases con baja velocidad de rotación por debajo de la velocidad de diseño de la bomba de sangre 1, debido a que el lavado del flujo de avance se produce a cualquier velocidad de rotación.

Aparte de lavar el cojinete de pivotamiento 20 y la holgura 31, el flujo sanguíneo a través del canal de lavado 30 proporciona refrigeración para el cojinete de pivotamiento 20. El cojinete de pivotamiento 20 está dispuesto en la abertura central 32 de la parte 33. De este modo, la sangre es transportada a través del canal de lavado 30 hacia el cojinete 20. El cojinete de pivotamiento 20 puede ser refrigerado y aclarado eficazmente. El efecto se puede mejorar más disponiendo una bomba secundaria que bombea sangre activamente a través del canal de lavado 30 hacia el cojinete 20, tal como se describirá en detalle a continuación.

Haciendo referencia a continuación a la figura 3, se muestra una realización de un impulsor 3. El impulsor tiene palas 4 dispuestas alrededor de un cuerpo del impulsor 3 y dimensionadas y conformadas para transportar sangre cuando el impulsor 3 gira en un sentido de rotación (indicado por una flecha en la figura 3). El impulsor 3 tiene una parte 33 en su extremo aguas abajo, donde la parte 33 tiene como mínimo un canal de lavado 30 que tiene una abertura 34 de entrada. Tal como se ha explicado anteriormente, la abertura 34 de entrada está dispuesta en una zona del impulsor 3 que está a alta presión, para garantizar que el flujo sanguíneo a través del canal de lavado 30 se dirija desde la primera abertura 34 o abertura de entrada a la segunda abertura 35. En esta realización, la abertura 34 de entrada está dispuesta en un lado delantero de una de las palas 4 con respecto al sentido de rotación (también denominado el lado de presión positiva de la pala). En concreto, en comparación con un lado posterior de la pala 4 (también denominado el lado de presión negativa de la pala), la presión es mayor en el lado delantero, que soporta la dirección del flujo en la abertura 34 de entrada del canal de lavado 30. No obstante, la abertura 34 puede estar dispuesta en el lado posterior de la pala 4, en el que la presión puede ser suficientemente alta porque la abertura 34 está dispuesta en la parte 33 en el extremo aguas abajo del impulsor 3.

En las figuras 4a a 4d se muestran diferentes vistas de una realización de la parte 33. En esta realización, los

canales de lavado 30 forman una bomba secundaria que bombea la sangre a través de los canales de lavado 30 desde la primera abertura 34 respectiva a la segunda abertura 35 y, por lo tanto, hacia la abertura central 32 y el cojinete 20 y más allá del punto de transición 36 de la holgura (véase la figura 1). En esta realización, los canales de lavado 30 se extienden linealmente a través del impulsor 3 y están desplazados con respecto al eje de rotación 9 (indicado por líneas discontinuas en la figura 4b, que es una vista desde abajo de la parte 33). Los canales de lavado 30 se extienden en planos que son paralelos al eje de rotación 9, de tal manera que los canales de lavado 30 se extienden a lo largo de una dirección que tiene una componente tangencial. Esta disposición fuerza el flujo sanguíneo en la dirección de la primera abertura 34 hacia la segunda abertura 35. En esta realización se muestran dos canales de lavado 30. Se apreciará, no obstante, que también se pueden prever tres, cuatro o más canales de lavado, que pueden estar dispuestos simétricamente alrededor del eje de rotación 9. Tal como se puede ver concretamente en la figura 4d, que es una vista, en sección transversal, a lo largo de la línea B-B en la figura 4b, los canales de lavado 30 están inclinados en el sentido aguas abajo. Las segundas aberturas 35, que están aguas abajo con respecto a las primeras aberturas 34, están más cerca del eje de rotación 9 que las primeras aberturas 34. Los canales de lavado 30, se abren a la abertura central 32 que aloja, como mínimo parcialmente, el segundo cojinete 20 tal como se muestra en la figura 1.

Otras realizaciones de un impulsor 3 que tiene canales de lavado 30 que forman una bomba secundaria se muestran en las figuras 5a y 5b. Según la realización de la figura 5a, la primera abertura 34 no es circular. Más precisamente, un saliente 38 se extiende hacia la primera abertura 34 para mejorar la cantidad de sangre que fluye a través de la primera abertura 34 al canal de lavado. El saliente 38 está dispuesto en un lado hacia atrás de la primera abertura 34 con respecto al sentido de rotación. La forma resultante de la primera abertura 34 se puede indicar como forma de riñón. Actúa como una "superficie aerodinámica", de tal manera que se crea una tracción o aspiración con la rotación del impulsor 3 para aumentar la cantidad de sangre que entra en la primera abertura 34, en concreto en comparación con una realización sin el saliente 38 (tal como la realización de la figura 3). La forma del saliente 38 se puede elegir según la cantidad deseada de sangre que debe fluir a través de los canales de lavado 30. La sección transversal de la primera abertura 34 puede ser simétrica o asimétrica.

Alternativamente o además del saliente 38, se puede disponer un ala 39 tal como se muestra en la figura 5b. El ala 39 está dispuesta detrás de la primera abertura 34 con respecto al sentido de rotación y forma una bolsa para recoger una mayor cantidad de sangre al girar el impulsor 3 en el sentido de rotación. El ala 39 puede tener cualquier tamaño y forma que sean adecuados para aumentar la cantidad de sangre que entra en la primera abertura 34 en comparación con una realización sin el ala 39 (tal como la realización de la figura 3). El mismo efecto se puede conseguir disponiendo la primera abertura 34 en un morro o saliente que se extiende radialmente desde el impulsor 3, apuntando la primera abertura 34 en el sentido de rotación.

Haciendo referencia a continuación a las figuras 6a y 6b, se muestra una realización de una parte 33' que tiene canales de lavado 30'. El sentido de rotación se indica con una flecha. Como en las realizaciones descritas anteriormente, los canales de lavado 30' tienen una primera abertura 34' y una segunda abertura 35' orientada hacia una abertura central 32'. Los canales de lavado 30' forman parte de una bomba secundaria tal como se describe en conexión con la otra realización para forzar un flujo sanguíneo en una dirección desde las primeras aberturas 34' a las segundas aberturas 35' hacia el segundo cojinete 20. En esta realización, los canales de lavado 30' están curvados y se extienden alrededor del eje de rotación 9 en forma de espiral. Se apreciará que el término "forma de espiral" comprende cualquier forma curvada, ya sea que forme una espiral regular o cualquier otra forma curvada que tenga como mínimo una componente tangencial. Los canales de lavado 30' entran en el impulsor 3 en la primera abertura en un pequeño ángulo, de tal manera que la primera abertura 34' está formada por una parte expuesta del canal de lavado 30' y tiene una forma alargada. Esto favorece la captación de sangre, y ayuda a aumentar la cantidad de sangre que entra en la primera abertura 34', en concreto en comparación con una disposición en la que los canales de lavado 30 se extienden hacia la superficie del impulsor 3 en un ángulo grande, tal como perpendicular o sustancialmente perpendicular. Los canales de lavado 30' se extienden en forma curva hacia la abertura central 32' y salen por las segundas aberturas 35' en una dirección sustancialmente radial. La sangre es bombeada eficazmente a la abertura central 32' y, por lo tanto, al segundo cojinete 20, de tal manera que el segundo cojinete 20 es enjuagado y refrigerado. Tal como se explica en relación con la figura 1, el flujo sanguíneo a través de los canales de lavado 30' lava eficazmente la holgura 31 entre el impulsor 3 giratorio y el alojamiento 2 de la bomba estática. Para mejorar más el rendimiento de la bomba secundaria, la bomba secundaria puede comprender, además, ranuras o palas formadas en una superficie del impulsor 3, en concreto en la holgura 31.

Se comprenderá que la bomba secundaria descrita anteriormente no puede vencer el efecto centrífugo de un canal giratorio de cualquier forma que se extiende de un diámetro mayor a un diámetro menor sin la ayuda de la acción de bombeo centrífugo en la holgura 31.

El rendimiento de la bomba secundaria se puede mejorar mediante por la posición, como mínimo, de uno de la primera abertura 34 y el punto de transición 36 de la holgura con respecto al eje de rotación 9 y, en

concreto, de uno con respecto al otro. Tal como se muestra en la figura 7, la primera abertura tiene una primera distancia d_1 al eje de rotación 9, mientras que el punto de transición 36 de la holgura tiene una segunda distancia d_2 al eje de rotación 9. El rendimiento de la bomba secundaria se puede mejorar si la primera abertura 34 está lo más cerca posible del eje de rotación, es decir, si la distancia d_1 es lo más pequeña posible y el canal de lavado 30 se extiende solo una pequeña distancia hacia el eje de rotación 9. Esto reduce las fuerzas centrífugas que deben ser vencidas por el flujo de lavado que fluye en una dirección hacia el eje de rotación. En concreto, es ventajoso si la primera distancia d_1 es pequeña en comparación con la segunda distancia d_2 , preferentemente d_1 puede ser la mitad de d_2 o menos.

En otra realización, mostrada en la sección transversal perpendicular al eje de rotación 9 en la figura 8, el impulsor 3 incluye un canal de lavado 40, estando dispuestas la primera abertura 41 y la segunda abertura 42 en una superficie radialmente hacia el exterior del impulsor 3. La primera abertura 41 está dispuesta en un lado delantero de una de las palas 4 con respecto al sentido de rotación (indicado por una flecha en la figura 8), mientras que la segunda abertura 42 está dispuesta en un lado hacia atrás de la pala 4. Esto provoca un flujo sanguíneo de la primera abertura 41 a la segunda abertura 42. El canal de lavado 40 está en comunicación de fluido con la abertura central 32 para lavar y refrigerar el cojinete 20. En la realización de la figura 9, está dispuesto un canal de lavado 43 que tiene una primera abertura 44 dispuesta en un lado delantero de una de las palas 4 de manera similar a la realización de la figura 8. No obstante, el canal de lavado 43 se extiende a través de la pala 4 y sale por la segunda abertura 45 que está dispuesta en un borde de la pala 4. Esta disposición permite utilizar fuerzas centrífugas para forzar un flujo de lavado de la primera abertura 44 a la segunda abertura 45. La figura 10 representa otra realización similar a la de la figura 9. No obstante, la primera abertura 44' del canal de lavado 43' está dispuesta diagonalmente opuesta a la pala 4 a través de la cual se extiende el canal 43' y, en la que el canal 43' sale por la segunda abertura 45'. Por lo tanto, en esta realización, el canal de lavado 43' discurre en diagonal o radialmente en lugar de tangencial, como en la realización de la figura 9, de tal manera que toca todos los lados del cojinete 20.

Una realización similar a la de la figura 8 se muestra en la figura 11. El canal de lavado 40' tiene una primera abertura 41' dispuesta en un lado delantero de una de las palas 4 con respecto al sentido de rotación, mientras que la segunda abertura 42' está dispuesta en un lado hacia atrás de la pala 4 (cabe señalar que el canal de lavado 40' se muestra en la vista en sección transversal de la figura 11, aunque no se extiende en el plano de la sección transversal sino de manera bastante similar a la sección transversal mostrada en la figura 8). El canal de lavado 40' se extiende por debajo de la pala 4. No obstante, en la realización de la figura 11 el canal de lavado 40' no se extiende en un plano que es perpendicular al eje longitudinal 9, pero la segunda abertura 42' está dispuesta aguas abajo de la primera abertura 41'. Por lo tanto, la segunda abertura 42' también está dispuesta radialmente hacia el exterior desde la primera abertura 41'. El flujo de lavado se puede aumentar con esta disposición mediante fuerzas centrífugas en la sección de salida del canal de lavado 40' que conduce a la segunda abertura 42'. Asimismo, la diferencia de presión en el paso 7 entre la primera abertura 41' y la segunda abertura 42' mejora el flujo de lavado.

Se apreciará que, como mínimo, uno de los canales de lavado 40, 40', 43, 43' descritos en relación con las figuras 8 a 11 pueden estar dispuestos alternativamente o además de los canales de lavado 30, 30' mencionados anteriormente. Asimismo, se debe entender que los canales 40, 40', 43, 43' están en comunicación de fluido con la abertura central 32 y la holgura 31, permitiendo de este modo un flujo de lavado neto de la misma manera descrita anteriormente.

El alcance de la invención está definido por las reivindicaciones. Se describen aspectos preferidos de la invención en los siguientes párrafos:

1. Bomba de sangre 1, que comprende:

- un alojamiento 2 de la bomba que tiene una entrada de flujo sanguíneo 5 y una salida de flujo sanguíneo 6 conectadas por un paso 7,

- un impulsor 3 dispuesto en dicho alojamiento 2 de la bomba para poder girar alrededor de un eje de rotación 9, estando dotado el impulsor 2 de palas 4 dimensionadas y conformadas para transportar sangre a lo largo del paso 7 desde la entrada de flujo sanguíneo 5 a la salida de flujo sanguíneo 6, estando el impulsor 3 soportado de manera giratoria en el alojamiento 2 de la bomba mediante, por lo menos, un cojinete 10, 20

en la que una superficie del impulsor 3 está orientada hacia una superficie del alojamiento 2 de la bomba separada de dicha superficie del impulsor 3 por una holgura 31, estando la holgura 31 en conexión de fluido con el paso 7 en un punto de transición 36 de la holgura,

en la que, como mínimo, un canal de lavado 30 se extiende a través del impulsor 3 y está en conexión de fluido con el paso 7 a través de una primera abertura 34, y con la holgura 31 a través de una segunda abertura 35,

- 5 en la que la primera abertura 34 del canal de lavado 30 está dispuesta en una zona del impulsor 3 que, durante el funcionamiento de la bomba de sangre 1, está bajo una presión más alta que el punto de transición 36 de la holgura, para provocar un flujo sanguíneo desde la primera abertura 34 a través del canal de lavado 30 y la holgura 31 hasta el punto de transición 36 de la holgura,
- 10 en la que un saliente 38 se extiende en el interior de la primera abertura 34 del canal de lavado 30 y está dimensionado y conformado para aumentar el flujo sanguíneo a través de la primera abertura 34 hacia el canal de lavado 30, y/o
- 15 en la que el impulsor 3 comprende, como mínimo, un ala 39 que se extiende radialmente desde el mismo y que está dispuesta adyacente a, y detrás de la primera abertura 34 del canal de lavado 30 con respecto al sentido de rotación.
- 20 2. Bomba de sangre, según el párrafo 1, en la que la primera abertura 34 del canal de lavado 30 está dispuesta en una mitad aguas abajo del impulsor 3.
3. Bomba de sangre, según el párrafo 1 o 2, en la que la primera abertura 34 del canal de lavado 30 está dispuesta en una zona del impulsor 3 en la que, durante el funcionamiento de la bomba de sangre 1, la presión es mayor que una presión media con respecto a una distribución de presión a lo largo de una longitud del paso 7 donde está situado el impulsor 3.
- 25 4. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 3, en la que la primera abertura 34 del canal de lavado 30 está dispuesta en una zona del impulsor 3 en la que, durante el funcionamiento de la bomba de sangre 1, la presión es sustancialmente la presión máxima con respecto a una distribución de presión a lo largo de una longitud del paso 7 donde está situado el impulsor 3.
- 30 5. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 4, en la que el flujo sanguíneo desde la primera abertura 34 a través del canal de lavado 30 y la holgura 31 hasta el punto de transición 36 de la holgura está en una dirección hacia la salida de flujo sanguíneo 6 del alojamiento de la bomba 2.
- 35 6. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 5, en la que el impulsor 3 tiene una parte 33 en un sentido aguas abajo que se extiende radialmente hacia el exterior, estando dispuesta la primera abertura 34 del canal de lavado 30 en dicha parte 33.
- 40 7. Bomba de sangre, según el párrafo 6, en la que dicha parte 33 se estrecha cónicamente radialmente hacia el exterior en un sentido aguas abajo.
8. Bomba de sangre, según el párrafo 6 o 7, en la que las palas 4 del impulsor 3 se extienden sobre dicha parte 33.
- 45 9. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 6 a 8, en la que la parte 33 está formada integralmente con el impulsor 3 o formada por separado.
- 50 10. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 8, en la que el canal de lavado 33 está asociado operativamente con una bomba secundaria para bombear sangre desde la primera abertura 34 a través del canal de lavado 30 hacia el punto de transición 36 de la holgura, en la que la bomba secundaria está formada, como mínimo parcialmente, por dicho, como mínimo, un canal de lavado 30 que se extiende a través del impulsor 3 a lo largo de una dirección que tiene, como mínimo, una componente direccional tangencial.
- 55 11. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 10, en la que el canal de lavado 30 se extiende linealmente a través del impulsor 3 y está desplazado con respecto al eje de rotación 9.
12. Bomba de sangre, según el párrafo 11, en la que el canal de lavado 30 se extiende en un plano que es paralelo al eje de rotación 9.
- 60 13. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 10, en la que el canal de lavado 30 es curvo y se extiende desde la primera abertura 34 en una dirección alrededor del eje de rotación 9.
14. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 13, en la que el canal de lavado 30 se extiende desde la primera abertura 34 en un ángulo con respecto a una superficie del impulsor 3 en un sentido circunferencial opuesto al sentido de rotación.
- 65 15. Bomba de sangre, según el párrafo 14, en la que el ángulo es menor de 20°, preferentemente menor de 15°, más preferentemente menor de 10°.

- 5 16. Bomba de sangre, según el párrafo 14 o 15, en la que el canal de lavado 30 se extiende desde la primera abertura 34 en una dirección sustancialmente tangencial con respecto a una superficie del impulsor 3.
17. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 16, en la que la distancia entre la segunda abertura 35 y el eje de rotación 9 es menor o igual que la distancia entre la primera abertura 34 y el eje de rotación 9.
- 10 18. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 17, en la que la distancia entre el eje de rotación 9 y la primera abertura 34 es menor del 50 %, preferentemente menor del 40 %, más preferentemente menor del 30 % de una distancia entre el eje de rotación 9 y el punto de transición 36 de la holgura.
- 15 19. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 18, en la que el impulsor 3 comprende una abertura central 32 que se extiende a lo largo del eje de rotación 9 y que aloja, como mínimo parcialmente, el cojinete 20, donde la segunda abertura 35 está en conexión de fluido con la abertura central 32.
- 20 20. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 19, en la que el canal de lavado 30 en la segunda abertura 35 está dirigido hacia el eje de rotación 9 sustancialmente en una dirección radial.
- 25 21. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 20, en la que la primera abertura 34 del canal de lavado 30 está dispuesta adyacente a una de las palas 4 del impulsor 3 en un lado delantero de la pala 4 con respecto al sentido de rotación.
22. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 21, en la que una sección transversal de la primera abertura 34 es circular.
- 30 23. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 21, en la que una sección transversal de la primera abertura 34 no es circular.
- 35 24. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 23, en la que la primera abertura 34 está formada por una parte extrema del canal de lavado 30 que está expuesta, como mínimo parcialmente, debido a una inclinación del canal de lavado 30 con respecto a una superficie del impulsor 3.
- 40 25. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 24, en la que el ala 39 se extiende sobre la primera abertura 34 del canal de lavado 30 y se abre en el sentido de rotación para permitir que la sangre entre en la primera abertura 34.
- 45 26. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 24, en la que el impulsor 3 comprende un saliente que se extiende radialmente desde el mismo, comprendiendo el saliente la primera abertura 34 de tal manera que una sección transversal de la primera abertura 34 se extiende en un ángulo con respecto a la superficie del impulsor 3 y se abre en el sentido de rotación, en la que el ángulo es preferentemente mayor de 45°, más preferentemente de 90°.
27. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 26, que comprende dos o más canales de lavado 30 que están dispuestos simétricamente con respecto al eje de rotación 9.
- 50 28. Bomba de sangre, según el párrafo 10 y cualquiera de los párrafos 1 a 9 y 11 a 27, en la que la bomba secundaria comprende ranuras o palas formadas en una superficie del impulsor 3.
- 55 29. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 28, en la que la primera abertura 41 está dispuesta en un lado delantero de la pala 4, y la segunda abertura 42 está dispuesta en un lado posterior de la pala 4, y el canal de lavado 40 se extiende por debajo de la pala 4.
- 60 30. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 29, en la que el canal de lavado 43 se extiende en el interior de la pala 4, en la que la primera abertura 44 está dispuesta en un lado delantero de la pala 4 y la segunda abertura 45 está dispuesta en la pala 4, preferentemente en un borde radialmente exterior de la pala 4.
31. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 30, en la que el cojinete 20 es un cojinete de pivotamiento.
- 65 32. Bomba de sangre, según cualquiera de los párrafos 1 a 31, en la que la bomba 1 es una bomba de sangre axial, una bomba de sangre centrífuga o una bomba de sangre de tipo mixto.

REIVINDICACIONES

1. Bomba de sangre (1), que comprende:

- 5 - un alojamiento (2) de la bomba, que tiene una entrada de flujo sanguíneo (5) y una salida de flujo sanguíneo (6) conectadas por un paso (7), y
 - un impulsor (3), dispuesto en dicho alojamiento (2) de la bomba, para poder girar alrededor de un eje de rotación (9), estando dotado el impulsor (3) de palas (4) dimensionadas y conformadas para transportar sangre a lo largo del paso (7) desde la entrada de flujo sanguíneo (5) a la salida de flujo sanguíneo (6),
 10 estando el impulsor (3) soportado de manera giratoria en el alojamiento (2) de la bomba mediante, por lo menos, un cojinete (10, 20),

15 en la que una superficie del impulsor (3) está orientada hacia una superficie del alojamiento (2) de la bomba separada de dicha superficie del impulsor (3) por una holgura (31), estando la holgura (31) en conexión de fluido con el paso (7) en un punto de transición (36) de la holgura,

en la que, como mínimo, un canal de lavado (30) se extiende a través del impulsor (3) y está en conexión de fluido con el paso (7) a través de una primera abertura (34) y con la holgura (31) a través de una segunda abertura (35),

20 en la que la primera abertura (34) del canal de lavado (30) está dispuesta en una zona del impulsor (3) que, durante el funcionamiento de la bomba de sangre (1), está bajo una presión más alta que el punto de transición (36) de la holgura, para provocar un flujo sanguíneo desde la primera abertura (34) a través del canal de lavado (30) y la holgura (31) hasta el punto de transición (36) de la holgura.

25 **caracterizada por que** un saliente 38 se extiende hacia la primera abertura (34) del canal de lavado (30) y está dimensionado y conformado para aumentar un flujo sanguíneo a través de la primera abertura (34) hacia el canal de lavado (30), y/o

el impulsor (3) comprende, como mínimo, un ala (39) que se extiende radialmente desde el mismo y que está dispuesta adyacente a, y detrás de la primera abertura (34) del canal de lavado (30) con respecto al sentido de rotación.

30 2. Bomba de sangre, según la reivindicación 1, en la que la primera abertura (34) del canal de lavado (30) está dispuesta en una mitad aguas abajo del impulsor (3).

35 3. Bomba de sangre, según la reivindicación 1 o 2, en la que la primera abertura (34) del canal de lavado (30) está dispuesta en una zona del impulsor (3) en la que, durante el funcionamiento de la bomba de sangre (1), la presión es mayor que una presión media con respecto a una distribución de presión a lo largo de una longitud del paso (7) donde está situado el impulsor (3), donde la presión es, preferentemente, sustancialmente la presión máxima.

40 4. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el flujo sanguíneo desde la primera abertura (34) a través del canal de lavado (30) y la holgura (31) hasta el punto de transición (36) de la holgura está en una dirección hacia la salida de flujo sanguíneo (6) del alojamiento (2) de la bomba.

45 5. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el impulsor (3) tiene una parte (33) en un sentido aguas abajo que se extiende radialmente hacia el exterior, estando dispuesta la primera abertura (34) del canal de lavado (30) en dicha parte (33).

50 6. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que el canal de lavado (33) está asociado operativamente con una bomba secundaria para bombear sangre desde la primera abertura (34) a través del canal de lavado (30) hacia el punto de transición (36) de la holgura, en la que la bomba secundaria está formada, como mínimo parcialmente, por dicho, como mínimo, un canal de lavado (30) que se extiende a través del impulsor (3) a lo largo de una dirección que tiene, como mínimo, una componente direccional tangencial.

55 7. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el canal de lavado (30) se extiende linealmente a través del impulsor (3) y está desplazado con respecto al eje de rotación (9), en la que el canal de lavado (30) se extiende, preferentemente, en un plano que es paralelo al eje de rotación (9).

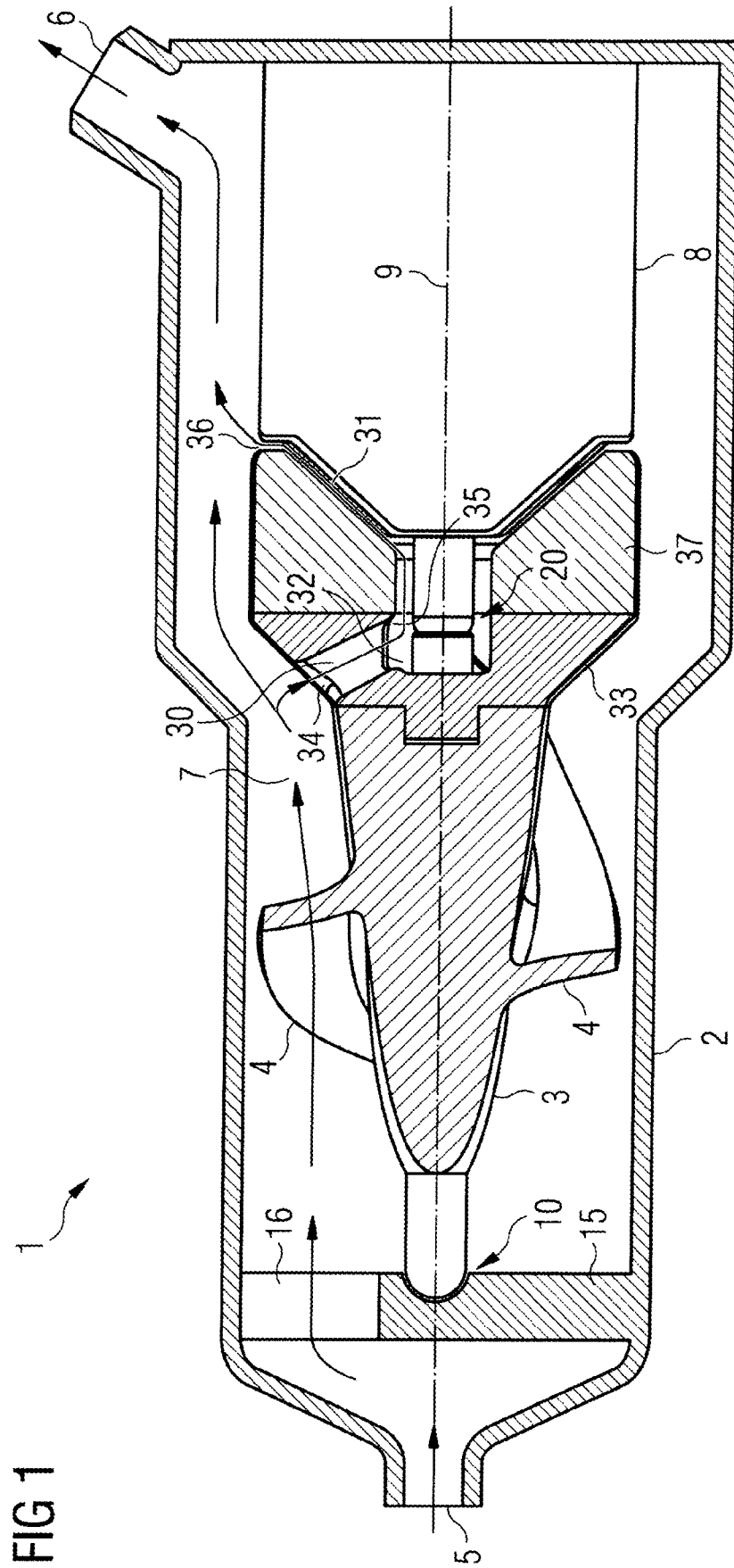
60 8. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que el canal de lavado (30) es curvo y se extiende desde la primera abertura (34) en una dirección alrededor del eje de rotación (9).

9. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el canal de lavado (30) se extiende desde la primera abertura (34) en un ángulo con respecto a una superficie del impulsor (3) en un sentido circunferencial opuesto al sentido de rotación, en la que el ángulo es preferentemente menor de 20°, preferentemente menor de 15°, más preferentemente menor de 10°.

65 10. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la que el impulsor (3) comprende

una abertura central (32) que se extiende a lo largo del eje de rotación (9) y que aloja, como mínimo parcialmente, el cojinete (20), en la que la segunda abertura (35) está en conexión de fluido con la abertura central (32).

- 5 11. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en la que el canal de lavado (30) en la segunda abertura (35) está dirigido hacia el eje de rotación (9) sustancialmente en una dirección radial, en la que, preferentemente, la distancia entre el eje de rotación 9 y la primera abertura 34 es menor del 50 %, preferentemente menor del 40 %, más preferentemente menor del 30 % de la distancia entre el eje de rotación 9 y el punto de transición 36 de la holgura.
- 10 12. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en la que la primera abertura (34) del canal de lavado (30) está dispuesta adyacente a una de las palas (4) del impulsor (3) en un lado delantero de la pala (4) con respecto al sentido de rotación.
- 15 13. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en la que una sección transversal de la primera abertura (34) es circular o no circular.
- 20 14. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en la que la primera abertura (34) está formada por una parte extrema del canal de lavado (30) que está expuesta, como mínimo parcialmente, debido a una inclinación del canal de lavado (30) con respecto a una superficie del impulsor (3).
- 25 15. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en la que el ala (39) se extiende, sobre la primera abertura (34) del canal de lavado (30) y se abre en el sentido de rotación, para permitir que la sangre entre en la primera abertura (34).



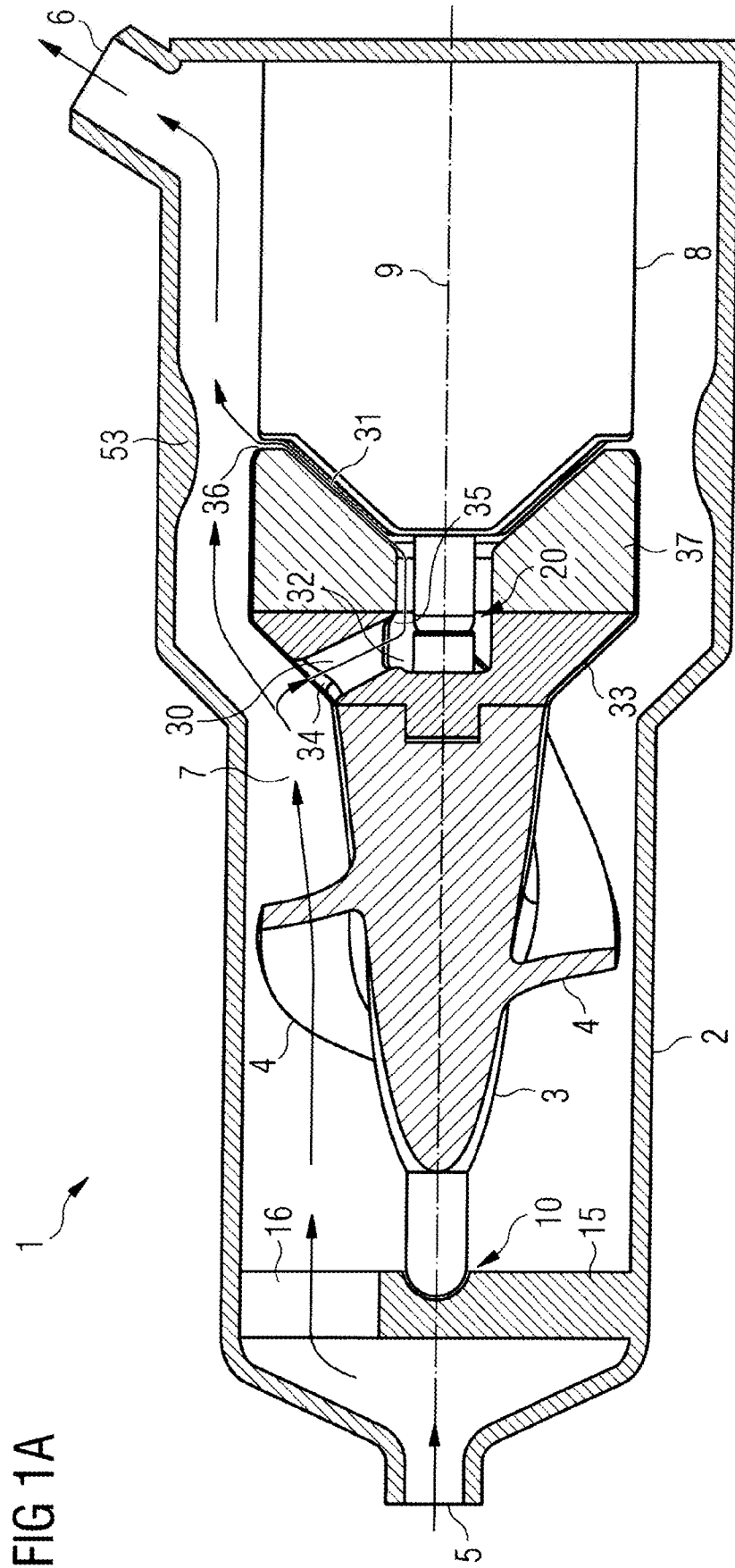


FIG 2

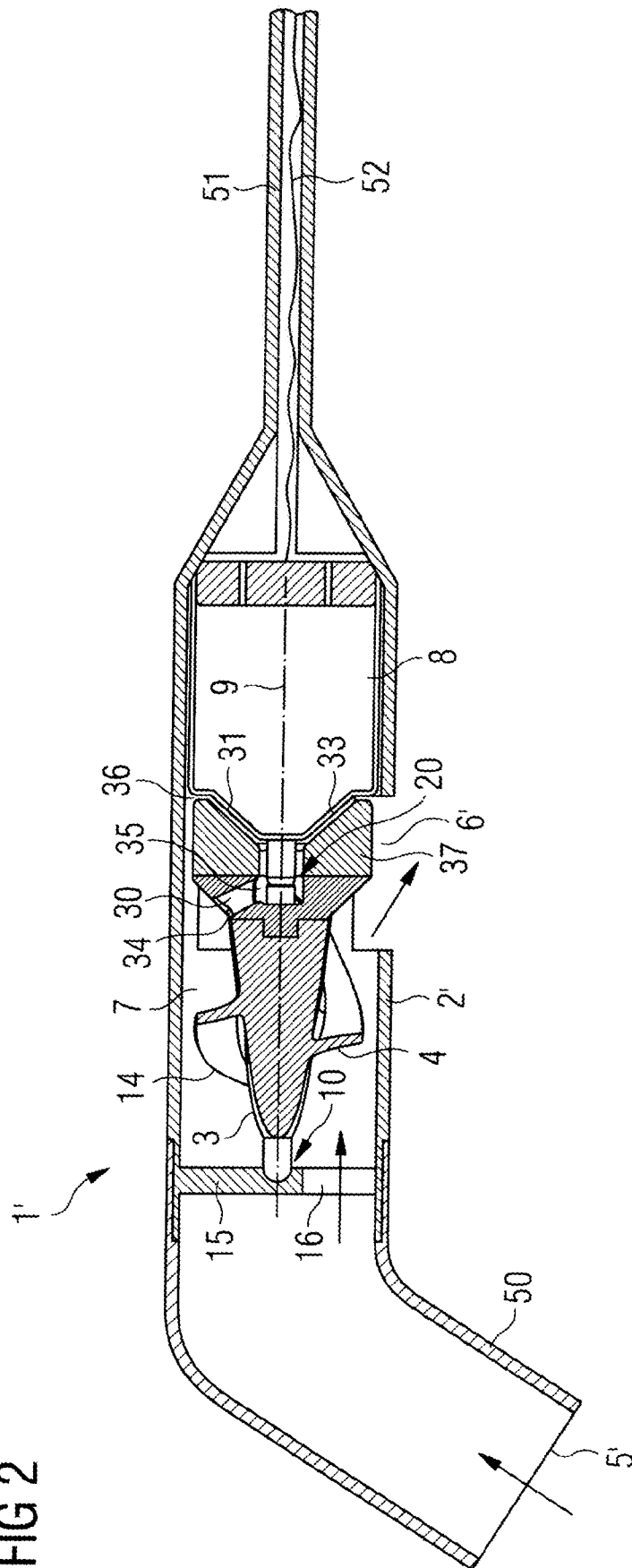


FIG 3

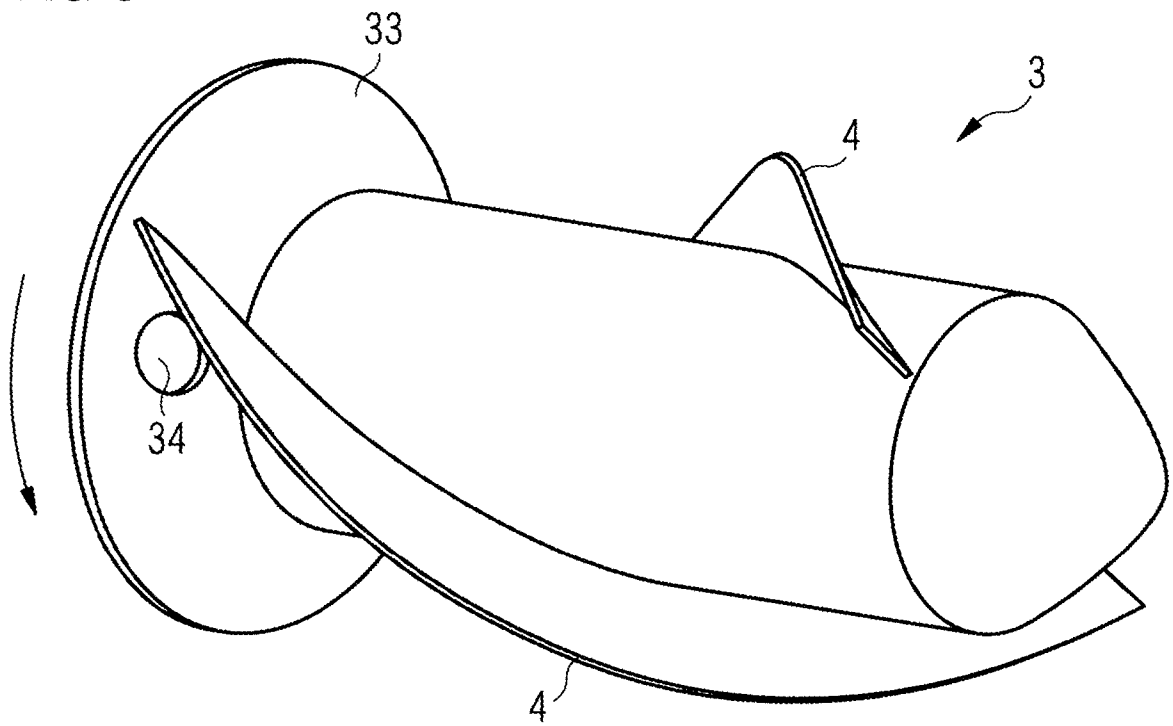


FIG 4a

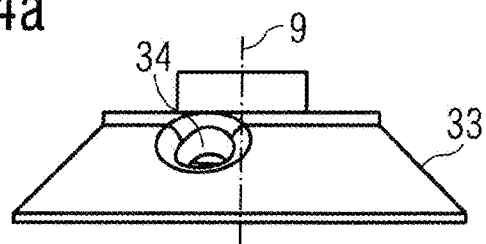


FIG 4b

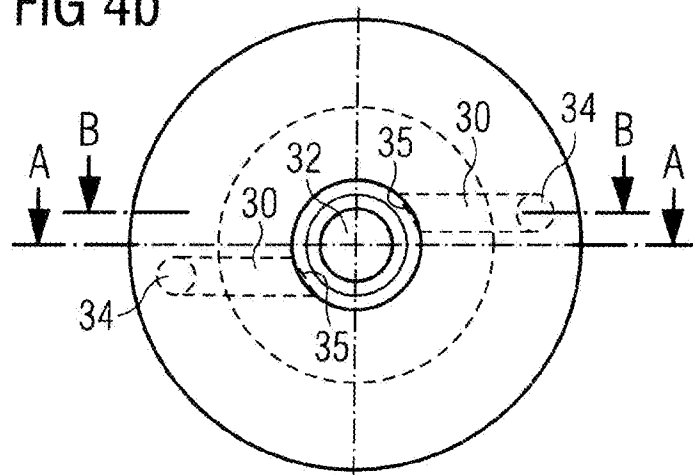


FIG 4c

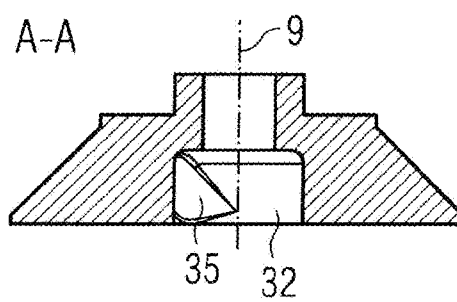


FIG 4d

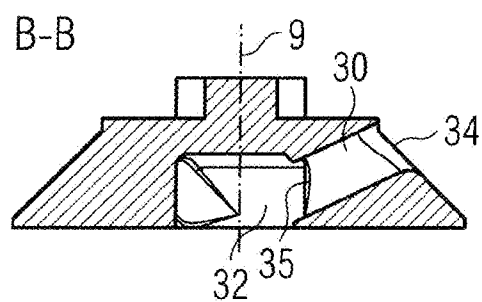


FIG 5a

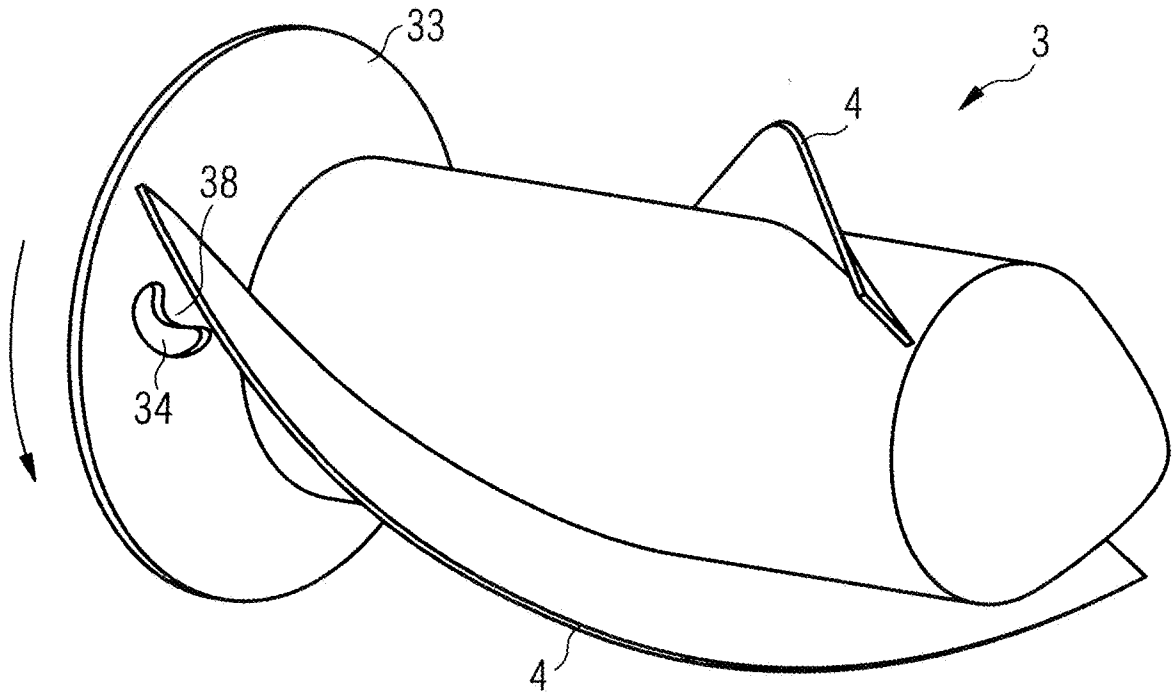


FIG 5b

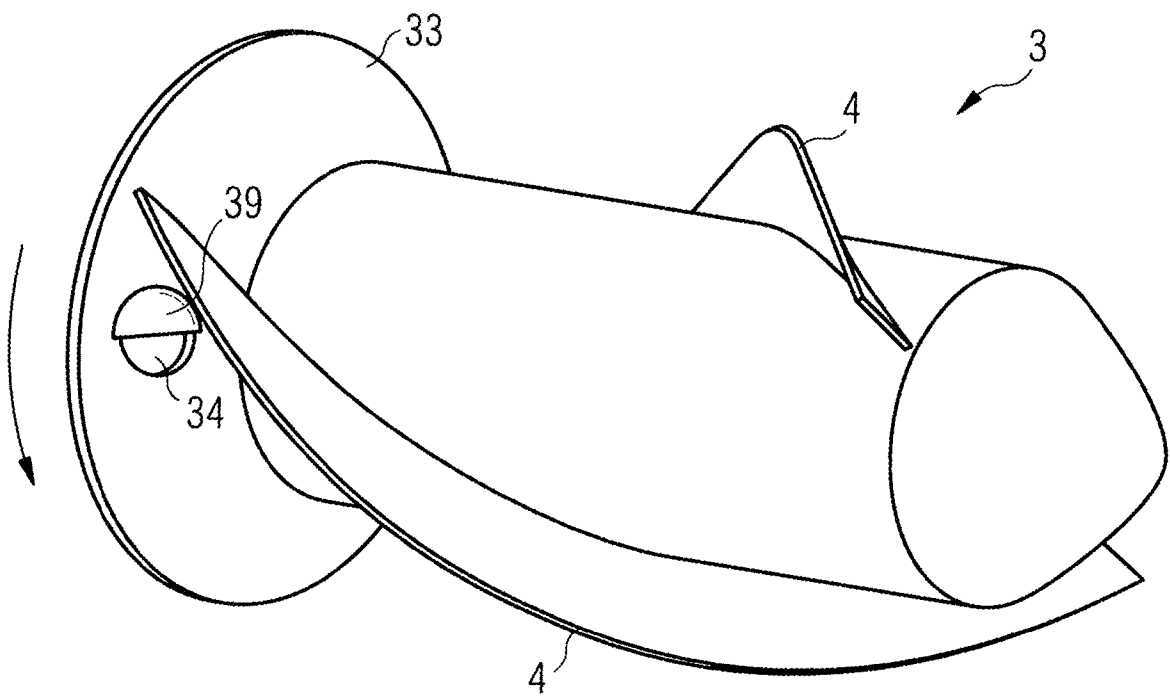


FIG 6a

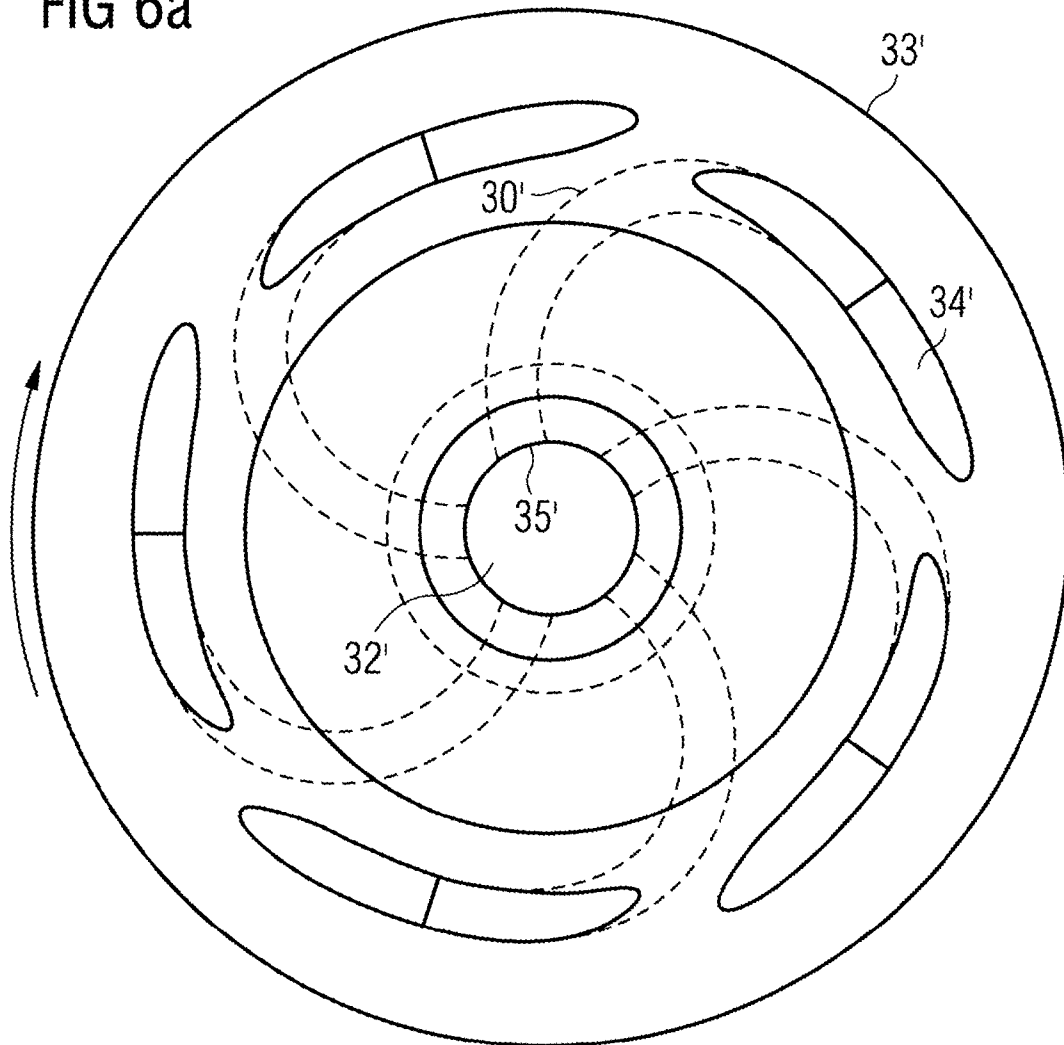


FIG 6b

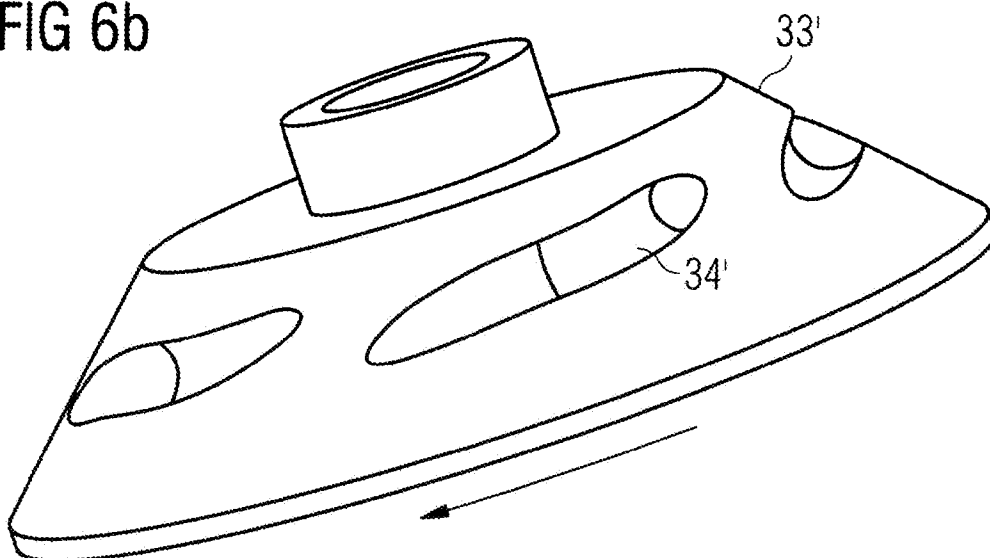


FIG 7

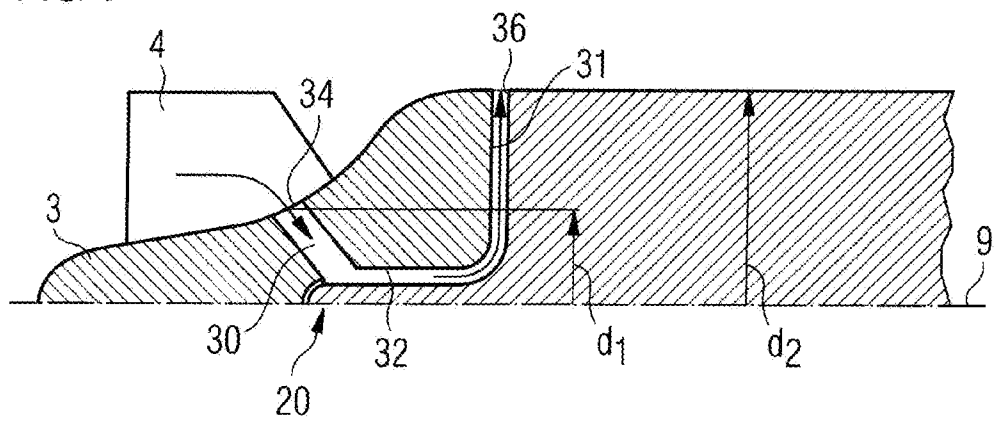


FIG 8

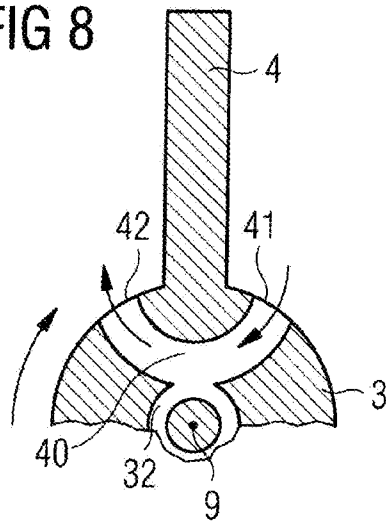


FIG 9

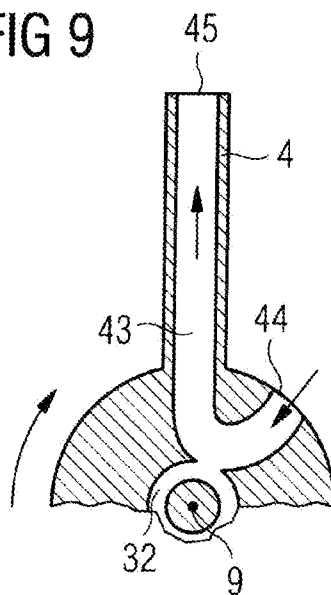


FIG 10

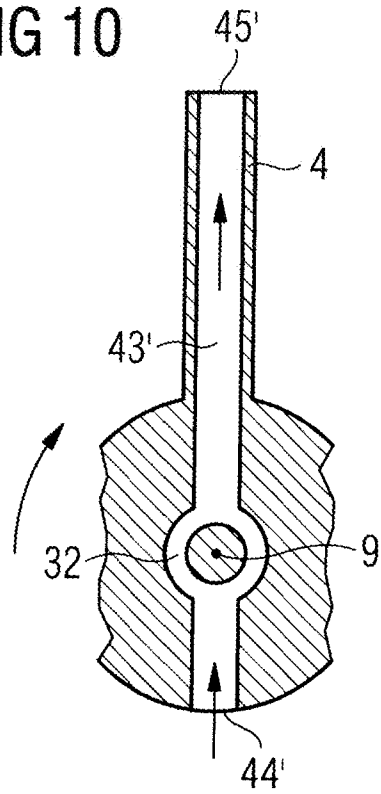
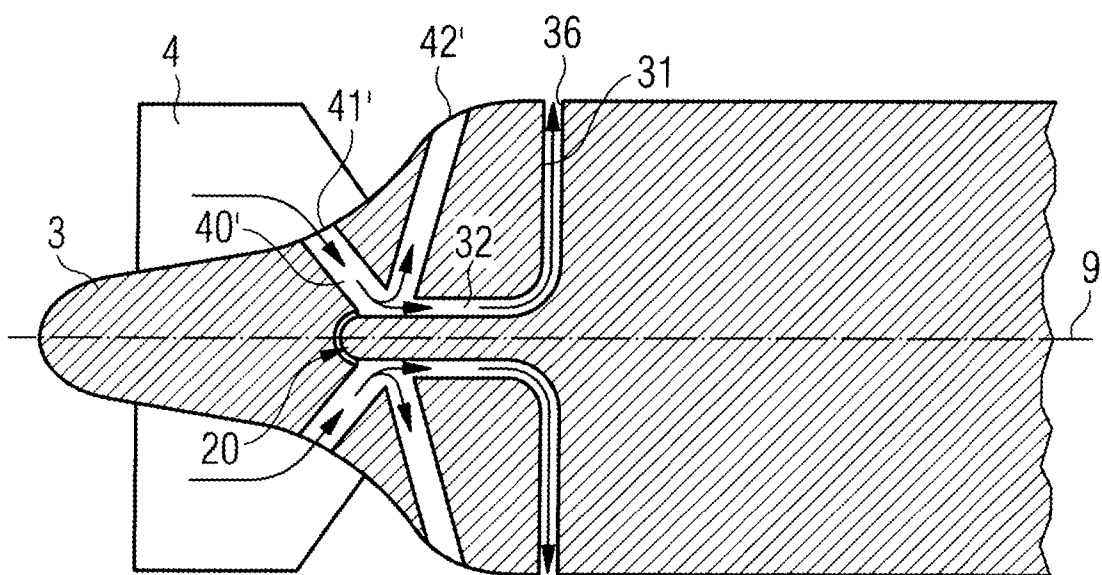


FIG 11



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 *Esta lista de referencias citada por el solicitante es únicamente para mayor comodidad del lector. No forman parte del documento de la Patente Europea. Incluso teniendo en cuenta que la compilación de las referencias se ha efectuado con gran cuidado, los errores u omisiones no pueden descartarse; la EPO se exime de toda responsabilidad al respecto.*

Documentos de patentes citados en la descripción

10

- US 20110238172 A1
- WO 2013185073 A1
- WO 9409274 A1