

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 026 736**

51 Int. Cl.:

A61M 60/824 (2011.01)

A61M 60/13 (2011.01)

A61M 60/804 (2011.01)

A61M 60/237 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2015** **E 20212476 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.03.2025** **EP 3808404**

54 Título: **Bomba de sangre con cojinete de autolavado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
12.06.2025

73 Titular/es:

ABIOMED EUROPE GMBH (100.00%)
Neuenhofer Weg 3
52074 Aachen, DE

72 Inventor/es:

SIESS, THORSTEN;
ABOULHOSN, WALID;
KERKHOFFS, WOLFGANG;
KEYSSELITZ, ELLEN y
SKRODSKY, PETER

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 3 026 736 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 con cojinete de autolavado

5 ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

La presente invención se refiere a una bomba de sangre, en particular, a una bomba de sangre intravascular, para mantener el flujo de sangre en un vaso sanguíneo de un paciente.

10 Son conocidas bombas de sangre de diferentes tipos, tales como las bombas de sangre axiales, las bombas de sangre centrífugas o las bombas de tipo mixto, en la que el flujo de sangre es producido tanto por fuerzas axiales como radiales. Las bombas de sangre intravasculares son introducidas en el vaso sanguíneo de un paciente, tal como en la aorta, por medio de un catéter. Una bomba de sangre comprende habitualmente una envoltura de la bomba que tiene una entrada del flujo de sangre y una salida del flujo de sangre. Con el
15 objeto de producir el flujo de sangre desde la entrada del flujo de sangre a la salida del flujo de sangre, un impulsor o rotor está soportado de forma que puede girar en el interior de la envoltura de la bomba alrededor de un eje de rotación, estando el impulsor dotado de una o varias palas para conducir la sangre.

El impulsor está soportado habitualmente en el interior de la envoltura de la bomba por medio, como mínimo, de un cojinete. Se conocen una diversidad de cojinetes, tales como los cojinetes del tipo de contacto y los cojinetes sin contacto. En general, los cojinetes del tipo de contacto pueden incluir todos los tipos de cojinetes en los que las superficies del cojinete pueden tener, por lo menos, un contacto parcial durante el funcionamiento de la bomba en cualquier momento (es decir, siempre, o de manera intermitente), por ejemplo, cojinetes de deslizamiento, cojinetes pivotantes, cojinetes hidrodinámicos, cojinetes hidrostáticos,
25 cojinetes de bolas, etc., o cualquier combinación de los mismos. En particular, los cojinetes de tipo de contacto pueden ser "cojinetes sumergidos en sangre", en los que las superficies del cojinete están en contacto con la sangre. Los cojinetes de tipo de contacto pueden calentarse durante su utilización y están sometidos a desgaste mecánico producido por el contacto de las superficies estática y rotativa del cojinete durante el funcionamiento de la bomba. Es deseable suministrar un fluido refrigerante al cojinete, tal como la
30 propia sangre.

En la Patente US 2011/0238172 A1 se dan a conocer, por ejemplo, disposiciones para el lavado de espacios o superficies del cojinete del interior de una bomba de sangre. Unos canales de lavado se extienden a través del impulsor y están en comunicación fluida con el conducto principal del flujo de sangre y con las superficies
35 del cojinete. La Patente US 2012/0089225 A1 da a conocer una bomba de sangre según el preámbulo de la reivindicación independiente 1.

CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION

40 Es un objetivo de la presente invención dar a conocer una bomba de sangre que permita el enfriamiento efectivo y el lavado de un cojinete que soporta de forma rotativa el impulsor de la bomba de sangre.

Este objetivo se alcanza, según la presente invención, por medio de una bomba de sangre que tiene las características de la reivindicación independiente 1. Las realizaciones preferentes y otros desarrollos de la
45 invención están especificados en las reivindicaciones dependientes.

Según la invención, el impulsor está soportado de forma rotativa en la envoltura de la bomba mediante, como mínimo, un cojinete que incluye dos cojinetes que tienen una parte estacionaria del cojinete que se extiende axialmente en el impulsor en extremos axiales opuestos del impulsor. Como mínimo uno de los dos cojinetes comprende, como mínimo, una parte estacionaria del cojinete acoplada a la envoltura de la bomba y teniendo la superficie estacionaria del cojinete dirigida radialmente hacia el exterior, comprendiendo, además, el cojinete una superficie rotativa del cojinete que interactúa con la superficie estacionaria del cojinete para formar el cojinete, en la que la superficie rotativa del cojinete está dirigida radialmente hacia el interior y está formada en una estructura de cojinete acoplada a un borde interior radialmente descubierto de, como mínimo,
55 una de las palas o adicionalmente en el borde interior radialmente descubierto de las palas. La utilización de los bordes interiores radialmente descubiertos de las palas para el cojinete permite un diseño abierto del cojinete que puede mejorar el lavado de las superficies del cojinete. De este modo, se puede reducir el calentamiento del cojinete. De manera similar, se pueden reducir las obstrucciones y los coágulos en el área del cojinete. En concreto, tener el borde interior de la pala rotativa actuando como la parte de acoplamiento del cojinete tiene la ventaja intrínseca de centrifugar la capa límite de sangre alejándola de las superficies del cojinete. Es decir, se crean unas fuerzas centrífugas que ayudan a arrastrar la sangre depositada, que tiene una densidad mayor que la sangre que circula, lejos de la superficie estacionaria del cojinete en una dirección radialmente hacia el exterior. De este modo, el diseño del cojinete contribuye al lavado de las superficies de acoplamiento del cojinete.
60
65

Preferentemente, la parte estacionaria del cojinete comprende, como mínimo, una espiga o un cono que se extiende a lo largo del eje de rotación. La parte estacionaria del cojinete puede ser de forma sustancialmente cilíndrica o cónica y puede variar en longitud a lo largo del eje de rotación. Por ejemplo, la parte estacionaria del cojinete puede extenderse axialmente a lo largo de menos de la mitad de la longitud del impulsor o se puede extender sustancialmente a lo largo de toda la longitud del impulsor. En concreto, si la parte estacionaria del cojinete es relativamente corta, el cojinete puede comprender dos partes estacionarias del cojinete que se extiendan axialmente hacia o dentro del impulsor desde los extremos opuestos del impulsor.

Independientemente del diseño específico y de la forma de la parte estacionaria del cojinete, la parte estacionaria del cojinete puede ser denominada como una "espiga" y el cojinete puede ser denominado como un "cojinete de espiga". Estos términos no están limitados a un diseño concreto de espiga, sino que se refieren a todos los tipos de las partes estacionarias del cojinete y a las disposiciones de las palas dentro del alcance de la presente invención, es decir, en particular una parte estacionaria del cojinete que tiene una superficie del cojinete dirigida radialmente hacia el exterior que interactúa con el borde interior radialmente descubierto de una pala del impulsor.

La superficie rotativa del cojinete se puede extender sustancialmente a lo largo de toda la longitud del borde interior radialmente descubierto de, como mínimo, una pala. Esto tiene como resultado una gran superficie del cojinete, lo cual es ventajoso, por ejemplo, para la disipación del calor. El hecho de que el cojinete esté formado sobre las palas que pueden ofrecer por sí mismas una gran disipación de calor, mejora asimismo la disipación del calor. Alternativamente, se puede extender solamente a lo largo de una parte de la longitud del borde interior radialmente descubierto de la pala. En concreto, con el fin de reducir el tamaño del área de contacto entre las superficies estacionaria y rotativa del cojinete, la superficie rotativa del cojinete puede estar conformada como uno o varios segmentos separados a lo largo de los bordes interiores radialmente descubiertos de las palas. Esto puede ser conseguido, por ejemplo, mediante un perfil específico desigual de los bordes interiores de la pala, en los que la superficie del cojinete puede estar formada por las partes elevadas del perfil, o por medio de recubrimientos, insertos, o similares. Se podrían utilizar materiales específicos para los recubrimientos y los insertos tal como se describirá con más detalle más adelante.

En una realización, la parte estacionaria del cojinete puede tener un conducto axial central que se extiende por todo el mismo. Por ejemplo, la parte estacionaria del cojinete o la espiga pueden tener un canal axial. Esto permite que la sangre fluya hacia una superficie axial extrema de la espiga con el objeto de realizar un lavado del espacio entre la espiga y el impulsor. Además, si el impulsor tiene un conducto axial central, la sangre puede fluir asimismo desde el conducto de la espiga hacia el conducto del impulsor.

La parte estacionaria del cojinete puede ser acoplada a la envoltura de la bomba mediante una estructura de soporte que comprende, como mínimo, una abertura para permitir que la sangre pase a través de la misma en dirección axial. Por ejemplo, la parte estacionaria del cojinete puede estar soportada por medio de unos tirantes que están conectados a la envoltura de la bomba. Esto puede ser especialmente útil si la parte estacionaria del cojinete está situada en una zona de entrada del flujo de sangre dado que permite que la espiga esté dispuesta en la entrada del flujo de sangre, mientras que la sangre puede entrar en la envoltura de la bomba a través de las aberturas definidas por medio de los tirantes. Esto también puede ser aplicable a la salida del flujo de sangre en el caso en que se desee que la sangre salga de la envoltura de la bomba en una dirección axial. Alternativamente, o como adición, la estructura de soporte puede estar dimensionada y conformada para dirigir un flujo de sangre en dirección radial. La estructura de soporte puede tener, por ejemplo, una forma cónica tal como un cono recto o curvo que forma un alojamiento para la espiga, ensanchándose la estructura de soporte en dirección descendente y estando dispuesta cerca de la salida del flujo de sangre.

En general, el concepto de cojinete de espiga antes descrito es aplicable a diferentes diseños del impulsor y, en particular, por lo menos, al de una sola pala, siempre que la superficie rotativa del cojinete esté formada sobre un borde interior radialmente descubierto de las palas, u opcionalmente, según la invención, sobre una estructura del cojinete acoplada a un borde interior radialmente al descubierto de las palas. En particular, la como mínimo una pala puede estar unida a la superficie exterior del cubo del impulsor, a una superficie interior del cubo del impulsor, o a ambas. Si las palas están situadas sobre la superficie exterior del cubo, el borde interior radialmente descubierto puede estar situado en una zona de las palas que se extienda radialmente más allá del cubo. Si las palas están situadas sobre la superficie interior del cubo, pueden ser consideradas como palas interiores y pueden estar situadas en un conducto del impulsor, tal como se describe en detalle más adelante. Se comprenderá que una combinación de palas "interiores" y "exteriores" puede estar incluida en un único impulsor.

Según una realización, el impulsor comprende, como mínimo, una pala exterior dispuesta sobre la superficie exterior del cubo del impulsor y dimensionada y conformada para conducir la sangre desde la entrada del flujo de sangre a la salida del flujo de sangre. Además, el impulsor de la bomba de sangre tiene un conducto para el flujo de sangre que se extiende a través del cubo del impulsor, como mínimo, estando dispuesta una pala interior en el conducto que está dimensionada y conformada para conducir sangre a través del conducto.

La superficie rotativa del cojinete está dispuesta en un borde interior radialmente descubierto de, como mínimo, una de las palas interiores o, como mínimo, una de las palas exteriores, o ambas, las palas interiores y las exteriores.

Al disponer palas interiores en el conducto del impulsor además de las palas exteriores, permite que el flujo de sangre desde la entrada del flujo de sangre hacia la salida del flujo de sangre sea mantenido por medio de las palas interiores que bombean la sangre a través del conducto del flujo de sangre del impulsor, en particular, si el flujo de sangre a través del conducto del impulsor está dirigido en la misma dirección que el flujo de sangre principal desde la entrada del flujo de sangre a la salida del flujo de sangre ("dirección del flujo hacia adelante"). Independientemente de la dirección del flujo en el conducto de flujo de sangre del impulsor, la circulación global de la sangre en el interior de la envoltura de la bomba puede ser mejorada por medio de las palas interiores, mejorando de este modo el lavado y el enfriamiento de los espacios libres, las superficies del cojinete y otras superficies en el interior de la envoltura de la bomba. Las palas interiores no requieren un espacio adicional o un mecanismo adicional de accionamiento debido a que están dispuestas en el conducto de flujo de sangre del impulsor y giran junto con el impulsor.

Preferentemente, las palas interiores están dimensionadas y conformadas para conducir la sangre a través del conducto hacia el cojinete. En particular, esto significa que la sangre puede ser conducida por medio de las palas interiores al cojinete, al interior del cojinete o a lo largo del cojinete. Las palas interiores crean un flujo activo de lavado del cojinete, preferentemente en la dirección del flujo hacia adelante, para lavar y enfriar el cojinete, lo que es particularmente ventajoso cuando el cojinete es un cojinete del tipo de contacto. La disipación del calor se maximiza. De este modo, se puede reducir o evitar la obstrucción y la coagulación de la sangre en el cojinete. En un determinado diseño de bomba, un flujo de lavado en la "dirección hacia atrás del flujo" (es decir, opuesta a la "dirección del flujo hacia adelante") podría ser ventajoso. Por ejemplo, las bombas de sangre de gran diámetro podrían beneficiarse de tener un gradiente de presión además de un impulsor con una pala interior para conducir un flujo de sangre muy elevado en sentido contrario sin afectar al flujo global de la bomba.

El conducto de flujo de sangre del impulsor podría extenderse, por lo menos parcialmente, preferentemente de forma completa, en sentido axial, a lo largo, como mínimo, de una parte del impulsor, en particular del cubo del impulsor. Cuando, por lo menos, una parte del conducto, en particular la parte del conducto en la que están dispuestas las palas interiores, está alineada con el eje de rotación, esto puede mejorar el bombeo de la sangre por medio de las palas interiores debido a que las palas interiores giran entonces alrededor del eje de rotación. Además, las palas interiores pueden eliminar físicamente cualquier depósito de sangre en la zona del cojinete, así como mediante la acción de un flujo de sangre altamente turbulento en las proximidades de la superficie de la espiga del cojinete. En otras palabras, los bordes interiores radialmente al descubierto de las palas interiores pueden actuar como una pala de limpieza en la superficie estacionaria del cojinete de la parte estacionaria del cojinete.

El conducto del impulsor puede tener una parte o unas partes que no se extienden a lo largo del eje de rotación, sino que están inclinadas con respecto al eje de rotación. En particular, una o varias partes extremas del conducto del impulsor pueden estar inclinadas con respecto al eje de rotación. Sin embargo, es preferente que el conducto del flujo de sangre se extienda completamente a través del impulsor a lo largo del eje de rotación desde un primer extremo o abertura axial hasta un segundo extremo o abertura axial. Las palas interiores pueden entonces bombear sangre a lo largo de una dirección axial a través del conducto del flujo de sangre del impulsor. Si el conducto axial se extiende completamente a través del impulsor a lo largo del eje de rotación, el impulsor puede ser considerado como que es hueco o que tiene un cubo hueco, por ejemplo, como un cilindro hueco o un cono hueco, con las palas exteriores dispuestas en la superficie exterior del cubo hueco y las palas interiores dispuestas en la superficie interior del cubo hueco. Se comprenderá que cualesquiera otras formas huecas adecuadas que pueden no ser necesariamente estrictamente cilíndricas pueden ser escogidas para el impulsor, tales como las sustancialmente cilíndricas o cónicas u otras formas tubulares.

En una realización, el cojinete puede estar dispuesto en el conducto de flujo de sangre. Al posicionar el cojinete en el conducto del impulsor puede mejorar el lavado y el enfriamiento del cojinete, dado que el cojinete está dispuesto directamente en el flujo de la sangre que es bombeada a través del conducto del impulsor. La parte estacionaria del cojinete puede comprender, como mínimo, una espiga que se extiende a lo largo del eje de rotación, en la que, por lo menos una parte de la espiga se acopla al borde interior radialmente descubierto de las palas, en particular de las palas interiores, o se acopla a una estructura del cojinete unida al borde interior radialmente descubierto de las palas para formar como mínimo un cojinete. Se comprenderá que la espiga puede ser sustancialmente cilíndrica o puede estrecharse para adoptar una forma cónica. Esta última forma puede permitir asimismo la compensación de las fuerzas axiales de modo que el cojinete puede actuar como un cojinete axial y radial. La espiga se puede extender solamente hacia una parte extrema del conducto o a su interior, o se puede extender a una mayor distancia en el conducto, por ejemplo, a lo largo de, como mínimo, la mitad, preferentemente por lo menos tres cuartas partes de la longitud del conducto del impulsor. En una realización preferente, la espiga se puede extender completamente a través

del conducto del impulsor, es decir, por lo menos a lo largo de toda la longitud del conducto del impulsor. La longitud de la espiga puede ser mayor que la longitud del conducto de flujo de sangre del impulsor. Independientemente de la longitud de la espiga, el diámetro máximo de la espiga puede ser más pequeño que el diámetro mínimo del conducto del impulsor. Esto permite que la sangre fluya a través del conducto más allá de la espiga.

En particular, las palas interiores pueden tener, como mínimo, un borde interior radialmente descubierto que define la superficie rotativa del cojinete. Es decir, por lo menos una parte del borde interior en sentido radial de las palas interiores puede acoplarse, por lo menos, a una parte de la superficie estacionaria del cojinete, por ejemplo, una superficie circunferencial de la espiga para formar, como mínimo, un cojinete. La utilización de las palas interiores como una estructura del cojinete simplifica la construcción de la bomba de sangre porque no es necesaria una estructura adicional del cojinete. Esto es particularmente ventajoso cuando la espiga se extiende completamente a través del conducto del impulsor. Los bordes de las palas interiores pueden estar en contacto con la superficie circunferencial de la espiga a lo largo de toda su longitud o, como mínimo, a lo largo de sustancialmente toda su longitud. Además, dado que las palas interiores forman la parte dinámica del cojinete, la disipación del calor se maximiza especialmente cuando las palas interiores están fabricadas de un material que tiene una elevada velocidad de transferencia del calor. Dado que este cojinete se extiende por todo el conducto de flujo de sangre del impulsor, el cojinete es enfriado y lavado de manera efectiva. Las palas interiores tienen múltiples funciones. Actúan como un medio de bombeo para bombear sangre a través del conducto del impulsor para lavar de forma activa el cojinete, mientras que al mismo tiempo actúan como el propio cojinete. Además, actúan como una superficie de disipación del calor que está dispuesta en una zona de flujo turbulento para maximizar la disipación de calor. Los bordes interiores de las palas en sentido radial pueden ser cónicos en la dirección circunferencial para mejorar la funcionalidad de un cojinete hidrodinámico comparado con los bordes que son paralelos a la superficie de la espiga.

En una realización, en la que están dispuestas, por lo menos, una pala exterior y, por lo menos, una pala interior, como mínimo una pala del impulsor puede estar dispuesta en el cubo del impulsor de tal modo que la pala está dividida por medio del cubo en una parte interior que forma la pala interior y una parte exterior que forma la pala exterior. En otras palabras, las palas interiores pueden estar alineadas con las palas exteriores, o las palas interiores pueden formar una "continuación" de las palas exteriores a través del cubo del impulsor, en particular cuando el impulsor tiene un cubo hueco. En particular, las palas interiores y las palas exteriores pueden tener un tamaño y una forma que coincida. Independientemente del tamaño y la forma específica de las palas, el cubo hueco puede ser continuo o puede estar interrumpido por aberturas que permiten que la sangre fluya desde las palas interiores a las palas exteriores, o viceversa, lo cual puede ser ventajoso para el equilibrio hidráulico. En general, es importante que el flujo de sangre producido por las palas interiores y el flujo de sangre producido por las palas exteriores esté equilibrado hidráulicamente. Como resultado, ambos conjuntos de palas producirán un flujo de sangre en dirección hacia adelante, en particular dentro de un margen de funcionamiento de una presión de hasta 26,7 kPa (200 mm de Hg).

Por ejemplo, las palas interiores y exteriores pueden extenderse la misma distancia desde el cubo del impulsor radialmente hacia el interior y radialmente hacia el exterior, respectivamente. Este diseño es simple dado que define básicamente un conjunto de palas que está separado en palas interiores y exteriores por medio del cubo del impulsor hueco. No obstante, en otra realización, las palas interiores y exteriores pueden no estar alineadas o pueden no coincidir en forma y tamaño. Por ejemplo, las palas interiores pueden ser más pequeñas que las palas exteriores. Las palas interiores y exteriores pueden diferir en el ángulo de entrada, en el ángulo de salida y/o en el ángulo de paso dependiendo de los requisitos hidráulicos. Aparte de esto, el número de palas exteriores y el número de palas interiores puede ser el mismo o puede ser diferente, independientemente de si las palas exteriores y las palas interiores están alineadas o coinciden en tamaño y forma. Por ejemplo, puede haber más palas interiores que palas exteriores, tal como tres palas interiores y dos palas exteriores. Se comprenderá que puede haber solamente una única pala interior o una única pala exterior, o que puede haber dos o más palas interiores o exteriores. En general, si está dispuesta más de una pala, no todas ellas, tal como solamente una de ellas, puede formar parte del cojinete, mientras que las otras palas pueden estar separadas de la superficie estacionaria del cojinete. Las palas interiores o las palas exteriores, o ambas, pueden ser espirales alrededor del eje de rotación, es decir, pueden ser de forma helicoidal o variar en el paso. Alternativamente, las palas se pueden extender rectas en la dirección axial.

Las palas interiores pueden coincidir completamente con las palas exteriores. De hecho, se puede conseguir que ambas palas interiores y exteriores formen una pala única que se mantiene en posición por medio de un cubo exterior, de modo que las palas se extienden centradas hacia el cubo y pueden formar junto con la espiga central un cojinete radial. El cubo exterior puede alojar un conjunto de imanes que forman el rotor del motor eléctrico que es accionado por las bobinas del estator situadas en la superficie exterior de la envoltura de la bomba.

En una realización, la envoltura de la bomba puede tener una entrada secundaria del flujo de sangre separada axialmente de la entrada del flujo de sangre y de la salida del flujo de sangre en la dirección principal del flujo. Por ejemplo, la entrada del flujo de sangre puede estar dispuesta en el extremo superior de

la envoltura de la bomba, y la entrada secundaria del flujo de sangre puede estar dispuesta en el extremo inferior opuesto de la envoltura de la bomba. Sin embargo, la entrada secundaria del flujo de sangre puede estar asimismo dispuesta circunferencialmente en la envoltura de la bomba. La entrada secundaria del flujo de sangre puede ser usada para crear un flujo de lavado a lo largo del impulsor. Con este propósito, el impulsor puede comprender, por lo menos, dos palas, estando asociada como mínimo una de ellas con la entrada del flujo de sangre con el objeto de conducir sangre desde la entrada del flujo de sangre a la salida del flujo de sangre en la dirección principal del flujo y, por lo menos, otra de las entradas está asociada con la entrada secundaria del flujo de sangre para conducir sangre desde la entrada secundaria del flujo de sangre a la salida del flujo de sangre en una dirección opuesta a la dirección principal del flujo.

Por lo menos las dos palas pueden estar dispuestas en partes axialmente opuestas del impulsor, adyacentes a una parte intermedia del impulsor, y por lo menos una pala asociada con la entrada secundaria de flujo de sangre está dimensionada y conformada para conducir la sangre a lo largo de la parte intermedia del impulsor. Es decir, el impulsor puede ser considerado como un "impulsor doble", siendo bombeada la sangre en dos direcciones opuestas hacia el centro del impulsor por medio de palas opuestas que están dispuestas en partes extremas opuestas del impulsor. Mientras que las palas que están asociadas con la entrada del flujo de sangre crean el flujo de sangre principal, las palas asociadas con la entrada secundaria del flujo de sangre producen un flujo de lavado activo a lo largo del cubo del impulsor. En esta realización, el impulsor puede comprender dos de los cojinetes de espiga antes mencionados en sus extremos axiales opuestos, con unos bordes interiores radialmente descubiertos de las palas respectivas que están soportados por la espiga respectiva. Las palas "secundarias" son utilizadas para arrastrar sangre desde el exterior de la bomba y forzarla a través del intersticio radial entre el accionamiento magnético y la envoltura de la bomba con el fin de lavar y enfriar el motor eléctrico formado por el accionamiento magnético y las bobinas del estator estacionario posicionadas en la superficie exterior de la envoltura de la bomba. Se comprenderá que la bomba secundaria puede estar diseñada como una bomba axial de flujo mezclado o una bomba sustancialmente radial.

Según la invención, en vez o además de utilizar el borde interior radialmente al descubierto de las palas como la propia superficie rotativa del cojinete, una estructura del cojinete acoplada al borde interior radialmente descubierto de las palas se utiliza para el cojinete. La superficie rotativa del cojinete puede estar definida, como mínimo, por un anillo que acopla, por lo menos, una parte de la espiga. Por lo menos un anillo puede estar dispuesto separado de las palas interiores o puede estar acoplado, como mínimo, a una o a todas las palas interiores, tanto en adición a la superficie rotativa del cojinete formada por los bordes interiores radialmente al descubierto de las palas interiores o como alternativa al mismo. En otras palabras, la superficie del cojinete de la estructura del cojinete puede estar formada solamente, como mínimo por un anillo, o puede estar formada, como mínimo por un anillo junto con los bordes interiores radiales de las palas.

Alternativamente o adicionalmente al anillo, la estructura del cojinete puede comprender, por lo menos, un ala que se acopla como mínimo a una parte de la espiga y que puede estar acoplada, por lo menos, a una o a todas las palas interiores. Como mínimo, un ala puede tener forma de un arco de círculo que coincide en tamaño y forma con la superficie circunferencial exterior de la espiga para formar un cojinete que, en particular, proporciona un centrado radial del impulsor. Se comprenderá que los anillos mencionados anteriormente pueden estar formados por dichas alas. Por ejemplo, por lo menos dos, tal como dos, tres o cuatro alas circunferencialmente adyacentes pueden estar conectadas para formar un anillo. Las alas o los anillos pueden estar dispuestos en una o varias posiciones a lo largo de la longitud del conducto del impulsor. Estas alas pueden tener una forma geométrica determinada para maximizar la cantidad de sangre o solamente el plasma sanguíneo que entra en la zona del cojinete. Además, la fuerza centrífuga en las proximidades de la espiga del cojinete podría ser utilizada para desplazar los glóbulos rojos y otros componentes celulares de la sangre en sentido radial desde la zona del cojinete y para alejarlos de la zona del cojinete.

En otra realización, la superficie rotativa del cojinete puede estar dimensionada y conformada para acoplar el extremo axial de la parte estacionaria del cojinete para formar como mínimo un cojinete y puede estar acoplada, como mínimo, a una o a todas las palas. La superficie rotativa del cojinete puede ser una superficie continua o puede comprender segmentos separados que pueden estar dispuestos de forma regular, por ejemplo, simétricamente con respecto al eje de rotación. La superficie rotativa del cojinete puede formar, por ejemplo, una copa, un domo, una semiesfera, un cono o cualquier otra superficie adecuada rotativamente simétrica que coincida en tamaño y forma con la superficie del extremo axial de la espiga. Este tipo de cojinete proporciona un centrado radial del impulsor, así como un soporte axial.

La bomba de sangre es accionada preferentemente mediante un accionamiento radial con un dispositivo eléctrico que está acoplado a la envoltura de la bomba y está dispuesto circunferencialmente alrededor del impulsor y opcionalmente a la envoltura de la bomba para crear un campo magnético rotativo. Unos imanes permanentes en el impulsor están acoplados magnéticamente al campo magnético rotativo de la bobina del estator de modo que producen la rotación del impulsor alrededor del eje de rotación. Los imanes pueden estar incorporados en el impulsor, en particular en las palas, preferentemente en las palas exteriores. Un

accionamiento radial permite un diseño compacto de la bomba de sangre y puede ser diseñado independientemente del cojinete, en particular la espiga antes mencionada que se extiende en el conducto del impulsor. Sin embargo, se comprenderá que en la bomba de sangre se puede emplear cualquier otro mecanismo de accionamiento adecuado. En particular, son preferentes mecanismos de accionamiento adecuados para bombas intravasculares de catéter que están diseñados para su miniaturización y una alta densidad de energía.

El cojinete antes mencionado puede estar soportado por medio de un cojinete adicional. El cojinete adicional puede estar diseñado concretamente para soportar cargas axiales en una o en ambas direcciones axiales a lo largo del eje de rotación con el fin de disminuir la carga del cojinete de espiga. En una realización, la parte estacionaria del cojinete y el impulsor pueden comprender cada uno, como mínimo, un imán. El imán en la parte estacionaria del cojinete y el imán en el impulsor pueden estar alineados radialmente y dispuestos en la parte estacionaria del cojinete y del impulsor respectivamente, de tal modo que se produce una fuerza magnética axial de repulsión entre la parte estacionaria del cojinete y el impulsor. En consecuencia, las respectivas superficies axiales extremas del impulsor y la parte estacionaria del cojinete no están en contacto entre sí debido a la fuerza magnética de repulsión, de tal modo que se evita el desgaste y el calentamiento en las superficies axiales extremas, mientras que la fuerza magnética de repulsión ayuda a alinear axialmente el impulsor en la envoltura de la bomba. Esto puede ser especialmente útil si las fuerzas magnéticas de repulsión actúan sobre el impulsor desde ambos extremos axiales opuestos en direcciones opuestas.

En una realización, como mínimo una de la superficie estacionaria del cojinete y de la superficie rotativa del cojinete pueden comprender un material que tenga una dureza mayor que el material del resto de la parte estacionaria del cojinete y del impulsor, respectivamente, para reducir el desgaste de las superficies del cojinete. Por ejemplo, se puede utilizar un recubrimiento o unos insertos de un material específico para reducir el desgaste. Un material adecuado puede ser la cerámica. Con el objeto de incrementar la disipación del calor, las palas pueden estar fabricadas, por ejemplo, de metal, mientras que las palas, en particular la superficie rotativa del cojinete en los bordes radiales interiores al descubierto de las palas puede estar recubierta con cerámica, de manera parcial o completa, o puede tener insertos de cerámica. Los insertos, tales como los insertos de cerámica, podrían ser insertos moldeados o unidos a la superficie interior de la pala que está en contacto con la superficie de la espiga con el objeto de incrementar la duración del cojinete. Dado que una elevada disipación del calor es intrínseca a las palas, se podría aceptar una elevada generación de calor sin afectar negativamente a los depósitos de sangre en la zona del cojinete o al desgaste del cojinete. Con respecto a la disipación del calor, el carburo de silicio puede ser preferente para los insertos o para el recubrimiento. Asimismo, el material de acoplamiento puede ser acero, que puede estar recubierto, por ejemplo, con un recubrimiento de diamante. Además, es preferente mantener al mínimo la velocidad relativa a la que las partes acopladas se deslizan unas contra las otras, preferentemente por debajo de 1,5 m/s, lo que corresponde a un diámetro del vástago de aproximadamente 1 mm para una bomba de un diámetro exterior de 6 mm y una velocidad de diseño de 30.000 rpm.

En otra realización, el impulsor puede incluir, por lo menos, una pala secundaria dispuesta en una superficie axial extrema del impulsor. Las palas secundarias pueden mejorar el lavado de las superficies del cojinete o de los intersticios entre el impulsor y la envoltura de la bomba, o pueden proporcionar un cojinete hidrodinámico axial cuando interactúan con la respectiva superficie interior, preferentemente lisa de la envoltura de la bomba.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

El resumen anterior, así como la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferentes será comprendida mejor cuando sea leída conjuntamente con los dibujos adjuntos. Con el propósito de ilustrar la presente invención, se hace referencia a los dibujos. Sin embargo, el alcance de la invención no está limitado a las realizaciones específicas dadas a conocer en los dibujos. En dichos dibujos:

la figura 1 muestra una vista, en perspectiva, de una realización de una bomba de sangre.

La figura 2 muestra una vista, en sección, de la bomba de sangre de la figura 1.

La figura 3 muestra una vista, en perspectiva, de una parte de la bomba de sangre de la figura 1.

La figura 4 muestra una vista, en sección, de la parte mostrada en la figura 3.

La figura 5 muestra una vista, en perspectiva, del impulsor de la bomba de sangre de la figura 1.

La figura 6 muestra una vista, en sección, del impulsor mostrado en la figura 5.

La figura 7 muestra una vista, en perspectiva, de la espiga de la bomba de sangre de la figura 1.

La figura 8 muestra una vista, en perspectiva, de una disposición de un impulsor de otra realización.

La figura 9 muestra una vista, en perspectiva, de una disposición de un impulsor de otra realización.

La figura 10 muestra una vista, en sección, de la disposición del impulsor de la figura 9.

La figura 11 muestra una vista, en perspectiva, del impulsor de la figura 9.

La figura 12 muestra una vista, en perspectiva y semitransparente, del impulsor de la figura 9.

La figura 13 muestra una vista, en perspectiva, de la espiga de la disposición del impulsor de la figura 9.

La figura 14 muestra una vista, en perspectiva, de un impulsor según otra realización.

- La figura 15 muestra una vista, en perspectiva, de un impulsor según otra realización.
 La figura 16 muestra una vista, en perspectiva, de un impulsor según otra realización.
 La figura 17 muestra una vista, en sección, del impulsor de la figura 16.
 La figura 18 muestra una vista, en sección, a mayor escala, del impulsor de la figura 16.
 5 La figura 19 muestra una vista, en alzado lateral, de un conjunto de un impulsor según otra realización.
 La figura 20 muestra una vista, en sección, del conjunto de la figura 19.
 La figura 21 muestra una vista, en perspectiva, en sección, del conjunto de la figura 19.
 La figura 22 muestra una vista, en alzado lateral, de un conjunto de un impulsor según otra realización.
 La figura 23 muestra una vista, en sección, del conjunto de la figura 22.
 10 La figura 24 muestra una vista, en perspectiva, en sección, del conjunto de la figura 22.
 La figura 25 muestra una vista, en alzado lateral, de un conjunto de un impulsor según otra realización.
 La figura 26 muestra una vista, en sección, del conjunto de la figura 25.
 La figura 27 muestra una vista, en perspectiva, en sección, del conjunto de la figura 25.
 La figura 28 muestra una vista, en sección, de un conjunto de un impulsor según otra realización.
 15 La figura 29 muestra una vista, en perspectiva, del impulsor de la figura 28.
 La figura 30 muestra una vista, en perspectiva, del impulsor junto con la parte estacionaria del cojinete de la figura 28.
 La figura 31 muestra una vista, en sección, de un impulsor según otra realización.
 La figura 32 muestra una vista, en sección, de un impulsor según otra realización.
 20 La figura 33 muestra una vista, en sección, de una bomba de sangre según otra realización.
 La figura 34 muestra el impulsor de la bomba de sangre de la figura 33.
 La figura 35 muestra el impulsor junto con las partes estacionarias del cojinete de la bomba de sangre de la figura 33.
 La figura 36 muestra el impulsor junto con las partes estacionarias del cojinete y la unidad de accionamiento de la bomba de sangre de la figura 33.
 25 La figura 37 muestra una vista, en perspectiva, de la bomba de sangre de la figura 33.
 La figura 38 muestra una vista, en sección, de una bomba de sangre según otra realización.
 La figura 39 muestra una vista, en sección, de una realización de un impulsor.
 La figura 40 muestra una vista, en sección, de una realización de un impulsor.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

- Haciendo referencia a las figuras 1 y 2, en ellas se muestran respectivamente una vista en perspectiva y una vista en sección de una bomba de sangre 1, que no es según la invención tal como está reivindicada. La
 35 bomba de sangre 1 comprende una envoltura 2 de la bomba con una entrada 21 del flujo de sangre y una salida 22 del flujo de sangre. La bomba de sangre 1 está diseñada como una bomba intravascular, también denominada bomba de catéter, y es implantada en un vaso sanguíneo de un paciente por medio de un catéter 25. La entrada 21 del flujo de sangre está conectada a una cánula flexible 23 que puede ser colocada a través de una válvula cardíaca, tal como la válvula aórtica, en la utilización. La salida 22 del flujo de sangre
 40 está situada en una superficie lateral de la envoltura 2 de la bomba y puede ser colocada en el interior de un vaso cardíaco, tal como la aorta. La bomba de sangre 1 está conectada al catéter 25 con el objeto de alimentar la bomba de sangre 1 con energía eléctrica para accionar la bomba 1 por medio de una unidad de accionamiento 5, tal como se explica con más detalle más adelante. En general, se comprenderá que en una bomba de sangre el flujo puede ser en el sentido inverso al descrito en la presente invención. Por ejemplo, en
 45 la realización de la figura 1, el numeral 22 puede indicar la entrada del flujo de sangre y el 21 la salida del flujo de sangre.

- Haciendo referencia a las figuras 3 a 6, que no son según la invención tal como está reivindicada, un impulsor 3 está dispuesto para conducir la sangre desde la entrada 21 del flujo de sangre a la salida 22 del flujo de sangre, y está montado de forma rotatoria sobre un eje de rotación en el interior de la envoltura 2 de la bomba. El eje de rotación es preferentemente el eje longitudinal del impulsor 3. El impulsor 3 está soportado de forma rotatoria por medio de un cojinete 60 formado por una espiga 4 y una estructura del cojinete en el interior del impulsor 3, el cual por consiguiente puede ser denominado un cojinete de espiga. La estructura del cojinete está formada por palas interiores 32, tal como se describe con más detalle más adelante. Las
 50 palas exteriores 31 están dispuestas sobre un cubo 36 del impulsor 3 para conducir la sangre cuando el impulsor 3 gira. La rotación del impulsor 3 es producida por medio de la unidad de accionamiento 5 dispuesta en sentido circunferencial alrededor de la envoltura 2 de la bomba. La unidad de accionamiento 5 comprende el estator de un motor eléctrico que crea un campo magnético rotativo. Unos imanes en las palas exteriores 31 del impulsor 3 interactúan con el campo magnético rotativo de modo que producen la rotación del impulsor 3 alrededor del eje de rotación. Es posible asimismo formar las palas exteriores 31 de un material magnético. Tal como se puede ver en la figura 2, las palas exteriores 31 son más gruesas que las palas interiores 32, de modo que proporcionan espacio suficiente para imanes o material magnético. La bomba de sangre 1 mostrada es una bomba de sangre de tipo mixto, en la que la dirección principal del flujo es la axial. Se comprenderá que la bomba de sangre 1 podría asimismo ser una bomba de sangre puramente axial, dependiendo de la disposición del impulsor 3, en particular de las palas 31.
 65

El impulsor 3 incluye un conducto 33 para el flujo de sangre que se extiende a lo largo del eje de rotación, completamente a través del impulsor 3. En esta realización, el impulsor 3 es hueco, es decir, el cubo 36 del impulsor forma un tubo cilíndrico. Las palas interiores 32 están dispuestas en el conducto 33. La espiga 4 se extiende a través del conducto 33, teniendo la espiga 4 un diámetro más pequeño que el conducto 33, de modo que permite que la sangre fluya más allá de la espiga 4. Tal como se muestra asimismo en las figuras 3 a 6, los bordes interiores 50 radialmente descubiertos de las palas interiores 32 tienen una superficie 62 dirigida radialmente hacia el interior, que se acopla o entra en contacto con una superficie circunferencial exterior 61 de la espiga 4 de modo que forma el cojinete 60 que soporta de manera rotativa el impulsor 3. Con el fin de que el cojinete 60 mejore en particular sus propiedades hidrodinámicas, los bordes 50 de las palas interiores 32 pueden ser cónicos en la dirección circunferencial.

La espiga 4, es decir, la parte estacionaria del cojinete, se muestra por separado en la figura 7. La espiga 4 tiene un cuerpo longitudinal con un primer extremo axial 41 y un segundo extremo axial 42. El primer extremo axial 41 comprende una parte ensanchada con el objeto de sujetar la espiga 4 en la envoltura 2 de la bomba, de modo que la espiga 4 es estacionaria. Tal como se puede ver, por ejemplo, en la figura 4 la parte ensanchada 41 está formada para guiar el flujo de sangre hacia las aberturas de la salida 22 del flujo de sangre. En vez de una única espiga 4 que se extiende por todo el recorrido a través del impulsor 3, pueden estar dispuestas dos espigas más cortas que se extienden en el primer y segundo extremos axiales 34, 35 del impulsor 3, respectivamente. La superficie circunferencial exterior 61 de la espiga 4 proporciona la superficie estacionaria del cojinete para el cojinete 60.

Una vez que se produce la rotación del impulsor 3 por medio de la unidad de accionamiento 5, la sangre es bombeada desde la entrada 21 del flujo de sangre a la salida 22 del flujo de sangre por medio de las palas exteriores 31. Al mismo tiempo, la sangre es conducida a través del conducto 33 del impulsor 3 desde el primer extremo axial 34 hasta el segundo extremo axial 35 por medio de las palas interiores 32. En esta realización, el flujo de sangre a través del conducto 33 del impulsor 3 es dirigido en la misma dirección que el flujo principal de sangre desde la entrada 21 del flujo de sangre a la salida 22 del flujo de sangre, es decir, el flujo de sangre a través del conducto 33 es en dirección hacia adelante. El cojinete 60 formado por la espiga 4 y las palas interiores 32 es enfriado y lavado de forma activa por medio del flujo de sangre producido por las palas interiores 32 para impedir obstrucciones y coágulos de sangre.

En general, es importante que el flujo de sangre producido por las palas interiores y el flujo de sangre producido por las palas exteriores estén equilibrados hidráulicamente de modo que ambos conjuntos de palas produzcan un flujo de sangre en dirección hacia adelante. Esto se puede conseguir al disponer aberturas en el cubo del impulsor de modo que conecten el conducto del flujo de sangre con el entorno del impulsor. La figura 8 muestra una realización de un impulsor 603 en la que el cubo 636 comprende una serie de anillos separados axialmente que llevan las palas. Las palas están divididas por medio del cubo 636 en palas exteriores 631 y palas interiores 632, en las que los bordes radiales interiores 650 al descubierto de las palas interiores forman la superficie de rotación del cojinete, tal como se ha descrito en relación con la realización anterior. Las aberturas, es decir, los espacios entre los anillos 636, hacen posible conseguir un equilibrio hidráulico de los flujos de sangre producidos por las palas interiores 632 y las palas exteriores 631, respectivamente. Se comprenderá que las aberturas pueden ser diseñadas de una manera diferente. Por ejemplo, podrían existir más o menos anillos, las dimensiones axiales de los anillos y los espacios entre los anillos podrían ser más grandes o más pequeños según se desee. Las aberturas también podrían estar formadas como simples orificios en el cubo del impulsor que puede adoptar cualquier tamaño y forma dependiendo de los requisitos hidráulicos.

En las figuras 9 a 13 se muestra otra realización, que es según la invención tal como está reivindicada, que coincide con la realización mostrada en las figuras 1 a 7 excepto por el diseño de las palas exteriores 131, las palas interiores 132 y la espiga 104. Sin embargo, las figuras 9 a 13 no muestran el segundo cojinete según la parte caracterizadora de la reivindicación independiente 1. Tal como se puede ver en las figuras 9 a 12, al igual que en la realización de la figura 8, las palas interiores 132 están alineadas con las palas exteriores 131, de tal modo que las palas interiores 132 forman una continuación de las palas exteriores 131 a través del cubo 136 del impulsor 103 o son simétricas con respecto al cubo 136. Las palas interiores 132 y las palas exteriores 131 están separadas por el cubo 136 del impulsor hueco 3 y coinciden unas con otras en tamaño y forma. En esta realización, están dispuestas dos palas interiores 132 y dos palas exteriores 131, extendiéndose helicoidalmente las palas exteriores 131 sobre la superficie exterior del cubo 136 y extendiéndose helicoidalmente las palas interiores 132 sobre la superficie interior del cubo 136. El cubo 136 es hueco y de forma cilíndrica con un conducto 133 que se extiende desde un primer extremo axial 134 hasta un segundo extremo axial 135. Una parte cónica 137 está unida al segundo extremo axial 135 para guiar el flujo de sangre hacia la salida 22 del flujo de sangre de la bomba de sangre 1.

En esta realización, un anillo 155 está unido a las palas interiores 132 para proporcionar una superficie rotativa del cojinete 162 que se acopla a la espiga 104, en particular a la superficie exterior 161 de la espiga 104 para formar el cojinete 160. El anillo 155 proporciona un centrado radial del impulsor 103 y guía la rotación del impulsor 103 alrededor del eje de rotación. La espiga 104 se muestra en la figura 13 y es más

corta que en la realización anteriormente descrita. Tiene un primer extremo axial 141 que comprende una placa para fijar la espiga 104 en la envoltura de la bomba, y un segundo extremo axial 142. Se comprenderá que el impulsor 103 mostrado en las figuras 9 a 12 puede ser utilizado también con la espiga larga 4 mostrada en la figura 7. El anillo 155 puede proporcionar la única superficie del cojinete. Sin embargo, en particular, cuando el impulsor 103 es utilizado con una espiga más larga, puede haber dos o más anillos dispuestos a lo largo del impulsor 103, por ejemplo, un anillo en cada uno del primer y segundo extremos axiales 134, 135. Según la invención, puede ser también posible disponer dos de las espigas cortas 104, con una de las espigas situada en el primer extremo axial 134 del impulsor 103 y la otra espiga situada en el segundo extremo axial 135 del mismo. En ambos casos, la zona de acoplamiento del cojinete puede estar limitada a un mínimo.

La figura 14 muestra otra realización que es según la invención tal como está reivindicada, de nuevo sin mostrar el segundo cojinete, en la que las alas 153 están unidas a las palas interiores 132 para definir las superficies del cojinete 162. Esta realización es similar a la realización en la que el anillo 155 define la superficie rotativa del cojinete 162. Las alas separadas 153 pueden mejorar el lavado del cojinete 160 en comparación con un anillo cerrado. En la figura 15 que no es según la invención tal como está reivindicada, se muestra otra realización en la que el impulsor 103 no tiene superficies de cojinete adicionales, pero en la que las superficies rotativas del cojinete 162 están definidas por medio de los bordes interiores 150 en sentido radial de las palas interiores 132 como en la realización de las figuras 1 a 7. Asimismo, en las otras realizaciones, los bordes interiores 150 radialmente al descubierto de las palas interiores 132 pueden actuar como superficies rotativas del cojinete, además de las superficies del cojinete 162 formadas por medio del anillo 155 o las alas 153. El tamaño y la forma de una o varias espigas será escogido entonces de modo que los bordes radiales internos 150 de las palas interiores 132 se acoplen a la espiga o espigas. Se comprenderá, además, que el número de palas interiores 132 puede diferir del número de palas exteriores 131 para igualar el comportamiento hidráulico de ambas palas.

En las figuras 16 a 18 se muestra otra realización, que es según la invención, de nuevo sin mostrar el segundo cojinete, en la que la estructura del cojinete comprende una parte 151 en forma de anillo, así como salientes curvados 152 que forman superficies adicionales del cojinete 163 que están dimensionadas y conformadas para adaptarse al tamaño y a la forma del extremo axial 142 de la espiga 104. En particular, los salientes 152 pueden tener una forma semiesférica que coincide con el extremo semiesférico 142 de la espiga 104. Se comprenderá que los salientes 152 pueden estar conectados para formar una superficie cerrada que se acople a la espiga 104. De manera similar, la forma de los salientes 152 y el extremo 142 de la espiga 104 no deben ser necesariamente semiesféricos, sino que pueden ser, por ejemplo, cónicos. En esta realización, el cojinete proporciona también soporte axial al impulsor 103, no solo un centrado radial. Aparte de esto, en esta realización el número de palas interiores 132 es diferente del número de palas exteriores 131. Tres palas interiores 132 están dispuestas en el conducto 133 del impulsor 103, mientras que solamente dos palas exteriores 131 están dispuestas en la superficie exterior del cubo 136.

Haciendo referencia a las figuras 19 a 21, que no son según la invención tal como está reivindicada, en ellas se muestra un conjunto de impulsor según otra realización, el cual puede ser empleado en una bomba de sangre similar a la bomba de sangre mostrada en la figura 1. En particular, el conjunto del impulsor puede ser utilizado en una bomba intravascular de catéter y dispuesto en el interior de la envoltura de una bomba conectada a un catéter tal como se muestra y se describe en relación con la figura 1. El conjunto de impulsor de las figuras 19 a 21 comprende un impulsor 203 que tiene un conjunto de palas exteriores 231 para conducir sangre desde la entrada del flujo de sangre a la salida del flujo de sangre de la bomba de sangre. El impulsor 203 tiene, además, un conducto 233 del flujo de sangre que se extiende axialmente a través del impulsor 203. Un conjunto de palas interiores 232 está dispuesto en el conducto 233 del flujo de sangre en la parte extrema inferior del conducto 233. En esta realización, el impulsor 203 tiene una forma cónica tal que el flujo de sangre (indicado mediante flechas) es guiado radialmente hacia el exterior. El conducto 233 del flujo de sangre es asimismo cónico y aumenta de diámetro hacia el extremo inferior. No obstante, cualquier otra forma, tal como cilíndrica, podría ser adecuada para el conducto 233 del flujo de sangre.

El impulsor 203 está soportado por medio de dos cojinetes 260, 263, uno en el extremo superior y uno en el extremo inferior del impulsor 203. En el cojinete inferior 263, está dispuesta una parte estacionaria del cojinete 211 que está configurada para ser acoplada a la envoltura de la bomba. La parte estacionaria del cojinete 211 comprende un saliente cónico 206 que se extiende en el conducto 233 del flujo de sangre del impulsor 203 e interactúa con las palas interiores 232 para formar el cojinete 263. Más concretamente, los bordes radiales interiores 251 al descubierto de las palas interiores 232 interactúan con el cono 206. Los bordes radiales interiores 251 al descubierto definen las superficies rotativas del cojinete 265 que se acoplan a una superficie estacionaria del cojinete 264 del cono 206. Debido a la forma cónica de la parte estacionaria del cojinete, el cojinete 263 proporciona soporte axial y radial al impulsor 203. Al mismo tiempo, las palas interiores 232 bombean sangre activamente hacia el cojinete 263 (indicado mediante flechas), en particular a lo largo de las superficies del cojinete 264, 265 para lavar y enfriar el cojinete 263. Este flujo de sangre a través del conducto 233 del flujo de sangre del impulsor 203 sale del conducto 233 por un extremo inferior a

través de un intersticio 214 entre el impulsor 203 y la parte estacionaria del cojinete 211 para unirse al flujo principal de sangre.

En su extremo superior, el impulsor 203 está soportado por otro cojinete 260. Está dispuesta una parte estacionaria del cojinete 210 que puede estar acoplada a la envoltura de la bomba. Tal como se muestra mejor en la figura 21, la parte estacionaria del cojinete 210 tiene forma de anillo y comprende una serie de aberturas 212 que permiten que la sangre penetre en la zona del impulsor. Las aberturas 212 pueden ser en cualquier número y diseño adecuado, permitiendo que la sangre pase a través de las mismas. En la presente realización, las aberturas 212 están definidas por medio de una serie de tirantes 213. Se puede escoger un número de tirantes 213 cualquiera, tal como, por lo menos, dos, tres, cuatro o cinco. Los tirantes 213 soportan una espiga 204 que se extiende a lo largo del eje de rotación hacia el impulsor 203. La espiga 204 define una superficie estacionaria del cojinete 261 que interactúa con una superficie rotativa del cojinete 262 definida en los bordes radiales interiores al descubierto 250 de las palas exteriores 231. Con el objeto de formar los bordes radiales interiores al descubierto 250 sobre las palas exteriores 231, dichas palas exteriores 231 se extienden más allá del cubo 236 del impulsor 203. Es decir, las palas exteriores 231 tienen una parte axial extrema que sobresale más allá del cubo 236 del impulsor. En el caso presente, la totalidad de las tres palas exteriores 231 se extienden más allá del cubo 236 sustancialmente la misma distancia para formar los bordes radiales interiores al descubierto 250 que se acoplan a la espiga 204. No obstante, puede ser suficiente si no todas las palas exteriores 231 forman bordes radiales interiores al descubierto. Este tipo de cojinete proporciona un diseño abierto, en el que las superficies del cojinete 261, 262 están en contacto con la sangre. Las superficies del cojinete 261, 262 son lavadas y enfriadas de forma efectiva. El lavado de las superficies del cojinete 261, 262 con la rotación de las palas 231 se muestra mediante flechas en la figura 19. El simple hecho de que las palas 231 sean puestas en rotación hace que la sangre depositada sea centrifugada desde el cojinete 260 en dirección radial hacia el exterior. Este flujo de lavado es independiente del flujo primario de sangre producido por las palas 231.

Tal como se puede ver en las figuras 20 y 21, la espiga 204 tiene un conducto axial 234 que permite que la sangre fluya a través del mismo. En particular, el conducto 234 de la espiga 204 está alineado con el conducto 233 del flujo de sangre del impulsor 203 que facilita que la sangre entre en el conducto 233 del impulsor 203 y aumenta el volumen del flujo de sangre a través del impulsor 203 para proporcionar un lavado activo efectivo del cojinete 263 como se ha descrito anteriormente. La sangre entrará asimismo en el conducto 233 del flujo de sangre desde entre la superficie exterior de la espiga 204 y el extremo distal del impulsor 203 (indicado mediante flechas en la figura 20).

El impulsor 203 puede ser además ajustado, o también accionado, por medio de una disposición que incluye imanes o electroimanes 270, 271, tal como se muestra esquemáticamente en la figura 20. Los imanes 271 en la parte estacionaria del cojinete 211 interactúan con los imanes 270 en el impulsor 203 para formar un acoplamiento magnético. Los imanes 270, 271 pueden estar dispuestos para producir una fuerza magnética de atracción o de repulsión para mantener la alineación axial del impulsor 203. Se comprenderá que se puede utilizar cualquier accionamiento adecuado para producir la rotación del impulsor 203 alrededor del eje de rotación. Por ejemplo, los imanes 270 en el impulsor 203 pueden interactuar con un campo magnético rotatorio que es producido bien por una unidad eléctrica en la parte estacionaria del cojinete 211, es decir axial, o bien mediante una unidad eléctrica que rodee el impulsor, es decir, radial. Alternativamente, los imanes 271 pueden ser imanes permanentes y pueden formar parte de un disco rotativo, sellado herméticamente de forma rotativa contra la sangre.

Otra realización de un conjunto de impulsor que no es según la invención tal como está reivindicada y que es sustancialmente idéntica a la realización mostrada en las figuras 19 a 21 se muestra en las figuras 22 a 24. La única diferencia es que las palas secundarias 235 están dispuestas en la superficie extrema inferior del impulsor 203 en el intersticio 214. Esto mejora el flujo de sangre a través del intersticio 214 para el lavado del intersticio 214. Además, las palas secundarias 235 proporcionan un cojinete hidrodinámico axial cuando interactúan con la superficie de la parte estacionaria del cojinete 211.

Haciendo referencia a las figuras 25 a 27, en ellas se muestra otra realización de un conjunto de un impulsor que no es según la invención tal como está reivindicada. En esta realización, el impulsor 303 solamente tiene palas exteriores 331 pero no tiene palas interiores. Sin embargo, en esta realización también podrían estar dispuestas palas interiores que actúen como las palas interiores descritas en relación con la realización mostrada en las figuras 1 a 7. El impulsor 303 está soportado por medio de un cojinete 360 que comprende una parte estacionaria del cojinete 311 que tiene una espiga 304. La espiga 304 se extiende por completo a través de un conducto 333 del flujo de la sangre del impulsor 303. El conducto 333 del flujo de la sangre tiene un diámetro mayor que la espiga 304, de modo que permite que la sangre fluya más allá de la espiga 304 a través del conducto 333 y a través de un intersticio 314 en la superficie axial extrema del impulsor 303. Unas palas secundarias 335 están dispuestas para mejorar el flujo de sangre a través del intersticio 314 y para proporcionar un cojinete hidrodinámico. Sin embargo, se comprenderá que las palas secundarias 335 pueden ser suprimidas.

Como en la realización anterior, las palas exteriores 331 están dispuestas en la superficie exterior del cubo 336 del impulsor 303 y se extienden axialmente más allá del cubo 236 de modo que forman bordes radiales interiores 350 al descubierto y definen las superficies rotativas del cojinete 362. Las superficies rotativas del cojinete 362 se acoplan a una superficie estacionaria del cojinete 361 definida por el extremo axial de la espiga 304 que sobresale del conducto 333 del impulsor 303. De este modo, está dispuesto un cojinete 360 que soporta axial y radialmente el impulsor 303. El mayor diámetro del conducto 333 del impulsor puede permitir un cierto grado de pivotamiento del impulsor 303 que puede ser equilibrado por medio del cojinete hidrodinámico formado por las palas secundarias 335. Las palas 331, tal como se muestran, no se unen en el eje de rotación para formar un cojinete abierto 360 en el que la sangre puede entrar en el cojinete 360 en dirección axial (indicada mediante una flecha) para lavar las superficies del cojinete 361, 362. También se pueden unir en el eje de rotación, permitiendo sin embargo que la sangre entre en el cojinete 360 en dirección axial.

Otra realización de un conjunto de un impulsor se muestra en las figuras 28 a 30, que no son según la invención tal como está reivindicada. Es similar al de las figuras 19 a 21 pero no incluye un conducto de flujo de sangre a través del impulsor. La figura 28 muestra una sección a través del impulsor 403 dispuesto en una envoltura 402 de una bomba que tiene una entrada 421 del flujo de sangre y una salida 422 del flujo de sangre. La entrada 421 del flujo de sangre está dispuesta en un extremo axial de la envoltura 402 de la bomba, mientras que la salida 422 del flujo de sangre está dispuesta radialmente alrededor de la envoltura 402 de la bomba. Esto es similar a la realización mostrada en las figuras 1 a 7. Por lo tanto, en esta realización, también puede estar dispuesta una cánula flexible en el extremo de entrada y un catéter en el extremo opuesto, tal como se ha descrito anteriormente con detalle. De manera similar, puede estar dispuesta una unidad axial de accionamiento en el extremo inferior del impulsor 403 (no mostrada).

El impulsor 403 comprende un conjunto de palas exteriores 431 que sobresalen axialmente del cubo 436 del impulsor 403, de modo que definen los bordes radiales interiores 450 al descubierto. El impulsor 403 está soportado mediante un cojinete 460 que está formado por las superficies rotativas del cojinete 462 en los bordes radiales interiores 450 al descubierto de las palas 431 y una superficie estacionaria del cojinete 461 sobre una espiga 404 de una parte estacionaria del cojinete 410. La parte estacionaria del cojinete 410 comprende aberturas 412 definidas por medio de los tirantes 413 de modo que permiten que la sangre entre en la zona del impulsor. Al igual que en la realización anterior, podría estar dispuesto un conducto axial a través de la espiga 404 de modo que la sangre pueda entrar en el intersticio 465 entre el impulsor 403 y la espiga 404 para mejorar el lavado del intersticio 465. Con el objeto de evitar el contacto entre el impulsor 403 y la espiga 404 en la zona del intersticio 465, están dispuestos unos imanes permanentes 472, 473 en el impulsor 403 y en la espiga 404, respectivamente, para producir una fuerza magnética de repulsión. Se comprenderá que esta disposición de imanes podría ser utilizada en cualquiera de las realizaciones dadas a conocer, o podría ser suprimida. En el caso de las otras disposiciones, los imanes podrían ser imanes anulares que permitan que la sangre fluya a través de su centro, a lo largo del eje de rotación.

Haciendo referencia a la figura 31, en ella se muestra otra realización de un impulsor 703 que no es según la invención tal como está reivindicada. Al igual que en anteriores realizaciones, el impulsor 703 tiene un cubo cónico 736 con un conjunto de palas exteriores 731 en la superficie exterior del cubo 736 para producir el flujo principal de sangre. No obstante, Las palas 731 no se extienden axialmente más allá del cubo 736 del impulsor. En cambio, están dispuestas unas palas secundarias 732 en la punta 743 del impulsor 703. Las palas secundarias 732 son más pequeñas que las palas primarias 731 y forman bordes radiales interiores 750 al descubierto que están configurados para acoplar una espiga para formar un cojinete abierto tal como el descrito en relación con las realizaciones anteriores. Está dispuesta una cubierta 740 que rodea y conecta las palas secundarias 732 de modo que la sangre puede fluir desde una entrada 741 a una salida 742. La sangre no fluye a través del cubo 736 del impulsor sino solamente a lo largo de las palas secundarias 732.

La realización mostrada en la figura 32 que no es según la invención tal como está reivindicada, es sustancialmente idéntica a la de la figura 32 excepto en que se ha suprimido la cubierta 740. Esto proporciona un diseño del cojinete más abierto que puede mejorar el lavado del cojinete. Las palas secundarias 732 pueden ser formadas totalmente rectas en dirección axial en vez de helicoidalmente como se muestra en las figuras 31 y 32. Esto proporciona una bomba centrífuga secundaria para mejorar más el lavado del cojinete. En particular, los depósitos de sangre son centrifugados radialmente hacia el exterior desde los bordes interiores 750 de las palas secundarias 732. El impulsor 703, en particular las palas secundarias 732, puede ser fabricado fácilmente. Por ejemplo, la punta 743 del impulsor 703 junto con las palas secundarias 732 puede ser fabricada como un elemento cerámico moldeado por inyección.

Haciendo referencia a las figuras 33 a 37, en ellas se muestra otra realización de una bomba de sangre que no es según la invención tal como está reivindicada. Dicha bomba tiene una parte superior que es sustancialmente similar a la realización mostrada en las figuras 28 a 30. La bomba de sangre tiene una envoltura 502 de la bomba con una entrada 521 del flujo de sangre y una salida 522 del flujo de sangre. El impulsor 503 tiene palas exteriores 531 sobre la superficie exterior del cubo 536 del impulsor que forman unos bordes interiores 550 radialmente descubiertos, tal como se ha descrito anteriormente. Un cojinete 560

está formado mediante superficies del cojinete 562 en los bordes interiores 550 radialmente descubiertos y una superficie estacionaria del cojinete 561 sobre una espiga 504 de una parte estacionaria del cojinete 510. Debido a la forma cónica del cubo 536 del impulsor, un flujo de sangre es dirigido radialmente hacia el exterior desde la entrada 521 del flujo de sangre hasta la salida 522 del flujo de sangre. Tal como se ha explicado anteriormente, unos imanes (no mostrados) que producen una fuerza de repulsión axial para ajustar la posición axial del impulsor 503 podrían estar dispuestos en el impulsor 503 y en la espiga 504, respectivamente.

En esta realización, el impulsor 503 tiene un segundo conjunto de palas 532 en la parte inferior del impulsor 503 así como un segundo cojinete 563 que es sustancialmente idéntico al cojinete 560. Las palas 532 forman unos bordes interiores 552 radialmente descubiertos que definen superficies rotativas del cojinete 565 que se acoplan a una superficie estacionaria del cojinete 564 sobre una espiga 506. La espiga 506 está incluida en otra parte estacionaria del cojinete 511 que es sustancialmente idéntica a la parte estacionaria del cojinete 510. Está conectada a un catéter 525 que alimenta la bomba de sangre, por ejemplo, con energía eléctrica. Una entrada secundaria 523 del flujo de sangre está formada en la parte extrema inferior de la envoltura 502 de la bomba. Unas aberturas en la parte estacionaria del cojinete 511 permiten que la sangre entre en la zona del impulsor desde este lado en una dirección opuesta a la dirección principal del flujo. Las palas 532 están dispuestas para bombear sangre contra la dirección principal del flujo a lo largo de una parte intermedia 530 del impulsor 503 a través de un intersticio 514 hacia la salida 522 del flujo de sangre, tal como se indica mediante flechas. Esto permite el lavado del intersticio entre la envoltura 502 de la bomba y la parte intermedia 530 del impulsor 503 que incluye un imán 570 que se hace girar por medio de una unidad eléctrica de accionamiento 505 dispuesta circunferencialmente alrededor del impulsor 503. Las palas 532 están diseñadas para producir un flujo de retroceso suficiente para lavar el intersticio 514, pero al mismo tiempo no afecta al flujo de sangre principal. En particular, las palas 532 pueden ser más pequeñas que las palas 531. Asimismo, en las demás realizaciones, cualesquiera de las palas pueden tener en sus respectivos bordes interiores radialmente descubiertos un recubrimiento o un inserto que comprenda un material con unas propiedades mejoradas de disipación del calor y de resistencia al desgaste, tal como la cerámica. Las fuerzas axiales de las dos secciones axiales del impulsor pueden ser minimizadas debido a las direcciones opuestas de bombeo.

La figura 38 muestra otra realización de una bomba de sangre que no es según la invención tal como está reivindicada, que es sustancialmente similar a la realización mostrada en las figuras 33 a 37. El impulsor 803 tiene dos conjuntos de palas 831, 832 para formar los cojinetes respectivos 860, 863. Las palas 831 producen un flujo principal de sangre desde la entrada 821 del flujo de sangre hasta la salida 822 del flujo de sangre. Como en la realización anterior, las palas secundarias 832 producen un flujo de lavado hacia atrás desde una entrada secundaria 823 del flujo de sangre a través de un intersticio entre las bobinas 805 del estator y el imán 870 hasta la salida del flujo de sangre. La entrada 823 del flujo de sangre secundario es dirigida hacia el catéter 825. El cubo 836 del impulsor tiene un reborde 837 que se extiende en sentido circunferencial alrededor del cubo 836 en una zona de la salida 822 del flujo de sangre para dirigir el flujo principal de sangre y en particular el flujo de lavado fuera de la salida 822 del flujo de sangre. Es decir, se crea una bomba centrífuga local y de chorro debido al flujo principal que pasa a través de un intersticio casi perpendicular y del reborde radial 837. Se comprenderá que las palas secundarias 832 pueden ser diseñadas como una bomba centrífuga con dos o más palas, no siendo las palas de forma helicoidal sino rectas para formar una bomba centrífuga.

Cualquiera de las palas antes mencionadas puede ser diseñada de acuerdo con los requisitos hidráulicos. En particular, las palas podrían ser helicoidales como se muestra en las realizaciones. Sin embargo, cualquiera de las palas antes mencionadas, en particular las palas secundarias como se ha mencionado anteriormente, podrían estar diseñadas para formar una bomba centrífuga. En otras palabras, las palas podrían ser rectas y podrían extenderse únicamente en una dirección axial. La figura 39 muestra una vista en sección a través de las palas rectas 1031 que se acoplan a una espiga 1004. La disposición de una bomba centrífuga que tenga palas rectas en vez de palas helicoidales puede producir fuerzas centrífugas mayores que facilitan la eliminación de los depósitos de sangre de las superficies del cojinete 1061, 1062 debido a la mayor densidad de los depósitos de sangre comparados con la sangre. El depósito es conducido radialmente hacia el exterior lejos de las superficies del cojinete 1061, 1062, lo que ayuda a impedir la obstrucción y los coágulos de sangre y por consiguiente reduce el riesgo de trombosis. Las palas 1031 mostradas en la figura 39 tienen una base ensanchada 1050. La figura 40 muestra otra realización en la que las palas 1131 que se acoplan a la espiga 1104 no tienen una base ensanchada. Esto puede mejorar el centrifugado de los depósitos de sangre radialmente hacia el exterior, lejos de las superficies del cojinete 1161, 1162.

Se comprenderá que las realizaciones descritas son solamente ilustrativas y no son limitativas. En particular, se podrían combinar diversos aspectos y características de las realizaciones, siempre que se encuentren dentro del alcance de la invención, que está definida únicamente por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

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

- una envoltura (2) de la bomba que tiene una entrada (21) del flujo de sangre y una salida (22) del flujo de sangre,
- un impulsor (103) dispuesto en dicha envoltura de la bomba y soportado de forma rotativa en la envoltura de la bomba, mediante como mínimo, un cojinete de modo que pueda girar alrededor de un eje de rotación, teniendo el impulsor (103) como mínimo una pala (131, 132) para conducir la sangre desde la entrada del flujo de sangre a la salida del flujo de sangre,

en la que el como mínimo un cojinete comprende un primer cojinete (160), comprendiendo el primer cojinete (160), como mínimo, una parte estacionaria del cojinete (104) acoplada a la envoltura (2) de la bomba y que se extiende axialmente hacia el impulsor (103) en un primer extremo del impulsor (103), y que tiene una superficie estacionaria del cojinete (161) que está dirigida radialmente hacia el exterior, comprendiendo, además, el cojinete (160) una superficie rotativa del cojinete (162, 163) que interactúa con la superficie estacionaria del cojinete (161) para formar el cojinete (160), en la que la superficie rotativa del cojinete (162, 163) está dirigida radialmente hacia el interior y está formada sobre una estructura del cojinete (155; 153; 151, 152) acoplada a un borde interior radialmente descubierto (150) de, como mínimo, una (132) de la, como mínimo, una pala (131, 132), **caracterizada por que** el como mínimo un cojinete comprende un segundo cojinete que tiene una parte estacionaria del cojinete que se extiende axialmente hacia el impulsor (103) en un segundo extremo axial opuesto al primer extremo axial del impulsor (103).

2. Bomba de sangre, según la reivindicación 1, en la que la parte estacionaria del cojinete (104) comprende, como mínimo, una espiga o un cono que se extiende a lo largo del eje de rotación, siendo la parte estacionaria del cojinete sustancialmente de forma cilíndrica o cónica.

3. Bomba de sangre, según la reivindicación 1 o 2, en la que la parte estacionaria del cojinete tiene un conducto axial central que se extiende a través de la misma.

4. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que la parte estacionaria del cojinete está acoplada a la envoltura (2) de la bomba por medio de una estructura de soporte que comprende, por lo menos, una abertura para permitir que la sangre pase a través de la misma en una dirección axial.

5. Bomba de sangre, según la reivindicación 4, en la que la estructura de soporte está dimensionada y conformada para dirigir un flujo de sangre en una dirección radial.

6. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que, como mínimo, una pala (131, 132) está dispuesta, como mínimo, sobre una de una superficie exterior de un cubo (136) del impulsor (103) y una superficie interior del cubo (136) del impulsor (103), en la que, cuando la por lo menos una pala (131) está dispuesta sobre la superficie exterior del cubo (136) del impulsor, la pala (131) se extiende axialmente más allá del cubo (136).

7. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el impulsor (103) tiene un conducto (133) para el flujo de la sangre que se extiende a través de un cubo (136) del impulsor (103), en la que el impulsor (103) comprende, por lo menos, una pala exterior (131) dispuesta sobre una superficie exterior del cubo (136) y está dimensionada y conformada para conducir sangre desde la entrada (21) del flujo de sangre a la salida (22) del flujo de sangre y, por lo menos, una pala interior (132) está dispuesta en el conducto (133) y dimensionada y conformada para conducir sangre a través del conducto (133), en la que la superficie rotativa del cojinete está formada sobre un borde interior radialmente descubierto (150) de, por lo menos, una de la pala interior (132) y de la pala exterior (132).

8. Bomba de sangre, según la reivindicación 7, en la que la superficie rotativa del cojinete de uno de los dos cojinetes (160) está formada en un borde interior radialmente descubierto (150) de la, por lo menos, una pala interior (132) y la superficie rotativa del cojinete del otro de los dos cojinetes está formada en un borde interior radialmente descubierto de la, por lo menos una pala exterior (131).

9. Bomba de sangre, según la reivindicación 7 u 8, en la que el conducto (133) del impulsor (103) se extiende, por lo menos parcialmente, o completamente, a lo largo del eje de rotación, en la que como mínimo una parte estacionaria del cojinete (104) se extiende a lo largo de, como mínimo la mitad, o como mínimo tres cuartas partes de la longitud del conducto (133) del impulsor (103), o se extiende completamente a través del conducto (133), en la que preferentemente el impulsor (103) tiene como mínimo una abertura radial para conectar el conducto del flujo de sangre con el entorno del impulsor.

10. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en la que la como mínimo una pala (131, 132) está dispuesta en el impulsor (103) de tal modo que la pala está dividida por medio del cubo (136)

del impulsor (103) en una parte interior que forma la pala interior (132) y una parte exterior que forma la pala exterior (131).

- 5 11. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en la que la envoltura (2) de la bomba tiene una entrada del flujo de sangre secundario separada axialmente de la entrada del flujo de sangre, y una salida del flujo de sangre en la dirección principal del flujo, en la que el impulsor comprende, por lo menos, dos palas, como mínimo una de las cuales está asociada con la entrada del flujo de sangre, con el objeto de conducir la sangre desde la entrada del flujo de sangre hasta la salida del flujo de sangre en la dirección principal del flujo y, por lo menos, otra de las cuales está asociada con la entrada del flujo de sangre secundario para conducir sangre desde la entrada del flujo de sangre secundario a la salida del flujo de sangre en una dirección opuesta a la dirección principal del flujo, en la que las por lo menos dos palas están dispuestas en partes axialmente opuestas del impulsor adyacentes a una parte intermedia y, por lo menos, una pala asociada con la entrada del flujo de sangre secundario está dimensionada y conformada preferentemente para conducir sangre a lo largo de la parte intermedia del impulsor.
- 10 12. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en la que la estructura rotativa del cojinete (155; 153) comprende por lo menos uno de por lo menos un anillo (155) que rodea por lo menos una parte de la parte estacionaria del cojinete (104) y por lo menos un ala (153) que se acopla como mínimo a una parte de la parte estacionaria del cojinete (104), y/o en la que la superficie rotativa del cojinete (151, 152) está dimensionada y conformada para acoplar un extremo axial (142) de la parte estacionaria del cojinete (104).
- 15 13. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende un motor eléctrico para accionar el impulsor, en la que el estator del motor eléctrico está acoplado a la envoltura (2) de la bomba y dispuesto circunferencialmente alrededor del impulsor (103), en la que el estator del motor eléctrico comprende como mínimo una disposición eléctrica para crear un campo magnético rotativo y el impulsor comprende, por lo menos, un imán permanente.
- 20 14. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en la que la parte estacionaria del cojinete y el impulsor comprenden cada uno un imán, estando el imán en la parte estacionaria del cojinete y el imán en el impulsor alineados radialmente y dispuestos en la parte estacionaria del cojinete y en el impulsor, respectivamente, de tal modo que se produce una fuerza magnética de repulsión entre la parte estacionaria del cojinete y el impulsor.
- 25 15. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en la que, como mínimo, una de la superficie estacionaria del cojinete (161) y de la superficie rotativa del cojinete (162; 162, 163) comprende un material que tiene una dureza mayor que el material del resto de la parte estacionaria del cojinete (104) y del impulsor (103), respectivamente.
- 30
- 35

FIG 1

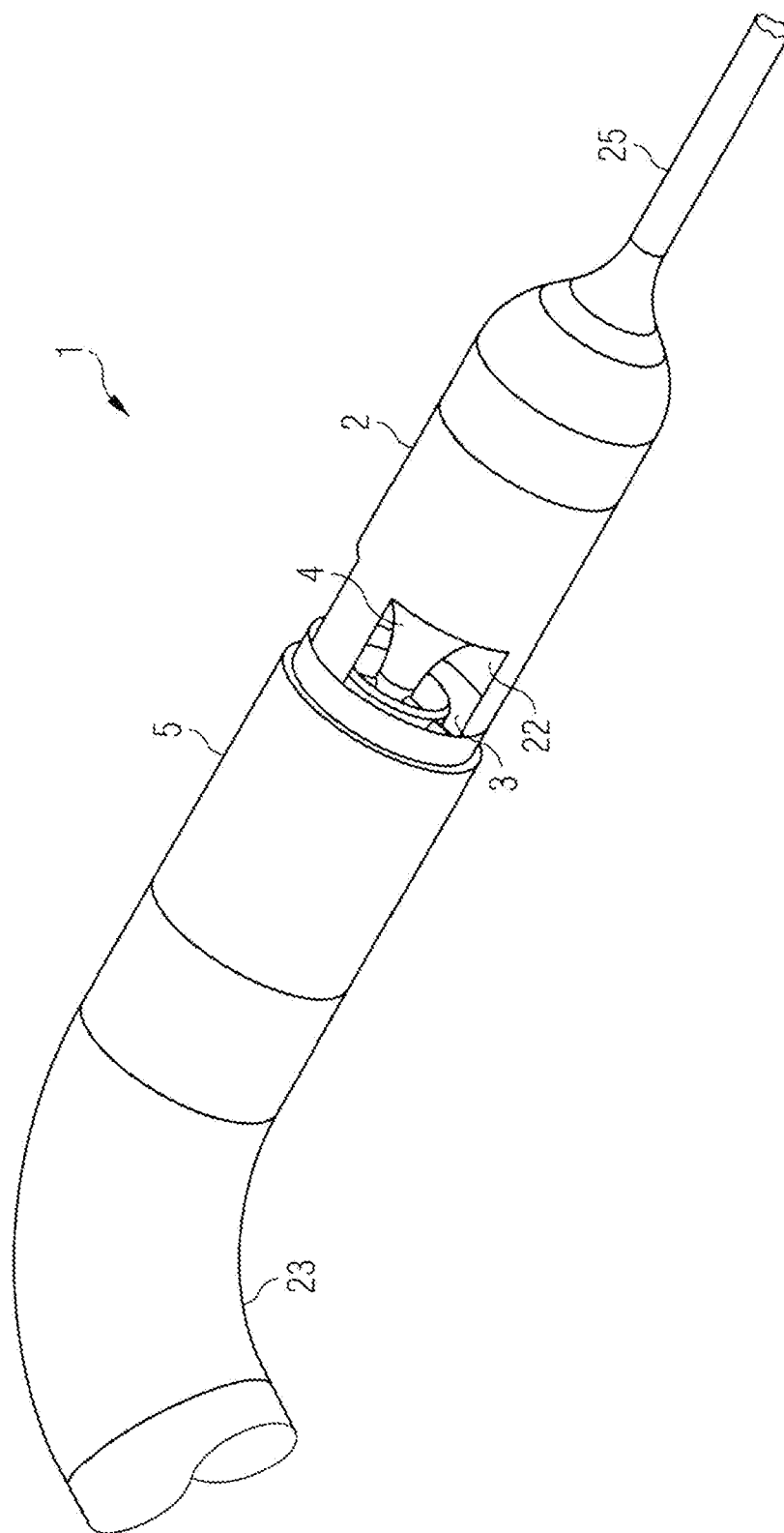


FIG 2

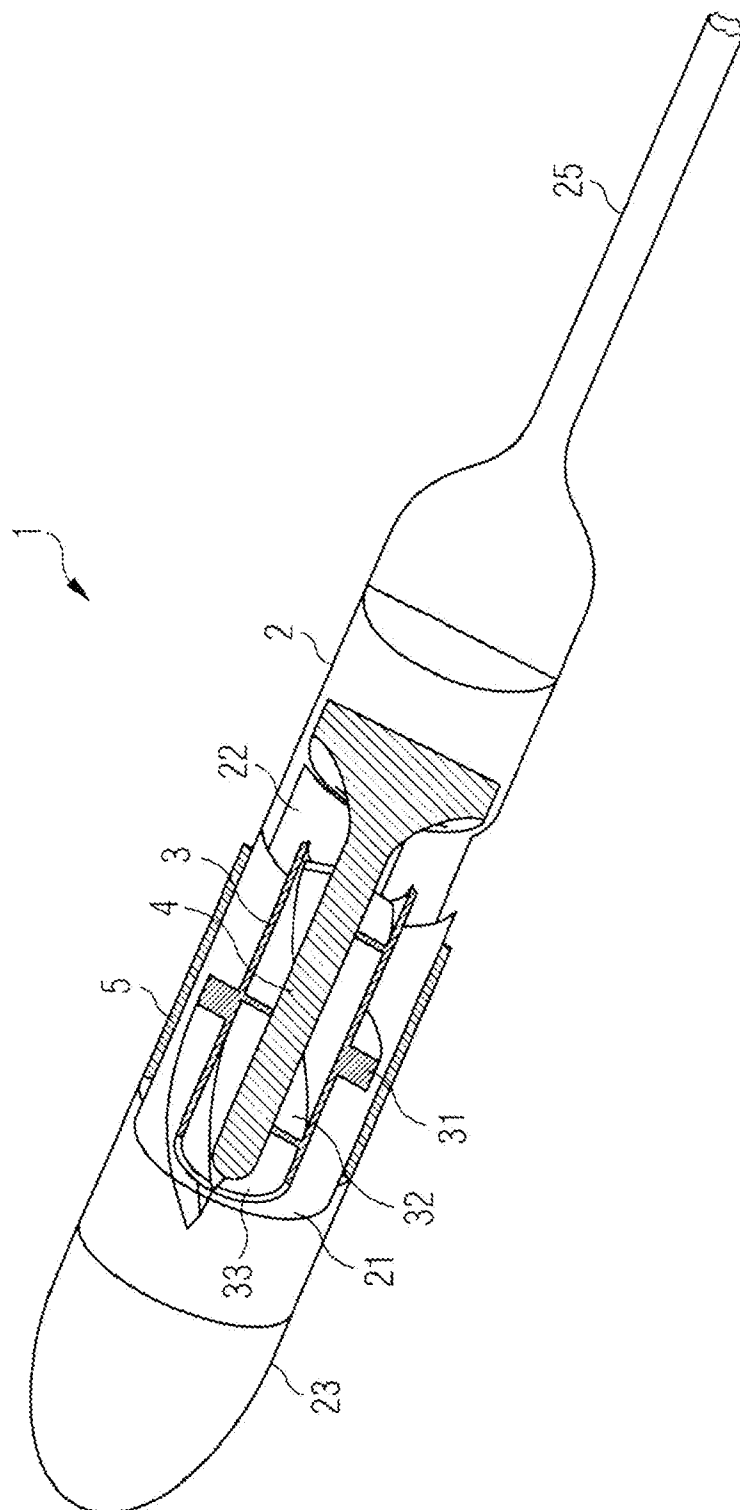


FIG 3

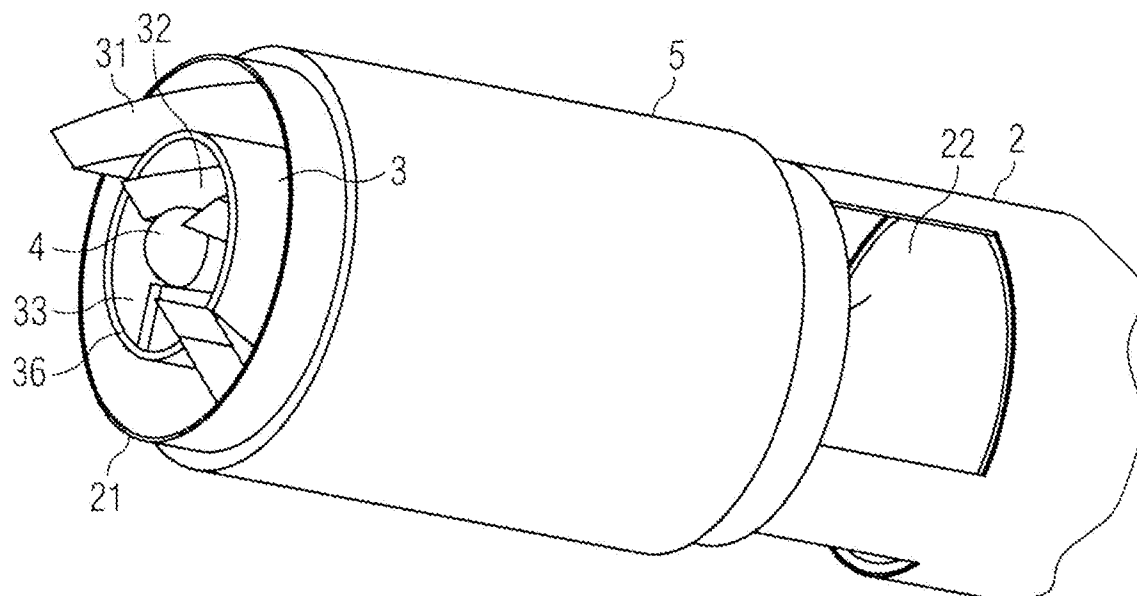


FIG 4

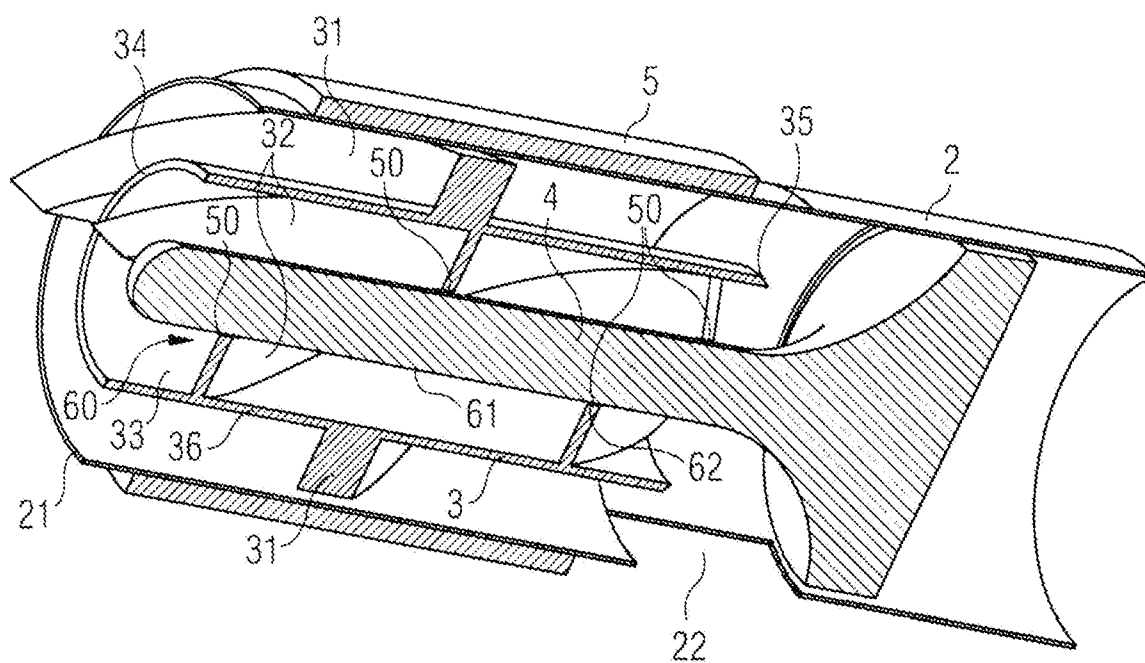


FIG 5

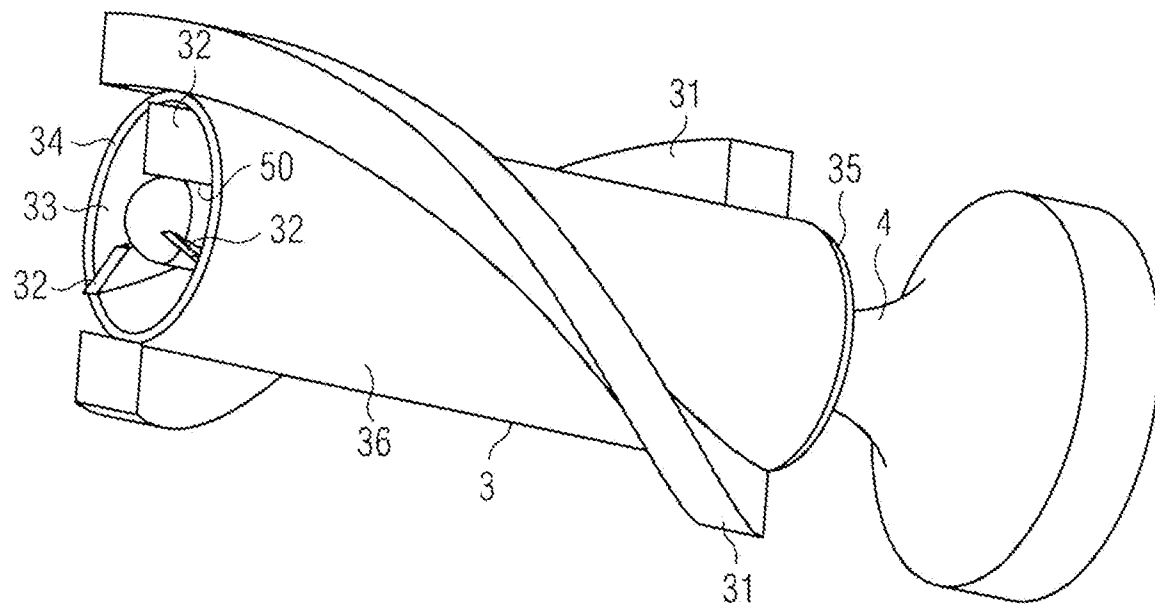


FIG 6

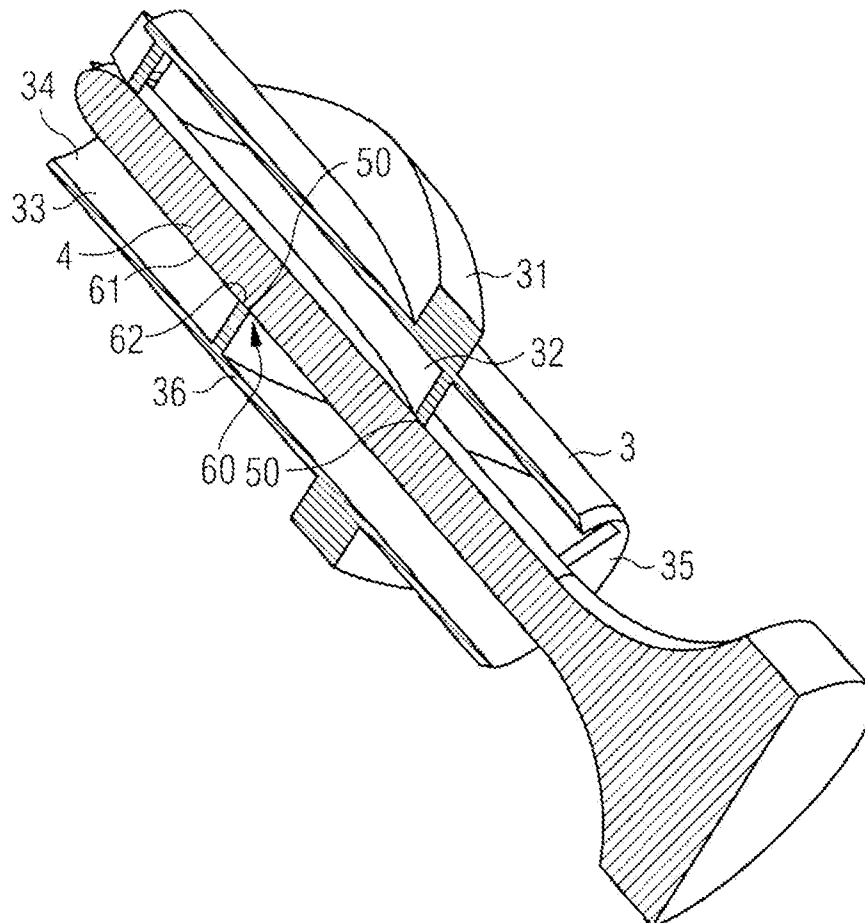


FIG 7

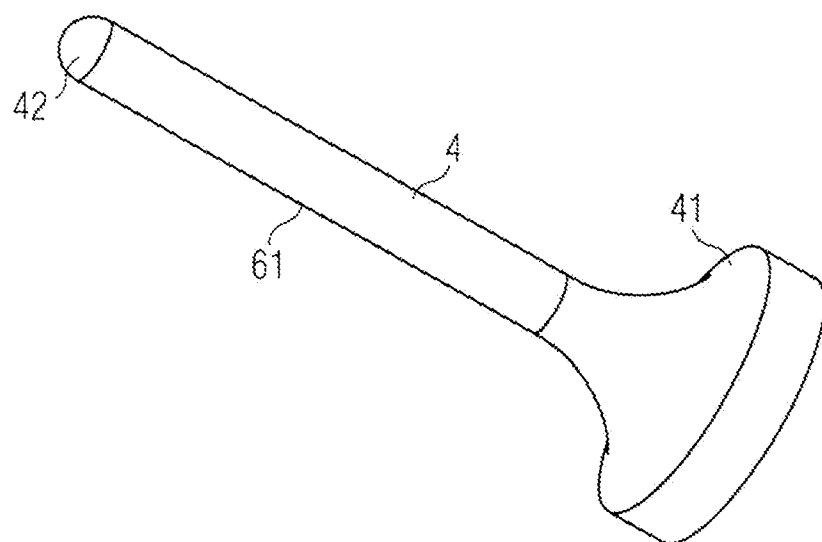


FIG 8

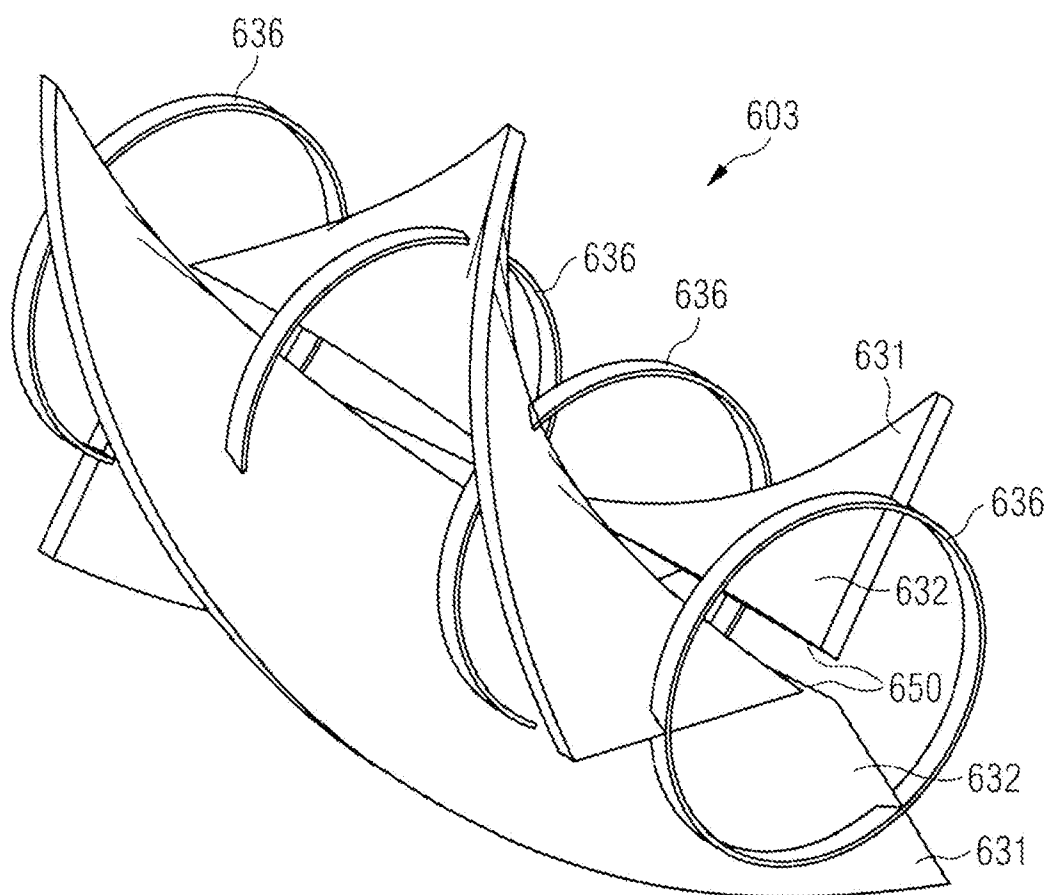


FIG 9

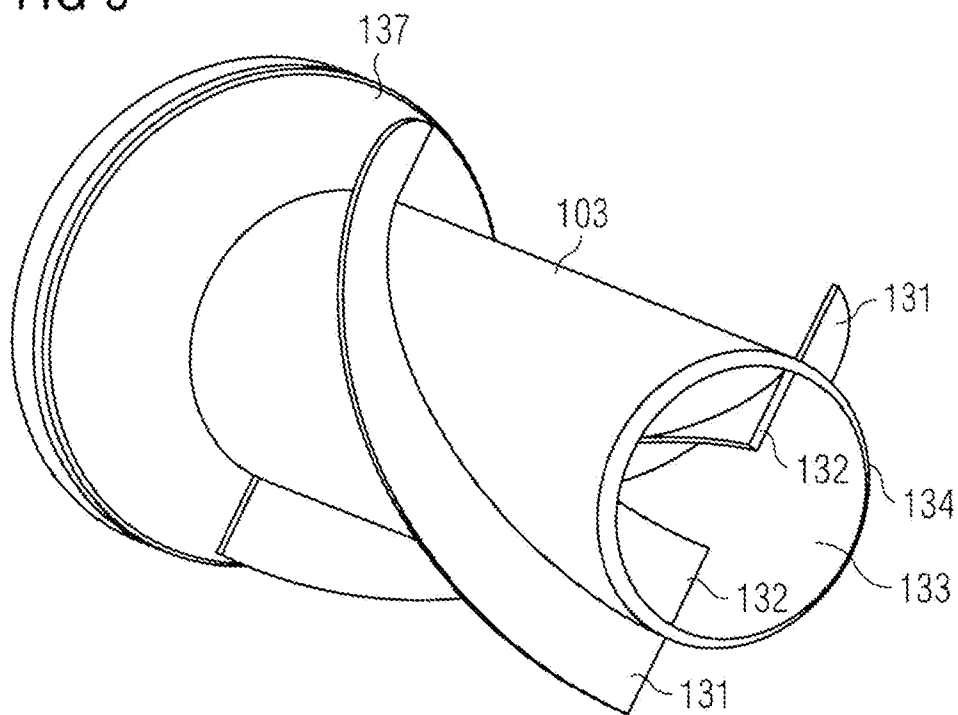


FIG 10

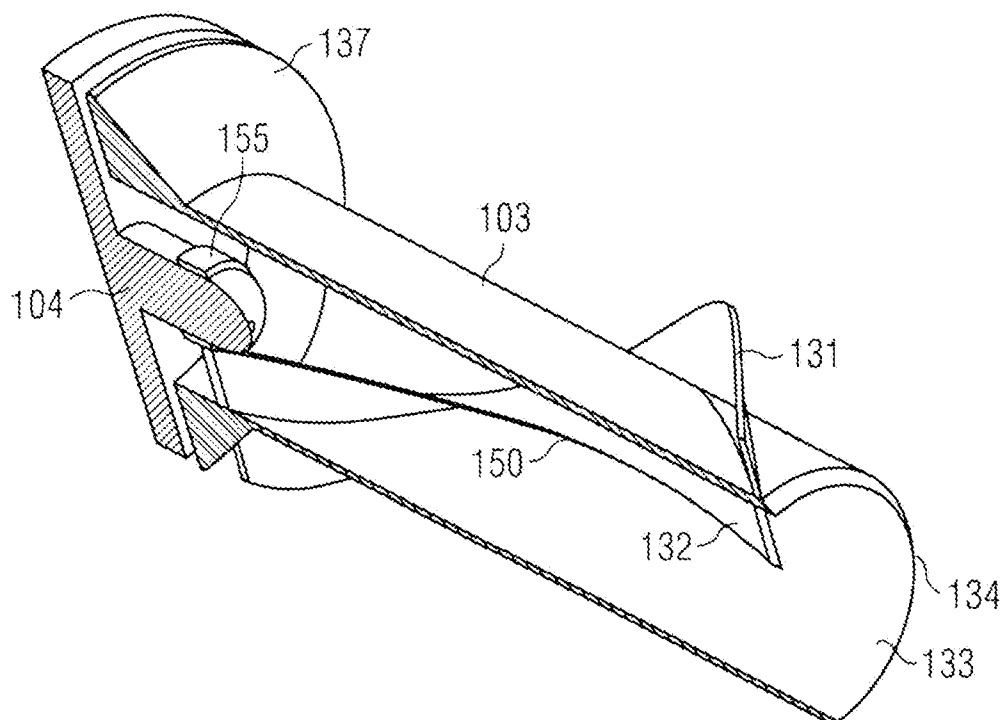


FIG 11

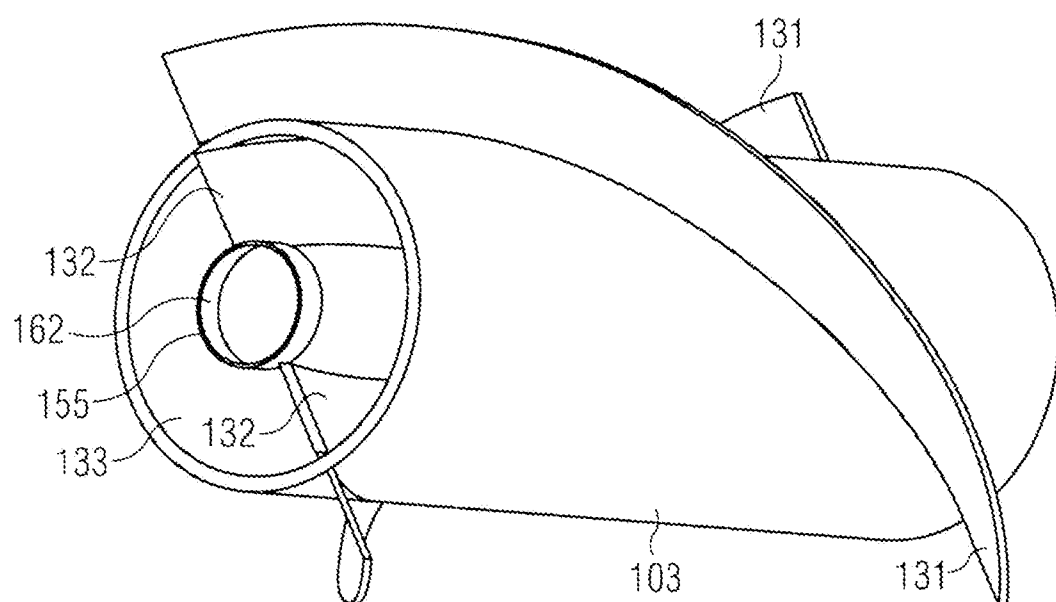


FIG 12

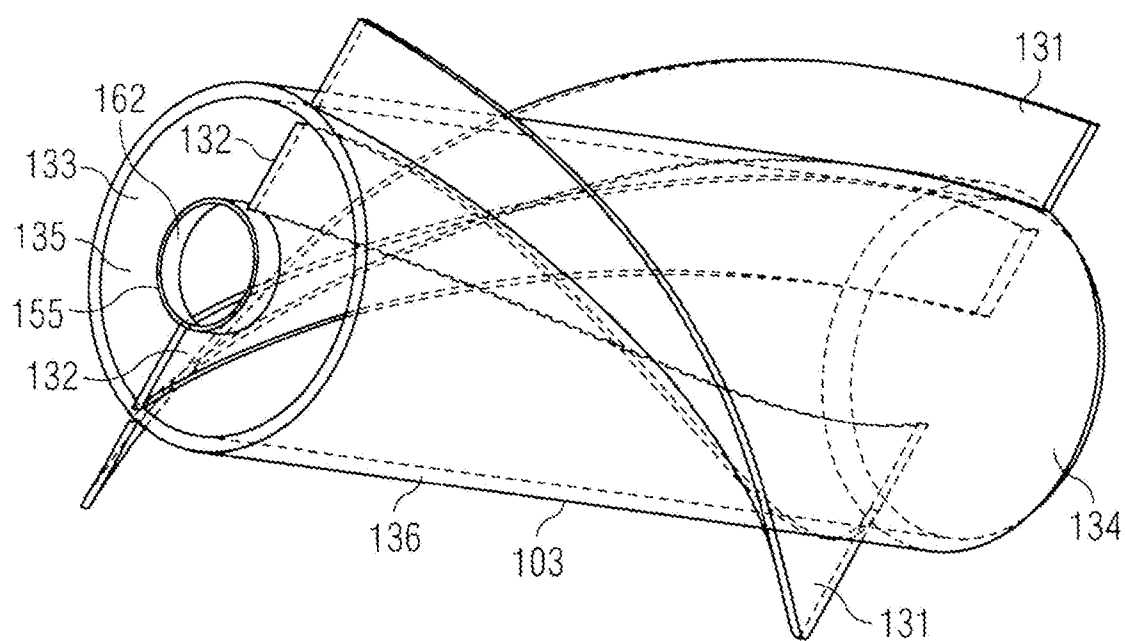


FIG 13

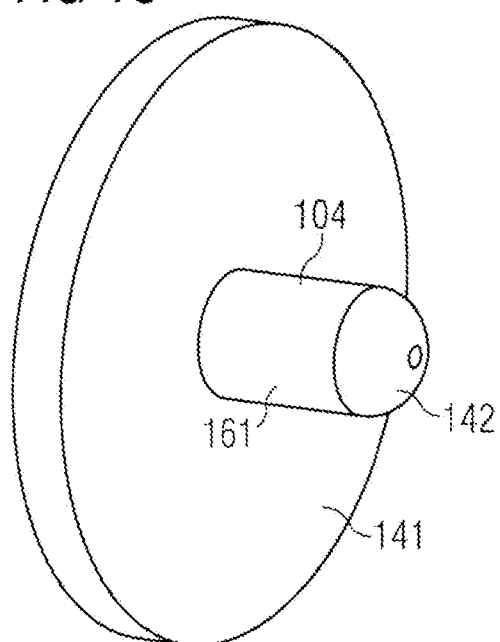


FIG 14

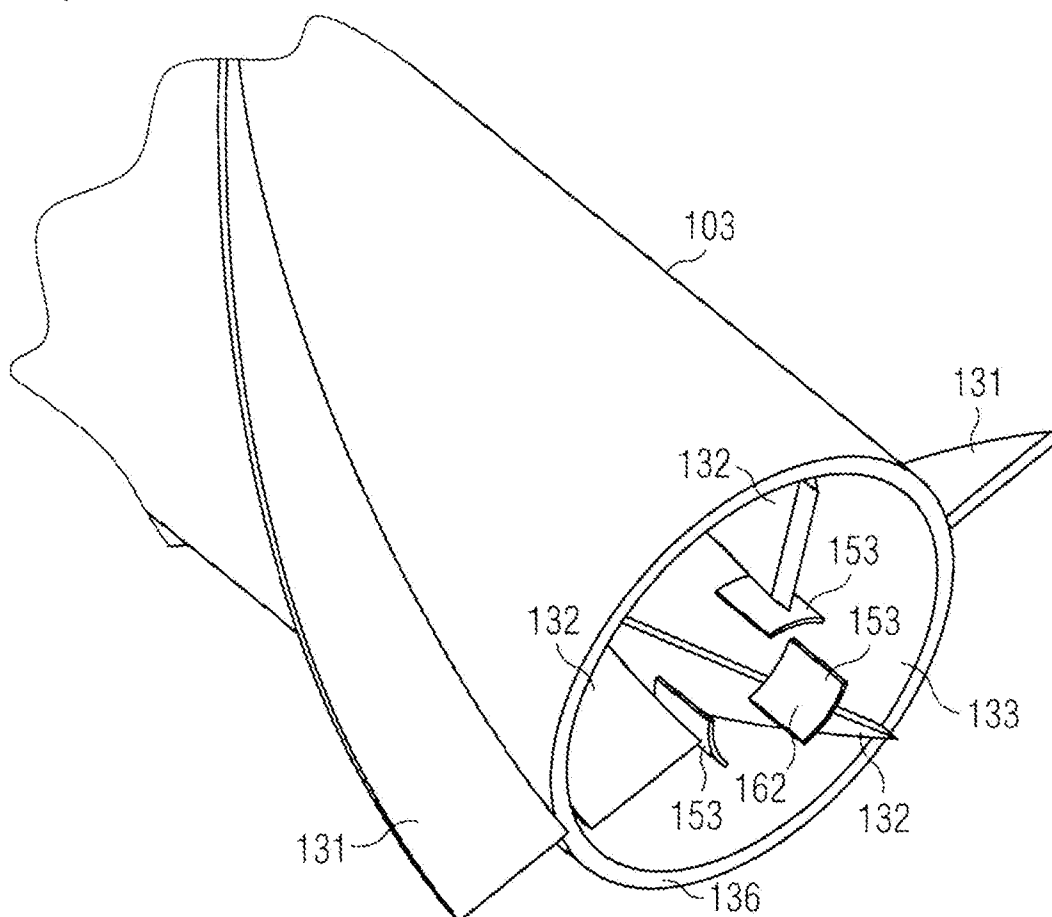


FIG 15

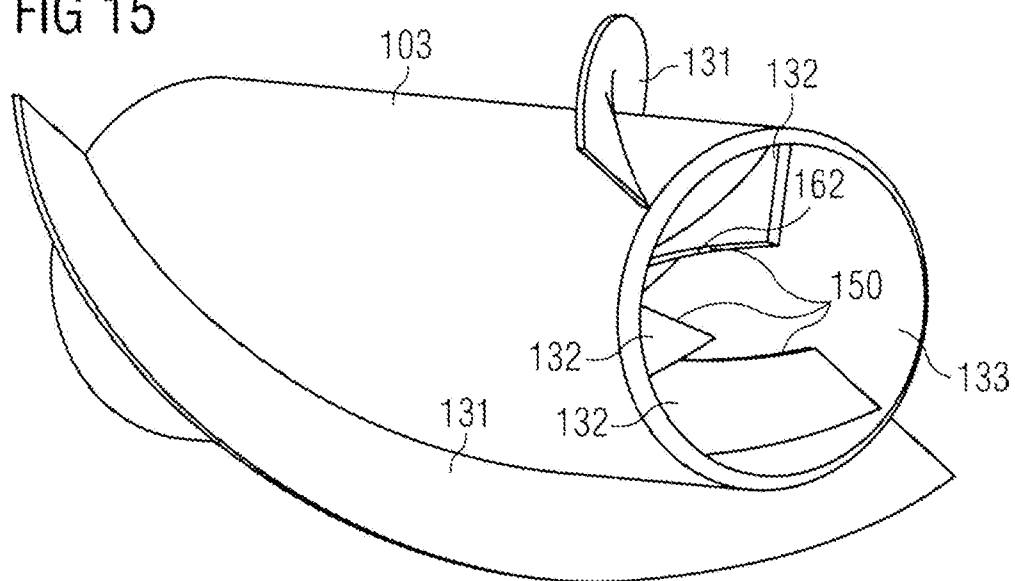


FIG 16

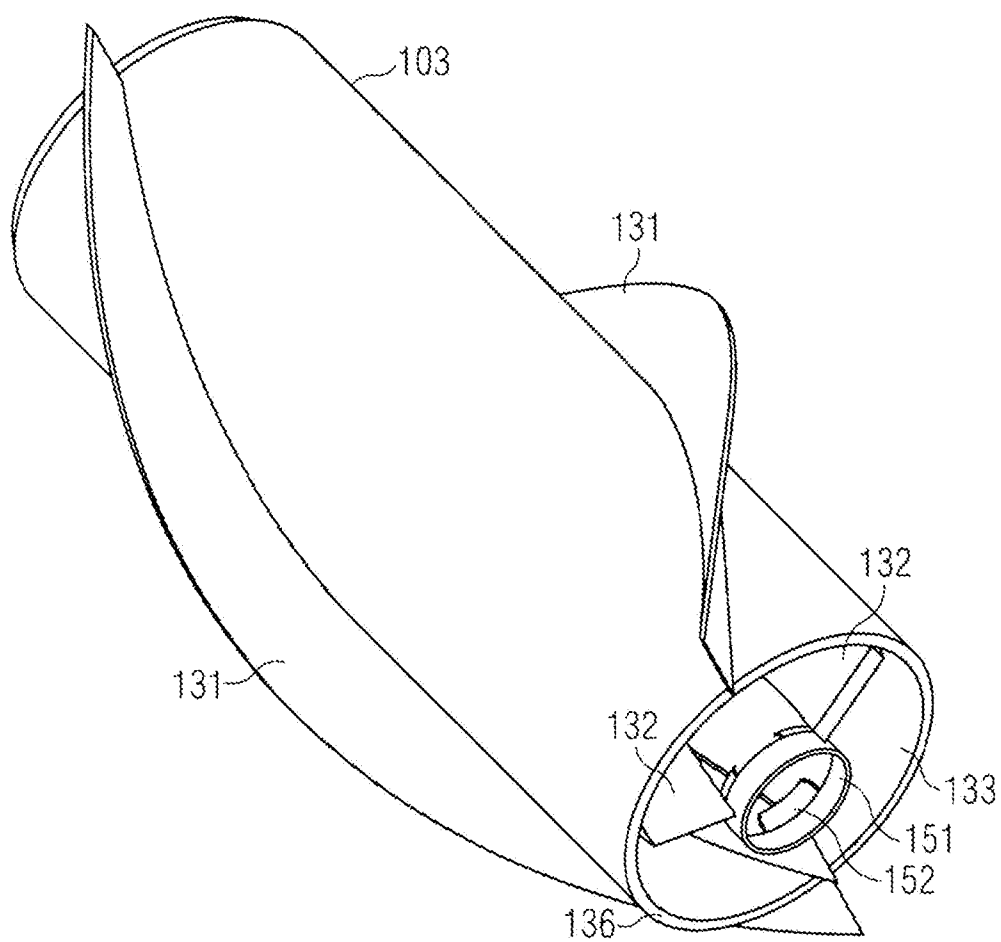


FIG 17

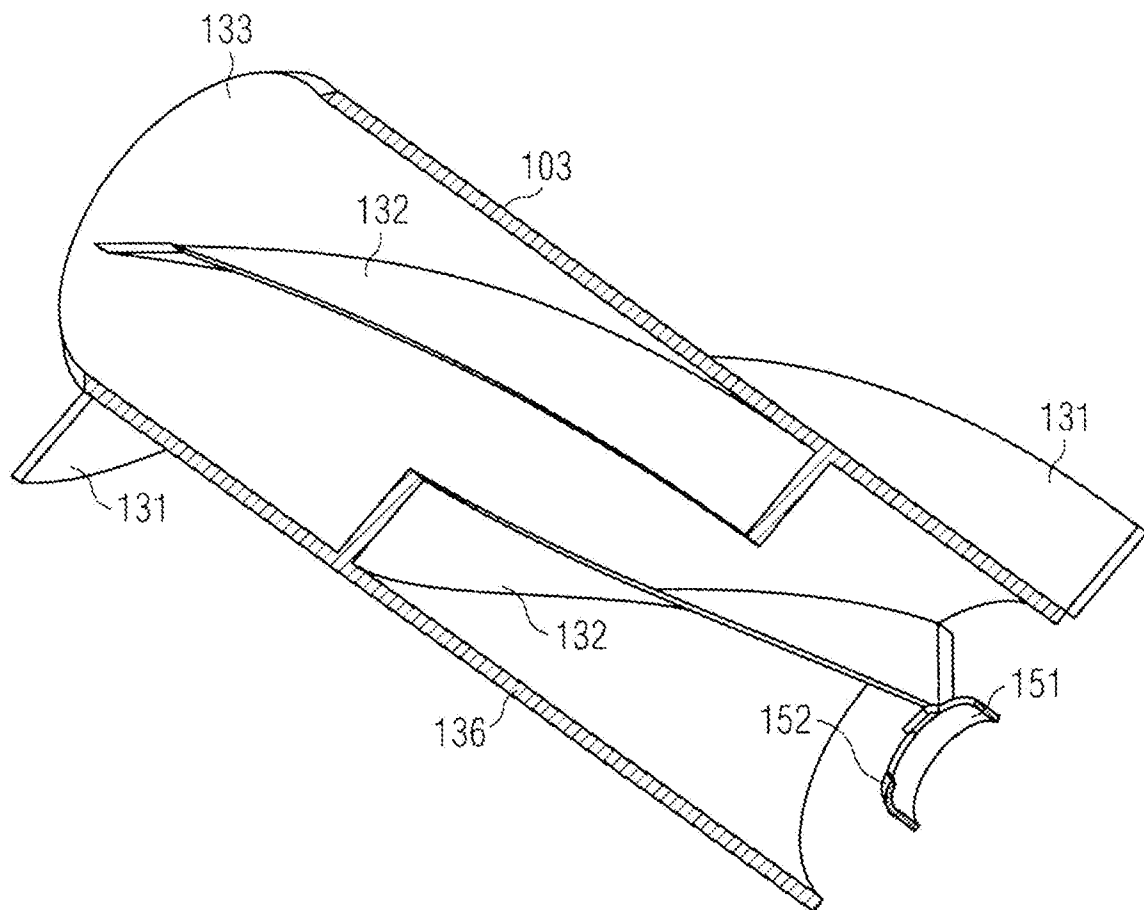


FIG 18

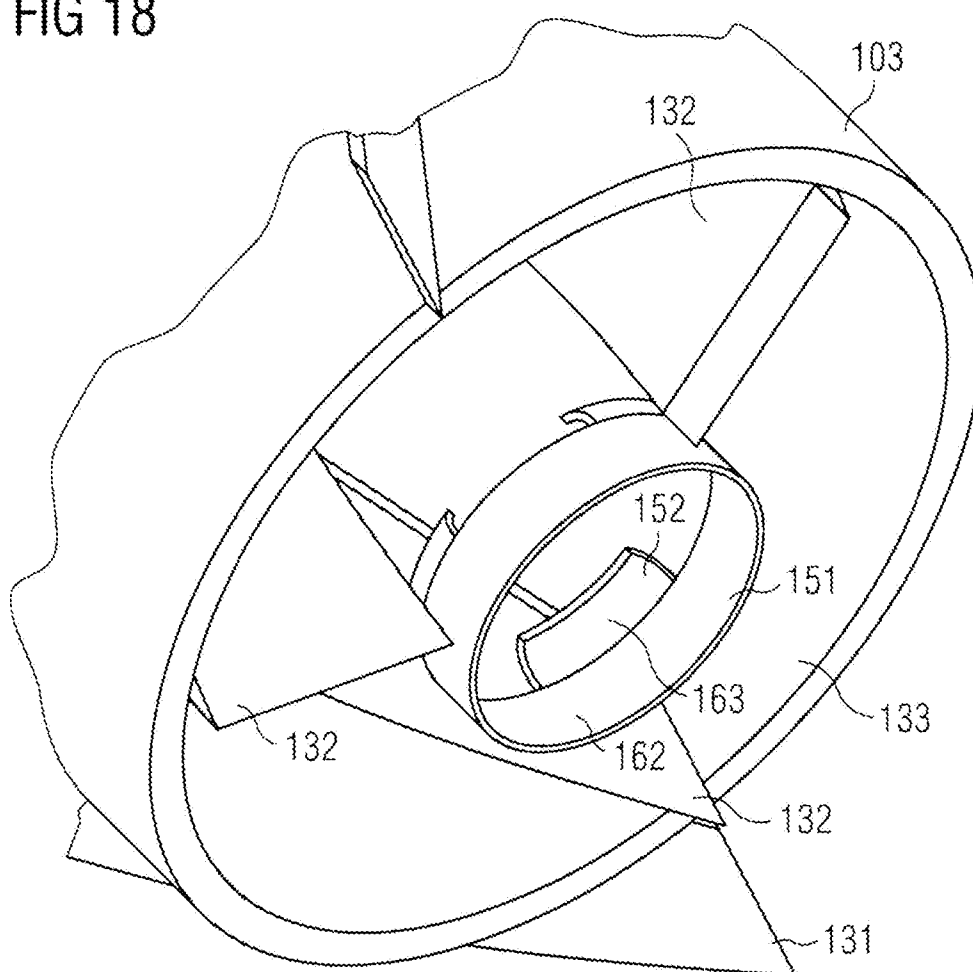


FIG 19

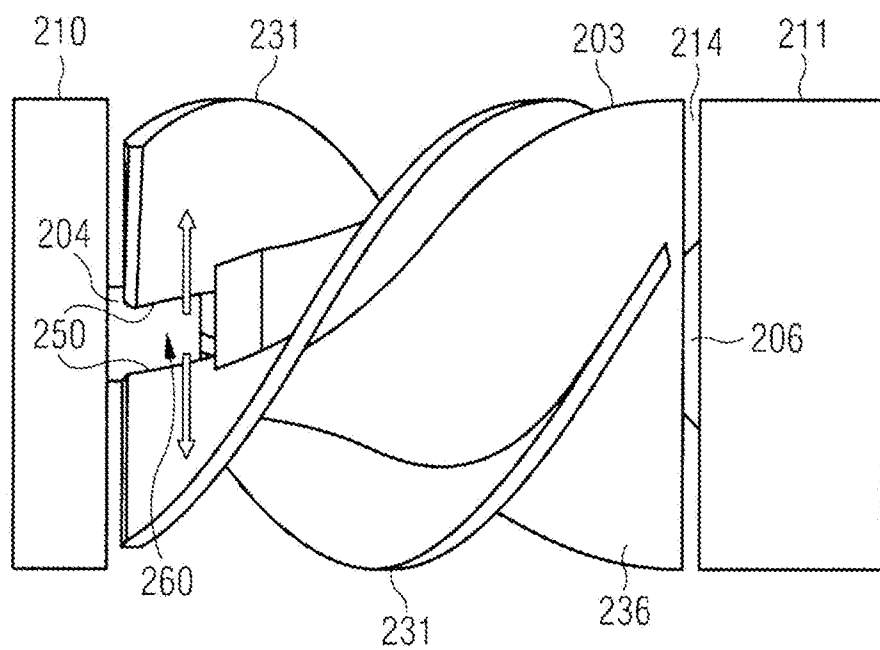


FIG 20

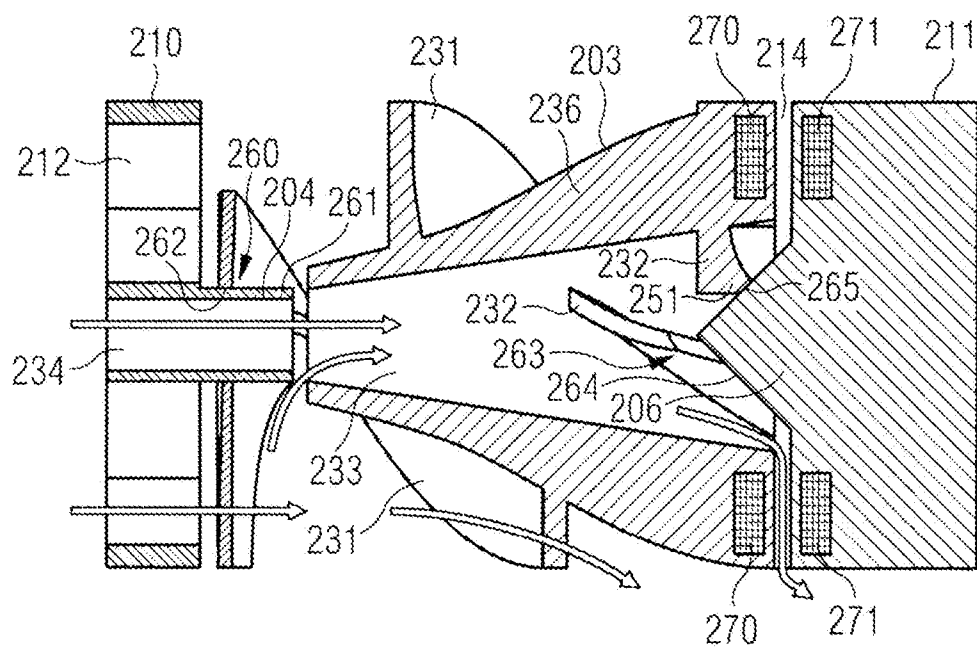


FIG 21

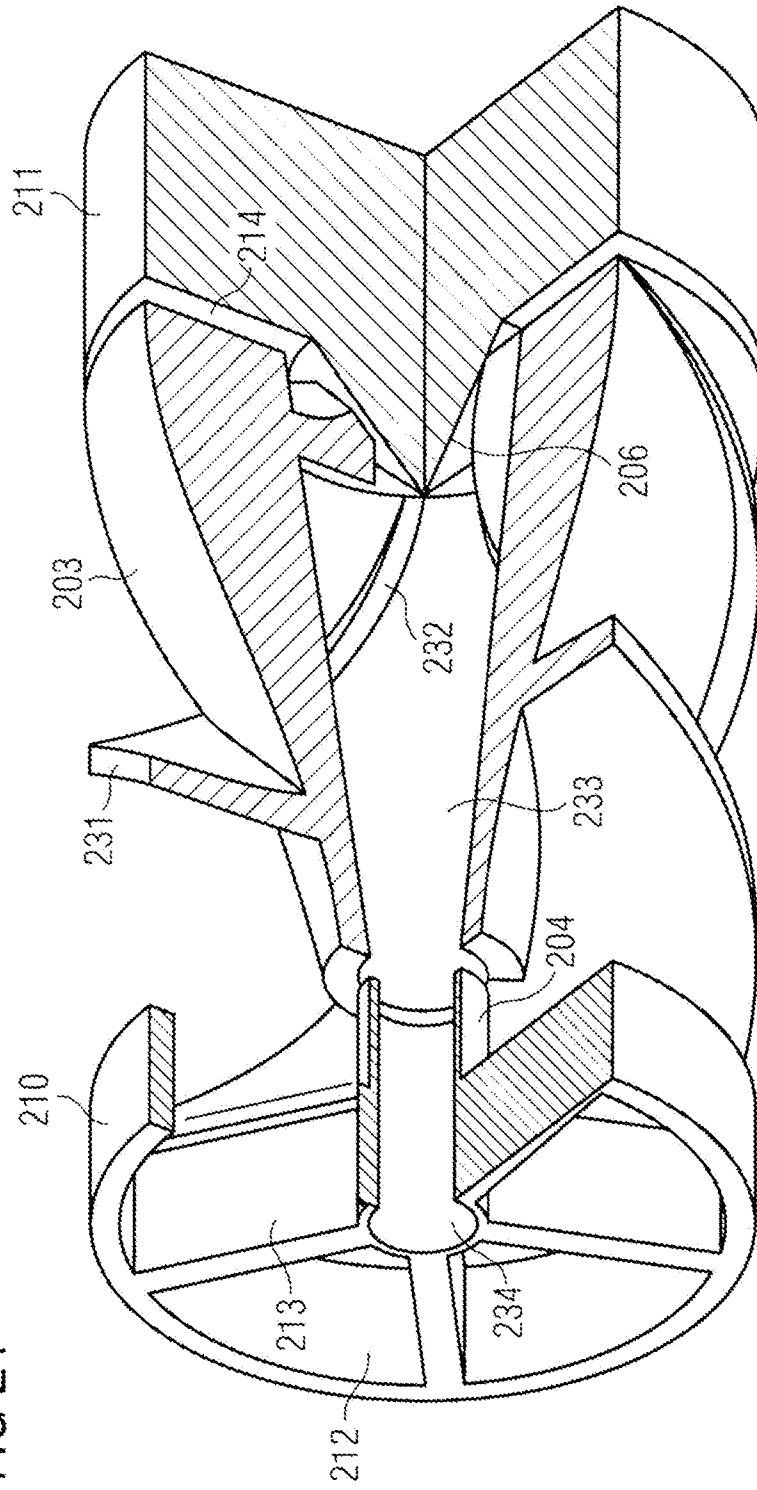


FIG 22

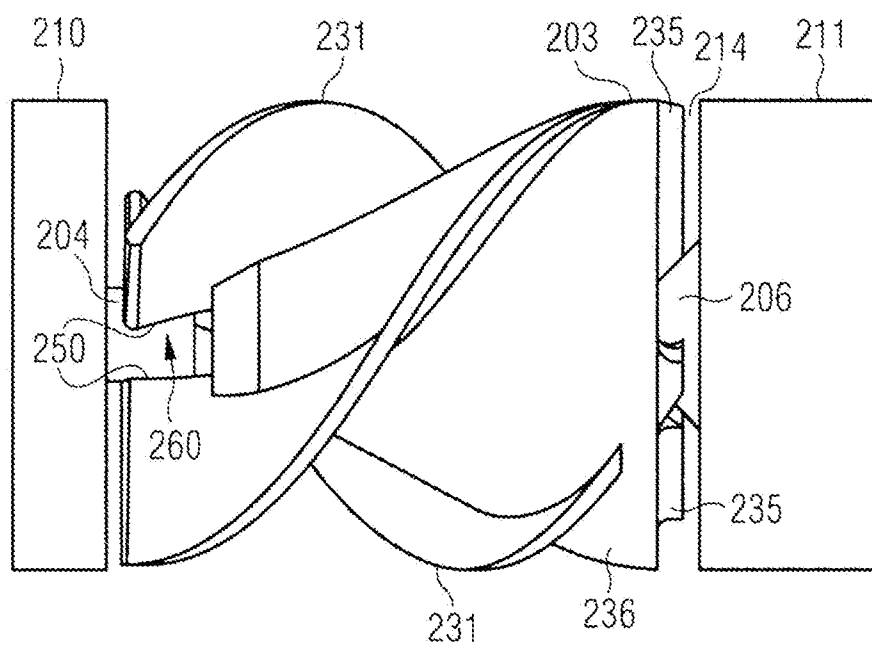


FIG 23

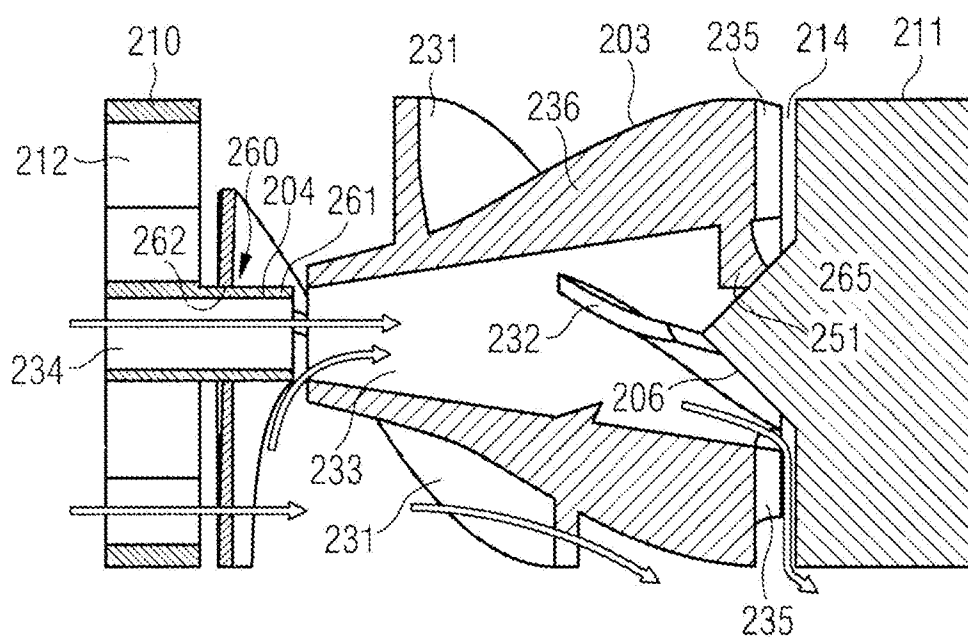


FIG 24

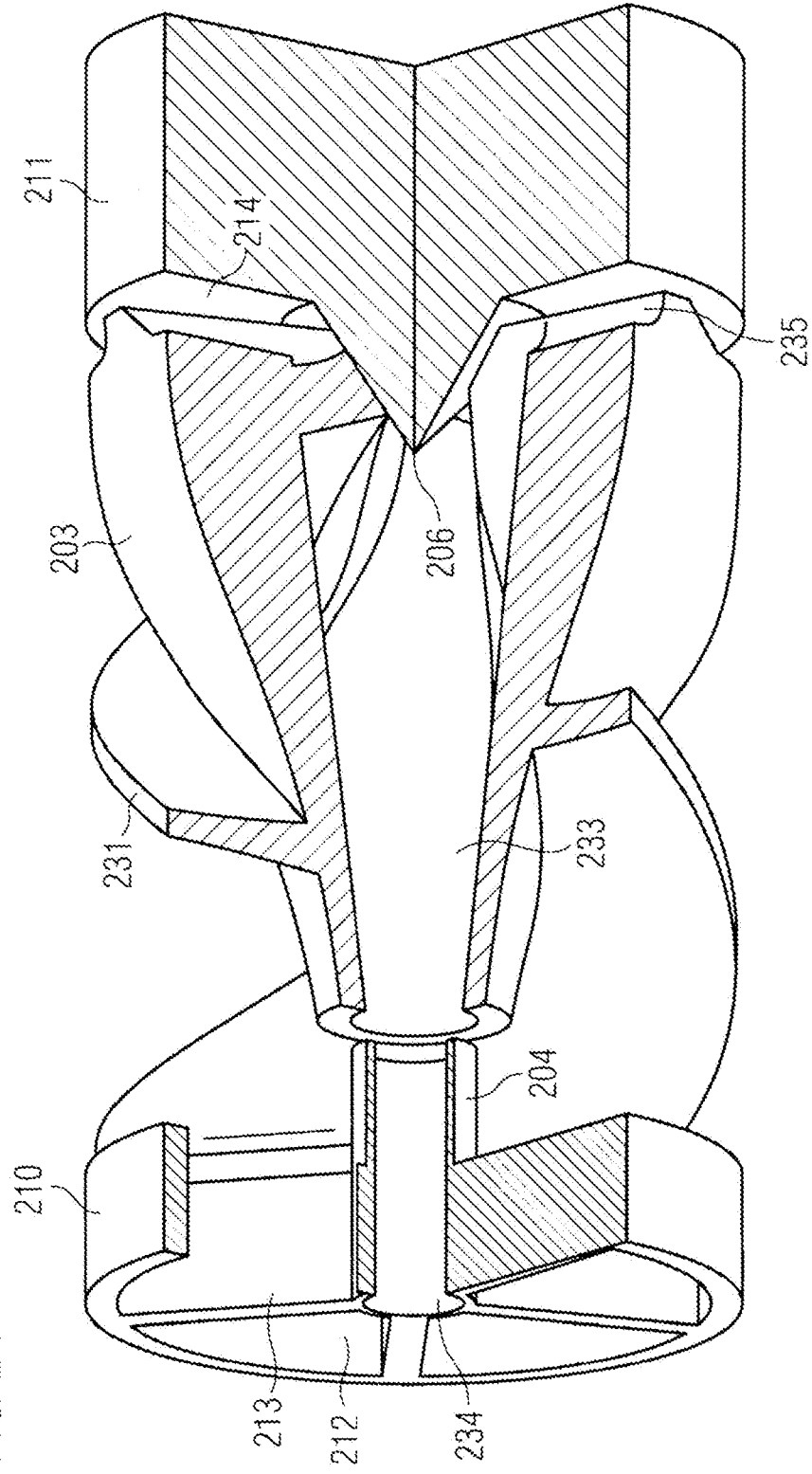


FIG 25

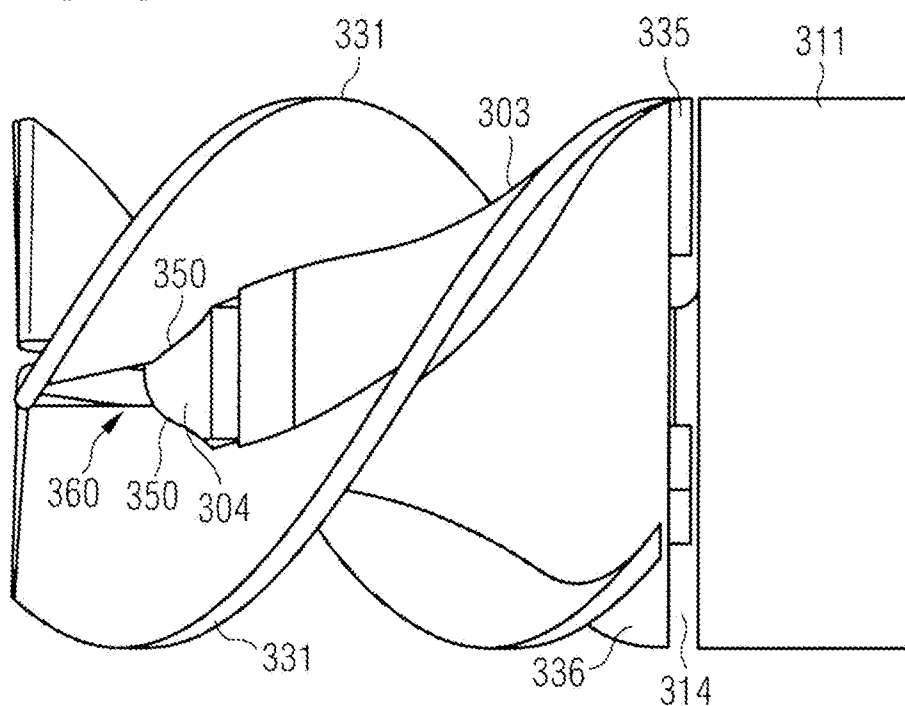


FIG 26

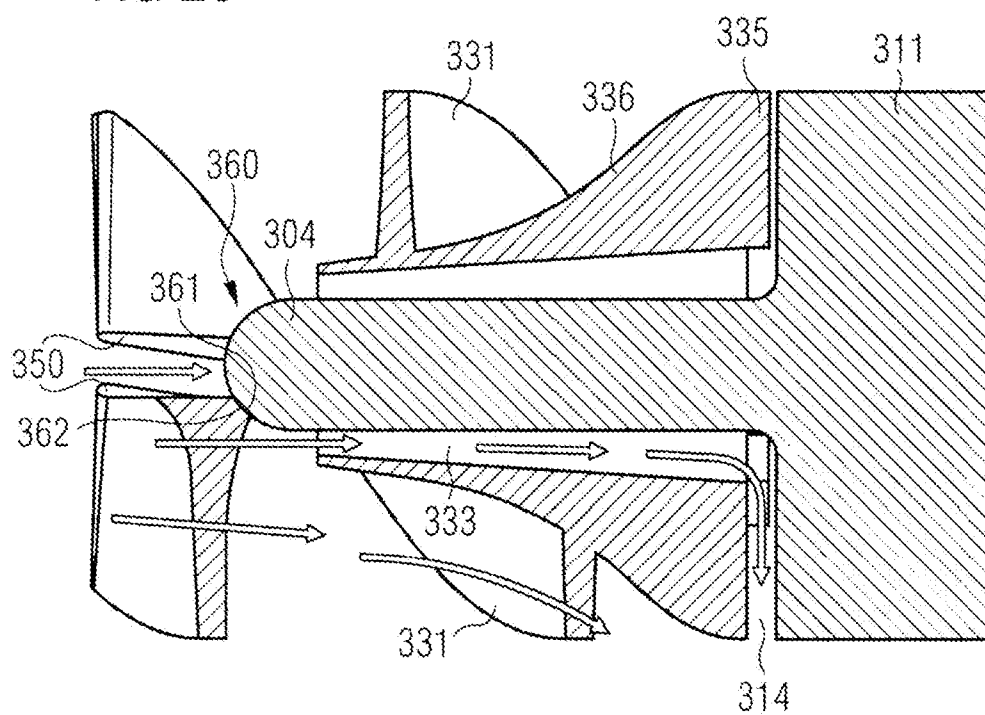


FIG 27

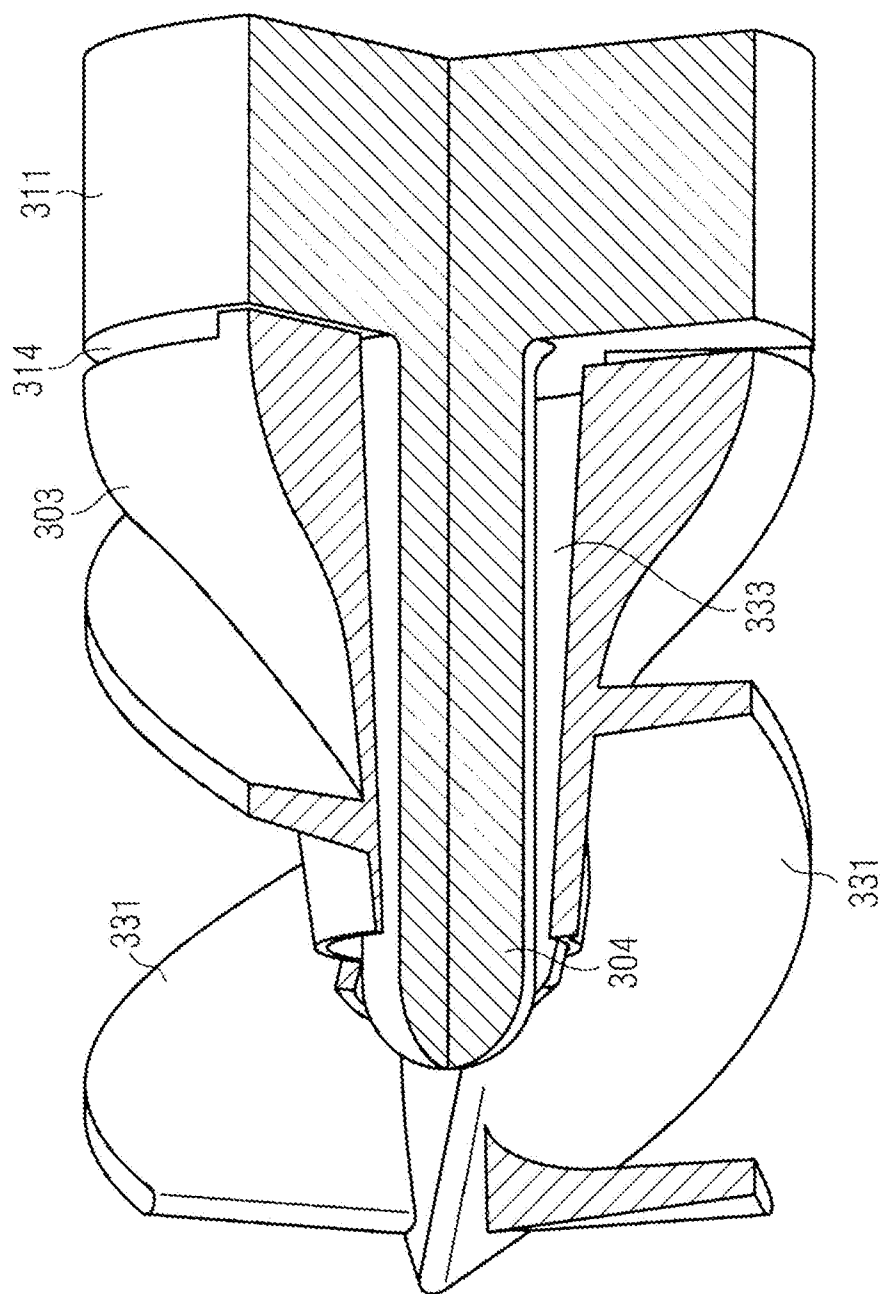


FIG 28

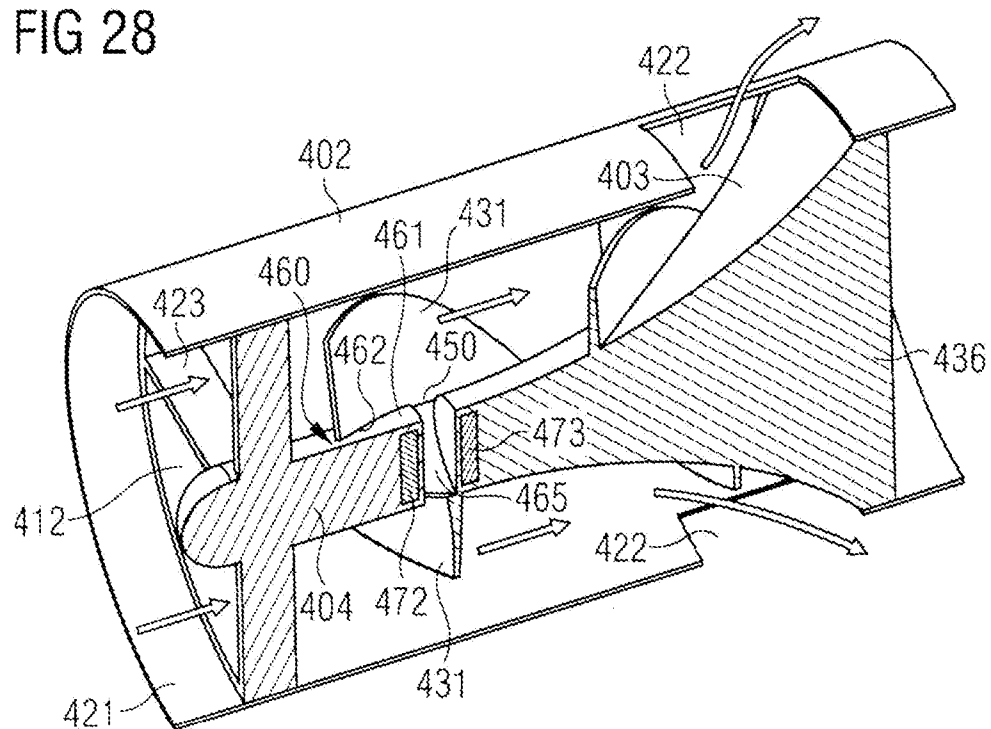


FIG 29

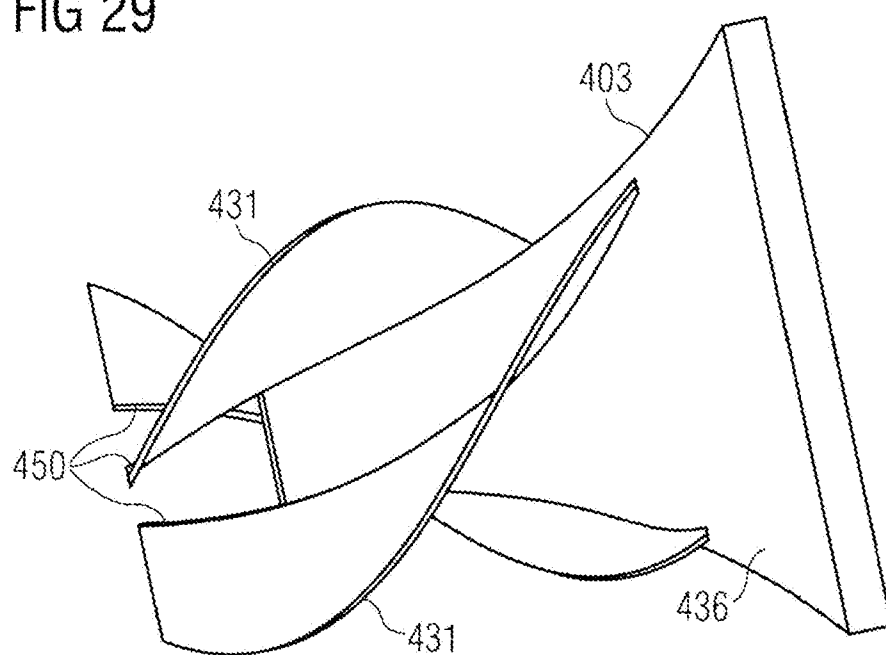


FIG 30

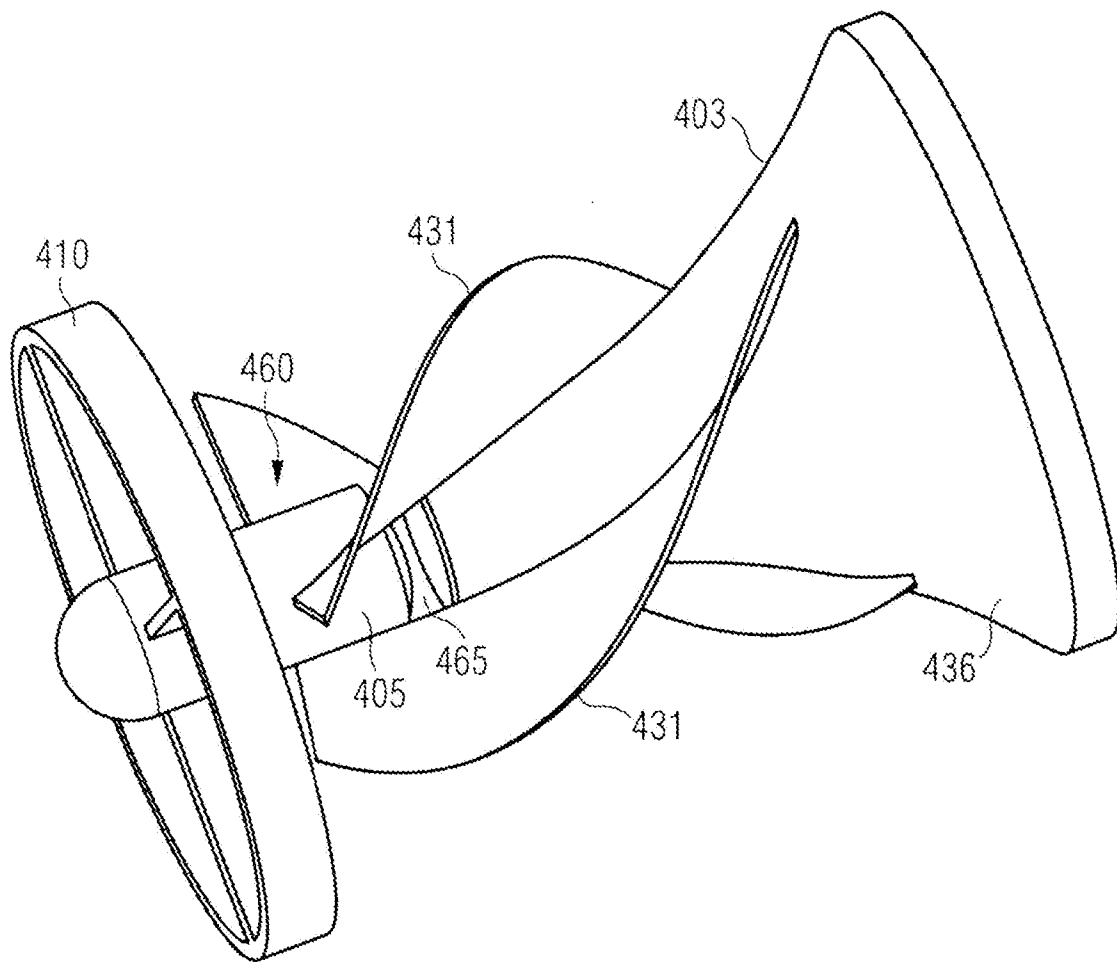


FIG 31

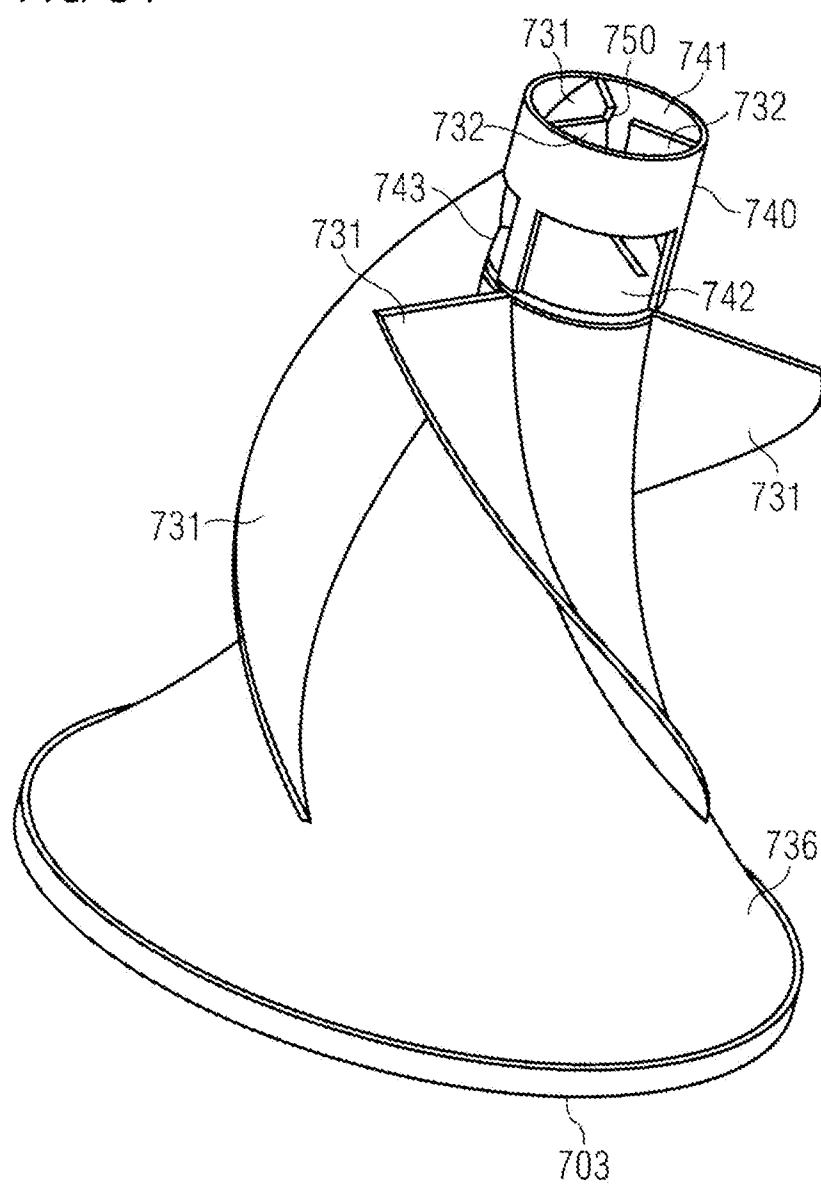
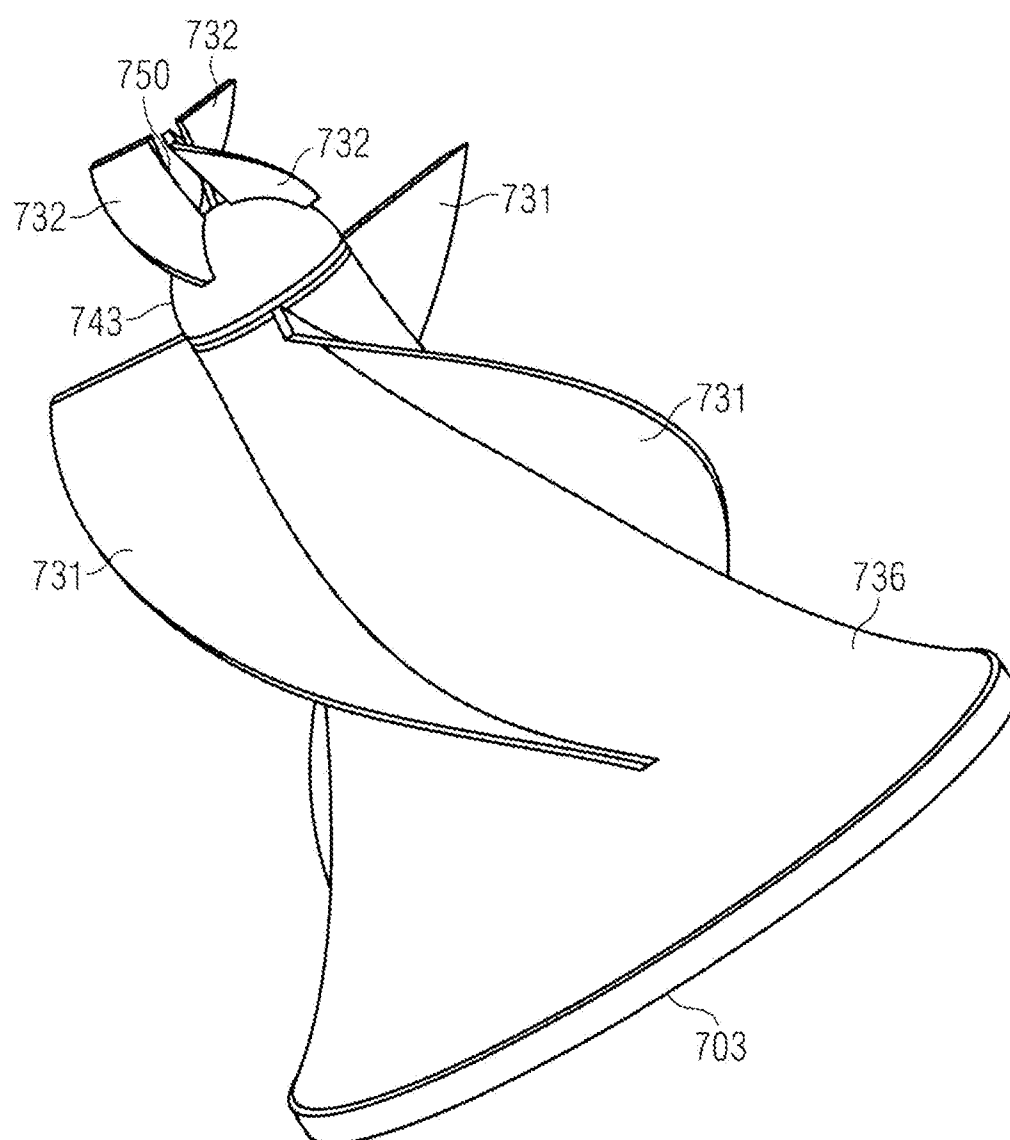


FIG 32



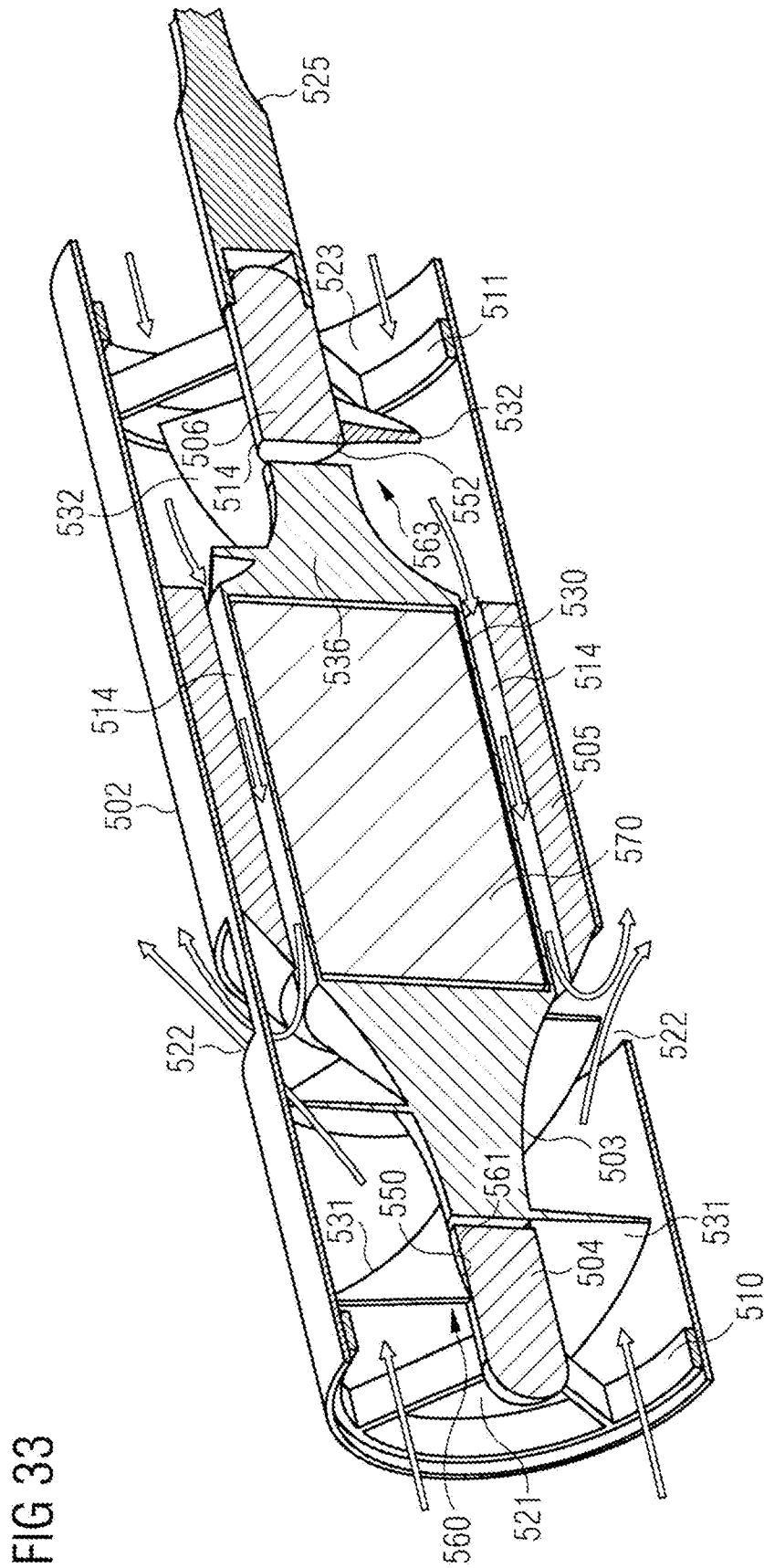


FIG 34

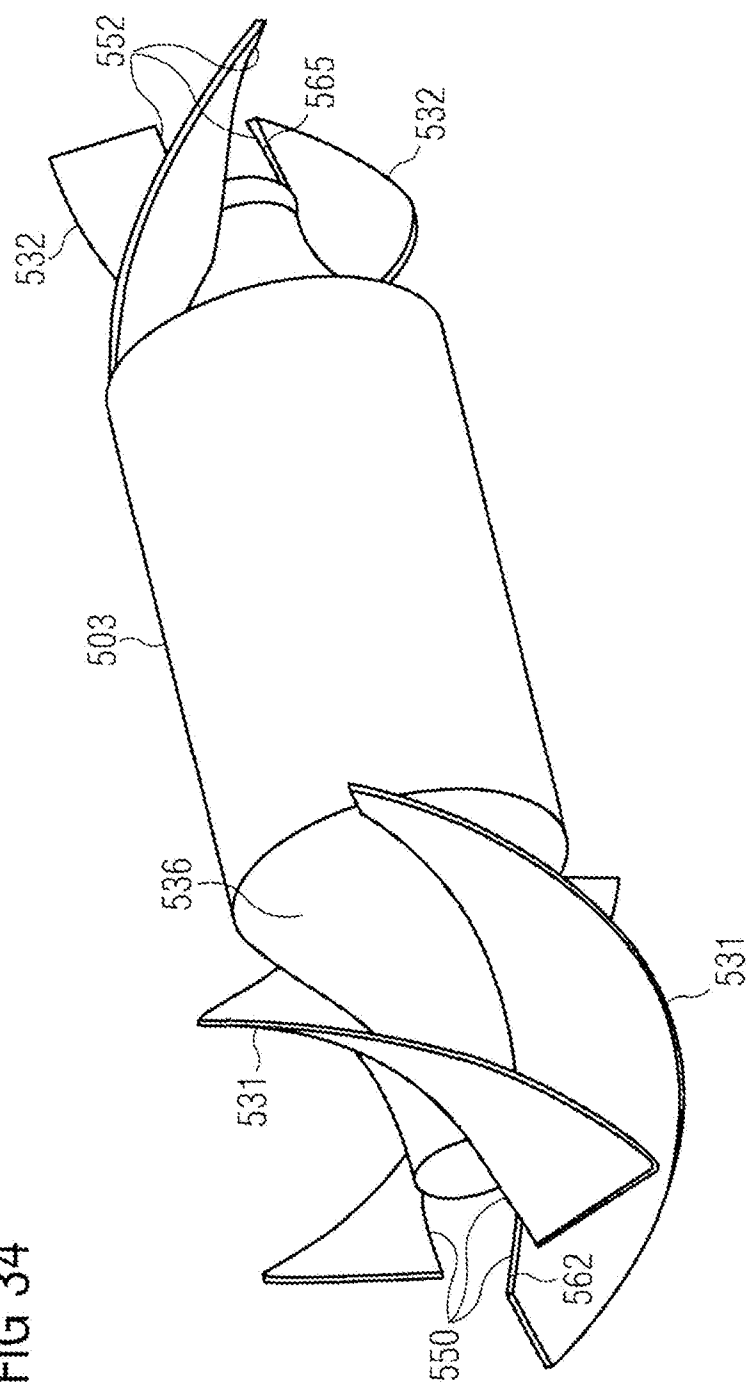


FIG 35

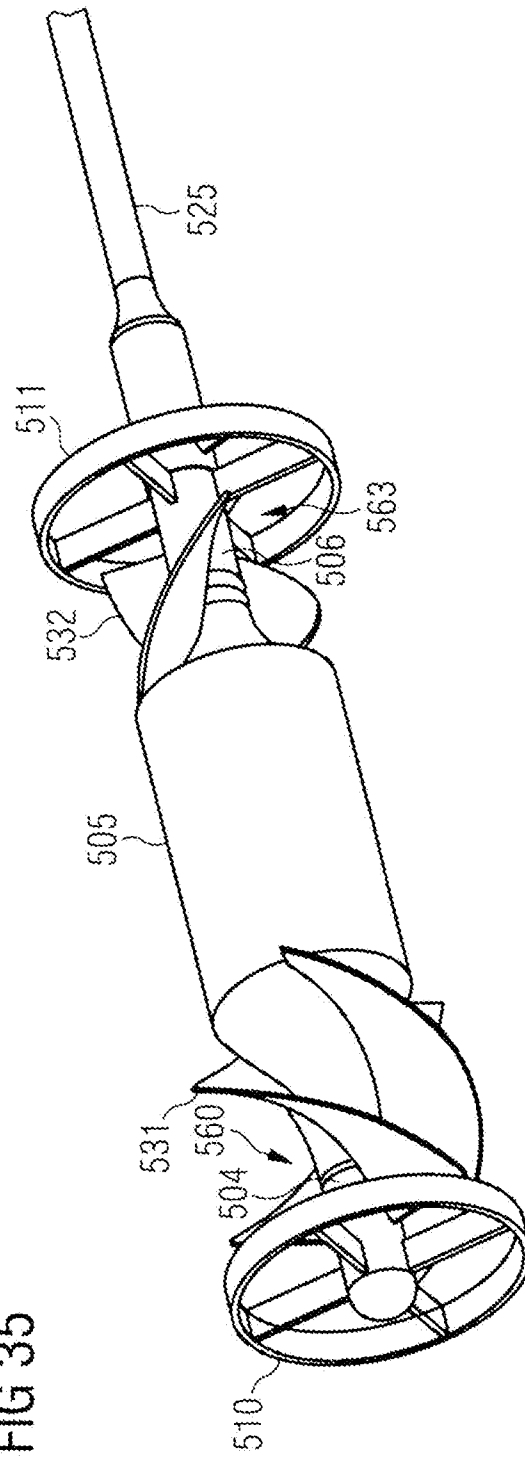


FIG 36

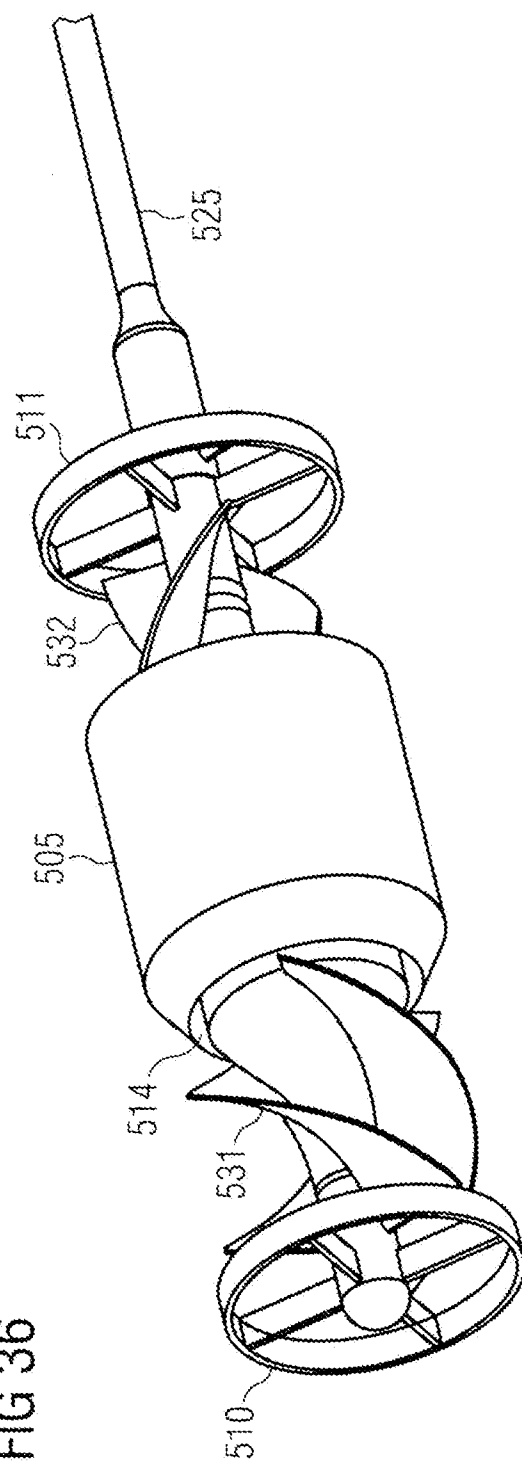


FIG 37

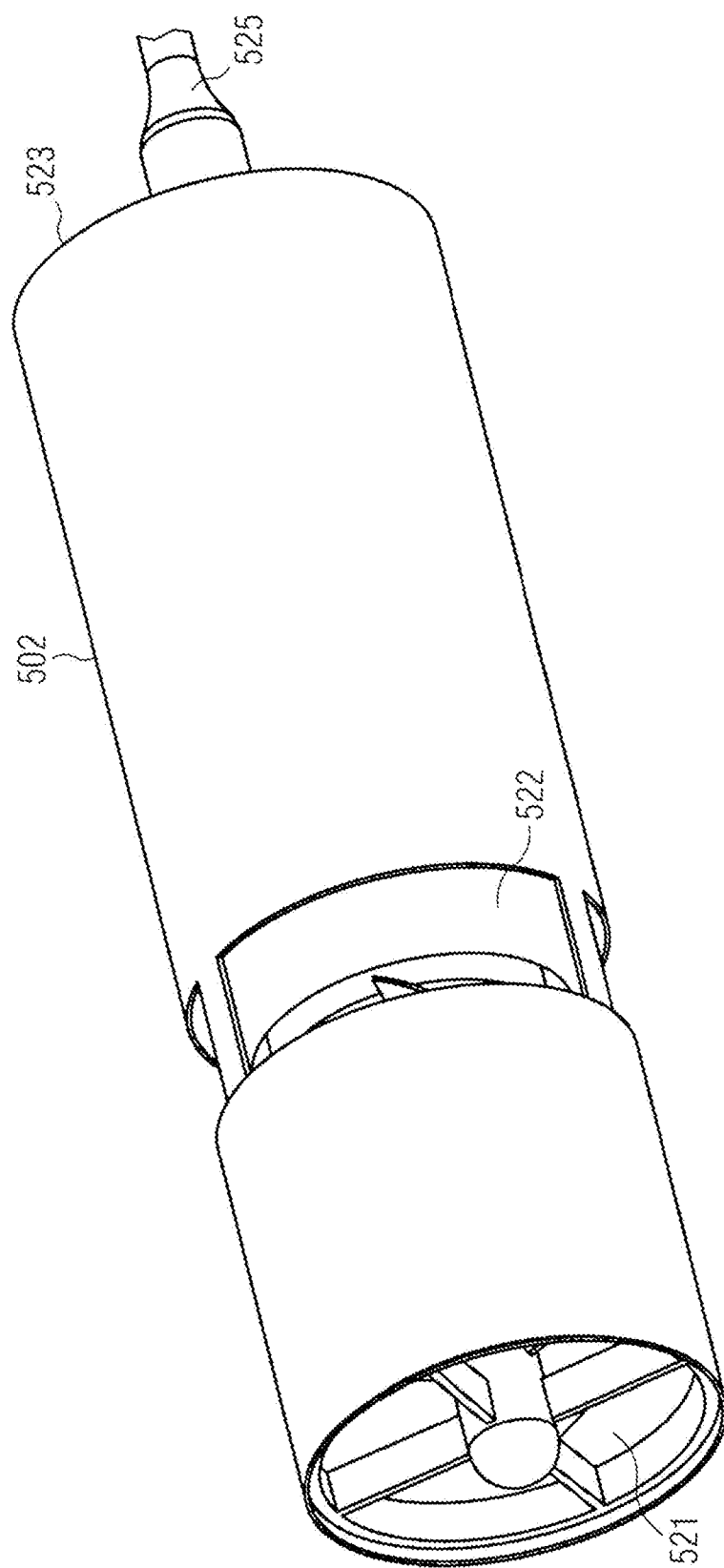


FIG 38

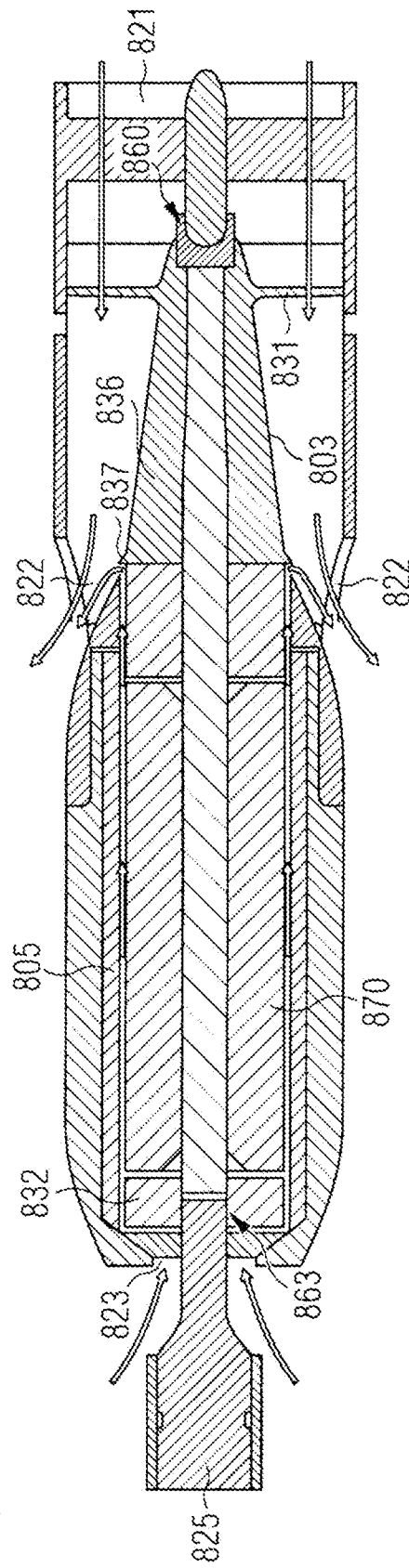


FIG 39

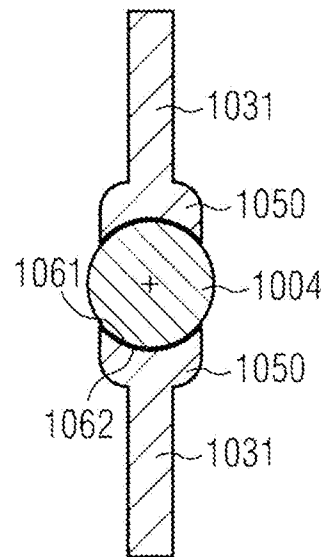


FIG 40

