

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 843 538**

51 Int. Cl.:

F04D 29/02 (2006.01)

F04D 29/24 (2006.01)

A61M 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2009 E 17172070 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.10.2020 EP 3236079**

54 Título: **Bomba de fluido con un rotor**

30 Prioridad:

05.12.2008 EP 08075923

05.12.2008 US 120095 P

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

19.07.2021

73 Titular/es:

ECP ENTWICKLUNGSGESELLSCHAFT MBH

(100.0%)

Wiesenweg 10

12247 Berlin, DE

72 Inventor/es:

SCHECKEL, MARIO

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 843 538 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 fluido con un rotor

5 La invención reside en el campo de las bombas de fluidos y se refiere a una bomba variable con respecto al diámetro del rotor de la misma para poder ser guiada, por ejemplo, a través de aberturas estrechas, tales como tubos, en particular vasos sanguíneos, y poder operarse en estado expandido después de haberse guiado.

10 Por tanto, la invención puede proporcionarse, por un lado, en el campo de la medicina, por ejemplo, como bomba de sangre para apoyo cardíaco, en una forma mínimamente invasiva, sin embargo, por otro lado, también es concebible su uso en agitadores o como elemento de propulsión para buques.

15 La invención puede presentar ventajas particulares en el campo de la medicina como resultado de una posible miniaturización.

20 Después de introducir la bomba de fluido a través de un vaso sanguíneo grande en el ventrículo y posteriormente ponerla en funcionamiento después de la expansión del rotor, la potencia de bombeo de un corazón puede asistirse allí considerablemente, por ejemplo, en humanos, o puede reemplazarse parcialmente. La ventaja terapéutica de tales aplicaciones reside en un alivio al menos parcial del músculo cardíaco.

25 Las bombas de fluido expansibles de este tipo ya se conocen en el estado de la técnica. Por ejemplo, una bomba emerge del documento DE 10 059 714 C1 que se puede empujar a través de un vaso sanguíneo junto con el accionamiento de la bomba. La sangre fluye a través de una cánula, cuyo diámetro se puede expandir y comprimir para cambiar las relaciones de flujo.

30 El documento DE 298 04 046 U1 muestra una bomba de flujo axial para su introducción a través del sistema vascular de un paciente, teniendo la bomba un tubo compresible flexible que forma el alojamiento de la bomba. Un rotor radialmente compresible está ubicado dentro del tubo. El eje de accionamiento del rotor se extiende a través de un catéter. El catéter puede introducirse en una manguera de cobertura junto con un tubo y el rotor. El rotor está rodeado por un alambre helicoidal que atraviesa una cubierta.

35 En el documento US 5.749.855, se desvelan bombas de catéter implantables que incluyen un cable de accionamiento, con un extremo del cable de accionamiento pudiendo conectarse a una fuente de accionamiento, un impulsor de accionamiento plegable en el otro extremo del cable de accionamiento, con el impulsor de accionamiento plegable pudiendo ajustarse entre una configuración cerrada en la que el impulsor de accionamiento plegable se pliega sobre el cable de accionamiento y una configuración abierta en la que el impulsor de accionamiento plegable se expande para que funcione como un impulsor, y un manguito que se extiende entre uno lado del impulsor de accionamiento plegable y el otro lado del impulsor de accionamiento plegable, pudiendo moverse el manguito entre configuraciones en las que el impulsor de accionamiento plegable está en la configuración abierta y cerrada.

45 El documento US 2003/0135086 A1 desvela un dispositivo de asistencia a la circulación hinchable que consiste en un estator hinchable que aloja un impulsor con palas hinchables de diferentes formas y tamaños. La invención se introduce en el paciente por vía percutánea. El dispositivo de asistencia a la circulación es una pequeña bomba empaquetada en una forma compacta que se fija a un eje de accionamiento largo y flexible. La bomba se inserta a lo largo de un cable guía hasta una ubicación objetivo y se hincha. El exterior del dispositivo de asistencia a la circulación está diseñado para expandirse solo hasta el punto de adaptarse perfectamente a cualquier elemento del sistema cardiovascular en el que se coloque para su funcionamiento. El dispositivo de asistencia vascular se puede expandir de cualquier forma hinchándose con un fluido. El eje de accionamiento, que se conecta al impulsor del dispositivo de asistencia a la circulación y se extiende fuera del cuerpo del paciente, es girado por un motor externo.

50 Después de que el dispositivo de asistencia a la circulación ya no es necesario, se pliega en una forma compacta y se extrae del paciente por vía percutánea.

55 Una bomba de sangre, cuyo rotor se puede comprimir y expandir radialmente, se conoce a partir del documento WO 03/103745 A2, allí se proponen diferentes construcciones para lograr la capacidad de expansión. Por ejemplo, por medio de las diferentes partes del catéter mutuamente desplazables después de su introducción, la compresión del alojamiento de la bomba y el ensanchamiento radial, asociado a la misma, pueden efectuarse. Por otro lado, al girar un eje de accionamiento en relación con un alambre ubicado en el catéter, se desvela la posibilidad de producir una estructura helicoidal del alambre, el alambre lleva además una membrana que forma una pala del rotor después de asumir la estructura helicoidal.

60

65 Como adición, a partir del documento se conoce una estructura de rotor que tiene una pluralidad de palas que son rígidas *per se* y están articuladas de forma pivotante en una parte central, dichas palas se despliegan durante el funcionamiento y por tanto producen una presión de fluido.

Una bomba se conoce a partir del documento EP 0 768 900 B1, en la que las palas del rotor están articuladas en un

eje dentro de un alojamiento de la bomba de tal forma que puedan plegarse contra el eje en el estado inoperante y, durante el funcionamiento, se puede desplegar perpendicular al eje para transportar el fluido.

5 A partir del documento US 2006/0062672 A1, se conoce un rotor de una bomba de fluido con palas que están fijadas de forma adaptable a un cubo y que se despliegan por la contrapresión del fluido generada por el giro inicial del rotor.

10 Es común en el estado de la técnica conocido que las palas del rotor de una bomba se hagan pivotar por medio de un mecanismo de pivote para su expansión o por contrapresión del fluido durante el giro o estén formadas por un dispositivo mecánico en la forma de un cable Bowden o similar, solo para expansión de la bomba.

15 El objetivo subyacente de la presente invención con los antecedentes del estado de la técnica es producir una bomba de fluido que tenga un rotor que se pueda comprimir con respecto a su diámetro, que se construya de la forma más simple posible, que comprenda preferentemente materiales biocompatibles como el alojamiento de la bomba que lo rodea, cuya expansión y compresión se pueda realizar de la forma más sencilla posible y que tenga la fiabilidad necesaria durante el funcionamiento.

El objeto se consigue de acuerdo con la invención mediante las características de la reivindicación de patente 1.

20 Como adición, la invención se refiere a métodos para hacer funcionar la bomba de fluido de acuerdo con la invención de acuerdo con las reivindicaciones 16, 17 o 18.

25 El conocimiento subyacente a la invención es que se puede lograr una estructura lo más simple posible de la bomba de fluido mediante la deformabilidad de una pala del rotor en sí. El rotor de la bomba de fluido tiene, para este fin, al menos una pala del rotor que se encuentra en un primer estado siempre que el rotor asuma un primer, estado comprimido, asumiendo la pala del rotor un segundo estado durante la transición del rotor a un estado expandido por medio de la deformación.

30 De este modo, la pala del rotor se transfiere del primer estado al segundo estado por la contrapresión del fluido que se produce durante el giro del rotor durante el funcionamiento de la bomba.

35 Una ventaja particular de la invención reside en el hecho de que no es necesario proporcionar elementos de actuación para la expansión del rotor aparte del accionamiento real de la bomba y en el hecho de que, debido a la deformabilidad de la pala o palas del rotor *per se*, tampoco es necesario proporcionar una articulación pivotante de las palas del rotor a otras partes de la bomba.

40 La deformación de la pala se facilita y al mismo tiempo se delimita proporcionando un lado delantero y otro trasero de la pala en la dirección del movimiento durante el funcionamiento de transporte, en las que dichos lados tienen diferentes configuraciones en la forma de diferentes propiedades del material y/o conjunto de construcción al menos a lo largo de una parte de la distancia entre la punta radialmente externa de la pala y el extremo radialmente interno de la pala.

45 Por tanto, la delimitación debería ser ventajosamente, debido a la deformación, donde se adopta una forma del rotor que permite una potencia de transporte óptima. Dicho de otro modo, la deformabilidad de la al menos una pala del rotor se delimita ventajosamente de tal manera que la deformación no va más allá de la forma en la que el rotor produce la mayor contrapresión del fluido posible.

50 Cuando la bomba de fluido se guía a través de un tubo, por ejemplo, un vaso sanguíneo, Además, el rotor no intenta expandirse sin influencias externas. Un intento de este tipo no sería deseable para su uso médico, puesto que las paredes de los vasos sanguíneos a través de los que se guía la bomba no deberían dañarse. Cuando se aplica a través de un acceso artificial tubular (válvula), las fuerzas restauradoras descritas representarían una dificultad particular puesto que, como resultado, se producirían elevadas fuerzas de fricción en la pared de los tubos artificiales y sería necesario producir fuerzas significativas para alimentar la bomba de fluido al interior del cuerpo.

55 Mientras la bomba no esté funcionando, es decir, no gira sobre el eje de la bomba, el rotor permanece en estado comprimido y se puede alimentar a través del vaso sanguíneo.

60 Si la bomba se pone en funcionamiento *in situ*, entonces el rotor se acciona en la dirección de transporte y la pala o palas del rotor se deforman por la contrapresión del fluido y, por lo tanto, se despliegan, como resultado de lo que, se pone en marcha un extenso transporte, real. Por tanto, es ventajoso que la deformación de la pala/palas del rotor sea elástica, puesto que, en muchos casos de aplicación, la bomba de fluido debe comprimirse nuevamente después de la aplicación para poder retirarla.

65 En este caso, las pala/palas del rotor asume/asumen su primer estado nuevamente, en el que se comprime el rotor, después de detener el funcionamiento de la bomba y detener el rotor.

Normalmente, el lado de la pala del rotor que es el delantero durante el funcionamiento (lado de alta presión) está sometido predominantemente a tensión, mientras que el lado trasero (lado de aspiración) está sometido a un esfuerzo de compresión. Por tanto, la interfaz entre los lados delantero y trasero se puede imaginar como donde está presente una carga neutra en el funcionamiento de la bomba. Esta interfaz debe absorber los esfuerzos transversales y cizallantes correspondientes.

Se puede prever, por ejemplo, que el lado delantero y el lado trasero de la pala del rotor estén pegados entre sí en la región de la interfaz o estén conectados entre sí mediante otras técnicas de unión.

Las propiedades de la pala del rotor que son ventajosas para la invención pueden conseguirse, por ejemplo, porque el lado delantero de la al menos una pala del rotor comprende un primer material y el lado trasero comprende un segundo material que es diferente del primero. Los dos materiales pueden ser de plástico diferente, por ejemplo, polímeros con diferentes propiedades, por ejemplo, con diferentes aditivos o uno de ellos reforzado con fibras. También es posible que una de las capas, preferiblemente en el lado trasero, comprenda un elastómero y la otra capa un polímero. La pala del rotor podría también estar hecha de varias capas finas de material plástico en la que cada capa tiene propiedades diferentes, por ejemplo, una primera capa con un parámetro bajo, una segunda capa con un parámetro más alto que la primera, una tercera capa con un parámetro más alto que la segunda capa, etc. (el parámetro puede ser cualquier propiedad mecánica o similar). Si estas capas son lo suficientemente finas, el cambio de parámetro a lo largo del espesor de la pala es (al menos en una escala macroscópica) continuo. Una pluralidad de capas de este tipo se puede fabricar mediante pulverización y/o pulverización catódica, etc. de diferentes materiales para cada capa.

Resulta ventajoso que el primer material sea más dúctil que el segundo material.

Por lo tanto, el primer material debe tener un límite de alargamiento permanente para que, durante la deformación de la pala del rotor, se alcance un límite que se define con la mayor precisión posible durante el funcionamiento de la bomba y se establezca una forma definida de la pala del rotor durante el funcionamiento. Un límite de alargamiento permanente de este tipo lo proporciona, por ejemplo, un intervalo no lineal de los coeficientes de elasticidad del material, de modo que la fuerza necesaria para el alargamiento aumenta superproporcionalmente desde un límite de alargamiento permanente específico y la forma se estabiliza como resultado. Esta propiedad puede ser intrínseca al primer material, pero puede ser asistida o esencialmente producida porque las fibras resistentes al estiramiento están incrustadas en el primer material, siendo dichas fibras sustancialmente más resistentes al estiramiento que el propio primer material y estando presentes sin estirar en el primer estado de la pala del rotor y en forma estirada en el segundo estado en el primer material. Tales fibras pueden estar formadas, por ejemplo, por materiales plásticos de alta resistencia o por fibras de vidrio o de carbono.

El segundo material en el lado trasero de las palas del rotor puede ser incompresible o deformable solo hasta un límite de compresibilidad específico. Ventajosamente, la deformabilidad es elástica. El límite de compresión se puede formar, por ejemplo, por una no linealidad de los coeficientes de compresión en el que la fuerza requerida para la compresión aumenta superproporcionalmente desde un grado de compresión específico.

También puede ser ventajoso si se proporciona una primera capa de material en el lado de entrada y una segunda capa de material en el lado de salida en el que la segunda capa comprende ranuras que permiten la compresión de dicha segunda capa hasta el punto en que las ranuras están cerradas.

Las ranuras pueden ser tangenciales a una dirección circunferencial del rotor para permitir una flexión de la una o más palas del rotor a lo largo de su longitud radial.

También se puede prever ventajosamente que la al menos una pala del rotor tenga, en el lado trasero, elementos conformados que están separados entre sí en el primer estado y se apoyan entre sí en el segundo estado.

Estos elementos conformados pueden estar separados entre sí en el primer estado mediante ranuras o también estar incrustados en un material compresible. En cualquier caso, delimitan una mayor deformabilidad de la pala del rotor en el sentido de que se apoyan entre sí en el segundo estado.

Otra forma de realización ventajosa de la invención prevé que al menos un elemento de tope esté montado en un lado de la al menos una pala del rotor, penetrando dicho elemento de tope en la interfaz entre el lado delantero y el lado trasero y pudiendo moverse de forma limitada en un rebaje en el otro lado de la pala del rotor.

Ventajosamente, el elemento de tope se fabrica a partir de un material virtualmente tan incompresible o tan precisamente incompresible como el material que comprende el lado trasero de la pala del rotor para lograr una posición de tope definida. El elemento de tope puede comprender, por ejemplo, un metal o un material plástico duro.

La invención se refiere, además de una bomba de fluido, además de un método para operar una bomba de fluido de la forma descrita, la bomba se pone en marcha mediante el giro del rotor en la dirección de funcionamiento y el rotor se expande por la contrapresión del fluido.

También se puede proporcionar además que, para reducir el diámetro del rotor, el rotor se acciona en la dirección opuesta a la dirección de funcionamiento.

5 Por tanto, la invención hace posible que, cuando la bomba se guía a través de una abertura, en particular un vaso sanguíneo, el rotor se acciona en la dirección opuesta a la dirección de funcionamiento y, por tanto, se comprime.

La invención puede comprender también que al menos una pala del rotor comprenda al menos una pala para optimizar las condiciones fluídicas (véanse Figuras 13/14 en las que "W" indica una aleta y "B" indica una pala). La
10 Figura 15 muestra una realización alternativa con una aleta W' que está solo en el lado delantero de la pala B'.

Puede ser ventajoso que la al menos una aleta sobresalga del lado delantero y/o del lado trasero de la pala.

15 Las condiciones fluídicas entre el rotor y la pared interna del alojamiento de a bomba se optimizan mejor si se coloca al menos una aleta en la punta de la pala. Esta aleta puede también proporcionar un cojinete para el rotor en la medida en que se deslice en la pared interna del alojamiento de la bomba.

20 Sin embargo, también se pueden proporcionar aletas entre la punta y el extremo radialmente interno de una pala donde pueden influir en el flujo de fluido.

Las aletas pueden fijarse de forma pivotante con respecto a la pala y pueden pivotar fácilmente a su posición operativa por la presión del fluido que se genera cuando el rotor está girando (véanse Figuras 14 y 15).

25 La presente invención se refiere también a un método para fabricar una bomba de fluido como se ha descrito anteriormente.

La invención se ilustra a continuación en un dibujo con referencia a una realización y se explica a continuación.

De ese modo se muestran:

- 30
- Figura 1 esquemáticamente, la aplicación de una bomba de fluido en un corazón para transportar sangre,
 - Figura 2 esquemáticamente, un cabezal de la bomba en sección longitudinal con flujo de entrada radial,
 - 35 Figura 2a esquemáticamente, un cabezal de la bomba en sección longitudinal con flujo de entrada axial,
 - Figura 3 esquemáticamente, un rotor con dos palas del rotor en una vista en planta,
 - Figura 4 un rotor en una vista lateral,
 - 40 Figura 5 una sección a través de una parte de una pala del rotor,
 - Figura 6 una sección a través de una parte de una pala del rotor en una realización diferente,
 - 45 Figura 7 una sección a través de una parte de una pala del rotor,
 - Figura 8 una ampliación en sección del detalle descrito en la Figura 7 con VIII,
 - Figura 9 una sección a través de una pala del rotor en otra realización,
 - 50 Figura 10 una realización de un rotor con una pala del rotor helicoidal que está soportada por elementos conformados,
 - Figura 11 un rotor, cuya pala helicoidal está soportada por un devanado en espiral,
 - 55 Figura 12 un rotor, cuya pala del rotor helicoidal está soportada por una guía de miembro de conexión,
 - Figura 13 una vista en perspectiva de una pala con una aleta,
 - 60 Figura 14 una vista en sección del dispositivo de la Figura 13,
 - Figura 15 una vista en sección de un diseño alternativo de una pala/aleta.

65 La Figura 1 muestra esquemáticamente en sección transversal un corazón 1, en el que el cabezal 3 de una bomba de fluido sobresale hacia un ventrículo 2. El cabezal de la bomba 3 está dispuesto en el extremo de una cánula 4 y tiene un alojamiento de la bomba 5 que está redondeado en la parte delantera.

El accionamiento de la bomba se efectúa a través de un eje de accionamiento 6 que se extiende longitudinalmente a través de la cánula 4 y está conectado externamente a un motor 7.

5 El motor 7 puede accionarse en ambas direcciones 8, 9, el transporte de fluido tiene lugar realmente simplemente en una dirección de giro.

10 El cabezal de la bomba 3 con el alojamiento de la bomba 5 se muestra esquemáticamente en la Figura 2 en sección longitudinal y también el eje de accionamiento 6. Este último está montado de forma giratoria en el extremo delantero del cabezal de la bomba 3 en un bloque de cojinetes 10 por medio de un cojinete 11.

La Figura 2 muestra el cabezal de la bomba en forma expandida, es decir, con radio ampliado con respecto a la representación de la Figura 1.

15 Para la introducción del cabezal de la bomba 3 a través de un vaso sanguíneo 12 en el corazón, el cabezal de la bomba 3 se comprime radialmente haciendo que el eje se afloje o por presión axial sobre el eje, es decir, se lleva al estado de su alargamiento radial más bajo posible.

20 Si el cabezal de la bomba ha llegado a la ubicación deseada, entonces el alojamiento de la bomba se puede unir axialmente aplicando una tensión en la dirección de la flecha 13 y, en consecuencia, se puede expandir radialmente, como indican las flechas 14, 15.

25 También es concebible la compresión y expansión del alojamiento por deformación del alojamiento, mediante el uso de materiales con memoria de forma. De esta forma se aprovecha el comportamiento resiliente de los materiales con memoria de forma a temperaturas específicas. A través de las ranuras 16, 17 que se extienden en la dirección axial del eje 6, el fluido, es decir, en el presente caso, la sangre, puede pasar a través del alojamiento de la bomba 5 hacia el rotor 18 de la bomba y puede transportarse más allá a través de este último, por ejemplo, axialmente a través de la cánula 4. En la Figura 2, la entrada del rotor tiene una configuración radial. En la Figura 2a, se representa esquemáticamente una realización con flujo de entrada y flujo de salida axiales.

30 El rotor tiene un portador de palas de rotor 19 y también palas de rotor 20, 21, las palas de rotor 20, 21 se despliegan durante el funcionamiento de la bomba, es decir, en el estado expandido del rotor.

35 El radio del rotor durante el funcionamiento está coordinado con el diámetro interno del alojamiento de la bomba en su estado expandido.

40 Si el cabezal de la bomba pretende retirarse del corazón 1, entonces se detiene el funcionamiento de la bomba y las palas de rotor 20, 21 se apoyan contra el portador de palas de rotor 19 para reducir el radio del rotor 18. Esto es asistido ventajosamente por el giro del rotor 18 en la dirección de giro opuesta al funcionamiento de la bomba.

Si el eje 16 se desplaza hacia el cabezal de la bomba 3 en la forma de un cable Bowden, entonces, el cabezal de la bomba vuelve a tomar su forma comprimida y se puede extraer a través del vaso sanguíneo 12.

45 La Figura 3 muestra en detalle una vista en planta del rotor 18 con el portador de palas de rotor 19 y las palas de rotor 20, 21, siendo estos representados en forma continua en su primer estado, es decir, el estado comprimido del rotor. Las palas del rotor pueden también apoyarse aún más estrechamente contra el portador de palas de rotor 19 en el primer estado.

50 Es importante que, cuando comienza el funcionamiento de la bomba y el giro del rotor 18, en la dirección de giro 22 requerida para la operación de transporte, se produzca una contrapresión del fluido en la dirección de la flecha 23 hacia las palas del rotor y estas se flexionan ensanchando el radio del rotor 18. Si la bomba está diseñada como bomba radial, entonces, el fluido se desplaza y, por tanto, se transporta radialmente hacia fuera en la dirección de la flecha 24.

55 Si las palas de rotor 20, 21 están perfiladas en la dirección axial, entonces el fluido se puede transportar también en la dirección axial, como se indica en la Figura 4 por las flechas 25, 26.

60 Si el rotor se hace funcionar en una dirección de giro opuesta a la dirección de giro 22 requerida para el transporte, entonces se produce una contrapresión del fluido en las palas de rotor 20, 21, siendo dicha contrapresión opuesta a la dirección 23 y conduciendo a que las palas del rotor se plieguen contra el portador de palas de rotor 19 y a una reducción correspondiente en el diámetro del rotor. En este estado, el rotor puede retirarse del corazón a través del torrente sanguíneo con un alojamiento de la bomba 5 comprimido correspondientemente.

65 Mediante la elección de la dirección de giro y de la velocidad de giro, el diámetro del rotor se puede por tanto modificar específicamente, por un lado, y, por otro lado, la potencia de transporte de la bomba se puede ajustar según se desee.

La Figura 5 muestra, a modo de ejemplo, una pala de rotor 21 con un lado 27 que es el delantero durante el funcionamiento de la bomba y también un lado trasero 28, teniendo la pala del rotor, a lo largo de una interfaz 29, diferentes propiedades en ambos lados de la misma. Durante el funcionamiento, una contrapresión del fluido actúa sobre la pala del rotor en la dirección de la flecha 23 y deforma esta última en el segundo estado en el que el rotor está expandido. Para este fin, el lado delantero 27 debe poder alargarse en un grado específico y la correspondiente primera capa de material 30 tiene propiedades de membrana por este motivo. Esta primera capa de material puede incluir, por ejemplo, caucho o un material plástico elástico que sea elásticamente deformable hasta un límite de alargamiento permanente y que resista un alargamiento adicional a partir de allí en la medida de lo posible.

En el lado trasero 21, la segunda capa de material 31 comprende un material resistente a la compresión que está configurado, por ejemplo, para ser tan duro que se deforme solo mínimamente cuando las fuerzas actúan durante el funcionamiento, de modo que la flexión de la pala del rotor se produce exclusivamente a través del alargamiento de la primera capa de material 30.

Sin embargo, puede proporcionarse una cierta compresibilidad de la segunda capa de material 31.

La Figura 6 muestra otro ejemplo de configuración de una pala del rotor en la que se proporcionan muescas 32 en la segunda capa de material 31, que permiten la compresión y flexión del lado trasero hasta que las muescas 32 se cierran y las diversas bandas formadas entre las muescas 32 se apoyan entre sí en un ajuste de forma. En este estado, se detendría una mayor flexión de la pala del rotor.

En este caso, el material de la primera capa de material 31 puede ser igualmente un material plástico duro del que se recortan o rebajan partes en un proceso de fundición o estampado.

En este caso también, el material de la primera capa de material 30 comprende un material que puede alargarse hasta cierto punto.

En la Figura 7, una pala del rotor está representada en sección transversal, mostrándose el detalle VIII en la Figura 8 con más detalle. El detalle VIII muestra así la segunda capa de material 31a resistente a la compresión que, por su parte, tiene una construcción multicapa a modo de estructura intercalada, este último comprende capas externas 33, 34, 35, 36 resistentes a la tensión y/o compresión y también una capa de volumen 37. Las capas externas 35, 36 pueden reforzarse, por ejemplo, con un material tejido.

Por tanto, se forma una capa muy resistente a la compresión en el lado trasero, de modo que la deformabilidad de la pala del rotor está determinada esencialmente por la capacidad del lado delantero 27 para alargarse.

En la Figura 9, se representa una variante en la que un elemento de tope 38 se monta en la primera capa 30, por ejemplo, mediante un tornillo avellanado 39, sobresaliendo el elemento de tope 38 en una abertura 40 de la segunda capa 31.

Si la pala de rotor 21 está deformada, entonces la abertura 40 en la segunda capa de material 31 tenderá a reducirse y desplazarse hasta que los bordes de la abertura 40 se apoyen contra el elemento de tope 38. El elemento de tope comprende un material duro al igual que la segunda capa de material 31 de modo que, después del apoyo, no es posible más compresión en el lado de arrastre y la pala de la paleta queda reforzada contra una mayor deformación.

La Figura 10 muestra una pala del rotor helicoidal en la que una serie de elementos conformados 41, 42 en el lado trasero de la pala se conectan entre sí, por ejemplo, se pegan o aplican con un método de unión diferente. En el estado comprimido del rotor, existe un espacio entre los elementos conformados respectivamente. Durante el funcionamiento de la bomba y después de desplegar la pala, los elementos conformados se apoyan entre sí y quedan reforzados como una banda continua que soporta las partes planas de la pala que actúa como membrana y evita una mayor deformación. Puede disponerse una pluralidad de tales filas de elementos conformados a lo largo del eje de accionamiento 6 desplazados axial y azimutalmente.

Una construcción similar se muestra en la Figura 11 en la que la banda, para reforzar la pala del rotor, está formada por un devanado que comprende bobinas, por ejemplo, que comprende un material plástico, un alambre de resorte o una manguera. Las bobinas individuales forman respectivamente un elemento conformado y están conectadas individualmente a la superficie en forma de membrana de la pala del rotor mediante encolado. Durante la compresión del rotor, los refuerzos entre los devanados se abren y cierran durante el despliegue de la pala. Para estabilizar el devanado, se proporciona un núcleo continuo dentro de este último, dicho núcleo puede ser flexible.

La Figura 12 muestra el soporte de la pala del rotor mediante un miembro de carril/conexión macizo 45 en el que un elemento de tope se puede mover de forma limitada. El elemento de tope se conecta a la pala del rotor.

El miembro de carril/conexión 45 se puede configurar, en relación con las fuerzas y momentos que actúan como se

espera, como componente resistente a la flexión y a la compresión. Como resultado de la flexión, en esta realización se producen pequeñas fuerzas de restauración adicionales. Debido al bajo espesor del material, considerado en términos absolutos, se producen pocas fuerzas de restauración.

5 En la Figura 12, el elemento de tope se encuentra en la posición inferior. La flexión hasta la situación flexionada requeriría altas fuerzas de actuación para esta posición debido a la pequeña longitud entre la toma del miembro de conexión en el eje 6 y la posición del pasador de guía en el miembro de carril/conexión 45.

10 Las construcciones mencionadas y descritas de palas del rotor son ejemplos de cómo, mediante diferentes configuraciones de los distintos lados de las palas del rotor, se puede lograr una deformabilidad limitada durante el funcionamiento mediante la contrapresión del fluido.

15 Durante el giro del rotor en una dirección opuesta a la dirección de funcionamiento, la deformación de las palas del rotor se invierte y estas se apoyan contra el rotor, asumen un primer estado y, por lo tanto, definen el estado comprimido del rotor en el que este último puede moverse fácilmente a través de una abertura estrecha, por ejemplo, un vaso sanguíneo o un acceso artificial tubular (válvula).

20 De ahí que la invención permita, de una forma constructiva particularmente sencilla, la producción de un rotor que puede variar en su diámetro para diversas aplicaciones, pero particularmente ventajoso para el campo de la medicina.

REIVINDICACIONES

1. Bomba de catéter que tiene un cabezal de bomba dispuesto en el extremo de una cánula (4), en la que un eje de accionamiento (6) se extiende longitudinalmente a través de la cánula y está conectado a un motor (7), portando el eje de accionamiento un rotor (18) con palas (20, 21), en donde el eje de accionamiento (6) está montado de forma giratoria en el extremo distal del cabezal de la bomba (3) en un bloque de cojinetes (10) por medio de un cojinete (11), en donde al menos una pala de rotor (20, 21) es elásticamente deformable por medio de la contrapresión del fluido (23) y el rotor (18) tiene un portador de palas de rotor (19) y las palas de rotor (20, 21) están configuradas para flexionarse ensanchando el radio del rotor cuando se exponen a la contrapresión del fluido (23).
2. Bomba de catéter de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** el cabezal de la bomba (3) está configurado para tener un flujo de entrada axial y un flujo de salida axial.
3. Bomba de catéter de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, en la que el rotor es compresible con respecto a su diámetro.
4. Bomba de catéter de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** el cabezal de la bomba (3) tiene un alojamiento de la bomba (5) que es compresible.
5. Bomba de catéter de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la al menos una pala de rotor (20, 21) comprende al menos una aleta.
6. Bomba de catéter de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** al menos una aleta está colocada en la punta de una pala (20, 21).
7. Bomba de catéter de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, en la que al menos una pala de rotor (20, 21) tiene un lado delantero (27) y un lado trasero (28) en la dirección de movimiento durante la operación de transporte, teniendo dichos lados diferentes configuraciones en la forma de diferentes propiedades del material y/o del conjunto de construcción al menos a lo largo de una parte de la distancia entre la punta radialmente externa de la pala y el extremo radialmente interno de la pala.
8. Bomba de catéter de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, en la que la deformabilidad de la al menos una pala de rotor (20, 21) está delimitada por las propiedades del material y/o los elementos de soporte adicionales en un lado de la pala del rotor.
9. Bomba de catéter de acuerdo con la reivindicación 8, en la que la deformabilidad de la al menos una pala de rotor (20, 21) está delimitada de tal manera que la deformación no va más allá de la forma en la que el rotor produce la mayor contrapresión del fluido posible.
10. Bomba de catéter de acuerdo con la reivindicación 9, en la que el lado delantero (27) de la al menos una pala de rotor (20, 21) comprende un primer material y el lado trasero (28) comprende un segundo material que es diferente del primero.
11. Bomba de catéter de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, en la que la al menos una pala de rotor (20, 21) en su conjunto de construcción comprende elementos conformados (31, 41, 42, 43, 44) en el lado trasero (28) o está conectada a elementos conformados que están separados entre sí en el primer estado y se apoyan entre sí en el segundo estado.
12. Bomba de catéter de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, en la que al menos un elemento de tope (38, 39) está montado en un lado de la al menos una pala del rotor que penetra en la interfaz (29) entre el lado delantero y el lado trasero y se puede mover de forma limitada en el otro lado de la pala del rotor en un rebaje.
13. Método de funcionamiento de una bomba de catéter de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** para reducir el diámetro del rotor, este último se acciona en una dirección opuesta a una dirección de funcionamiento.
14. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que** mediante la elección de la dirección de giro y la velocidad de giro, el diámetro del rotor se puede cambiar específicamente.
15. Método de acuerdo con las reivindicaciones 13 o 14, **caracterizado por que** la potencia de transporte de la bomba se puede ajustar según se desee.

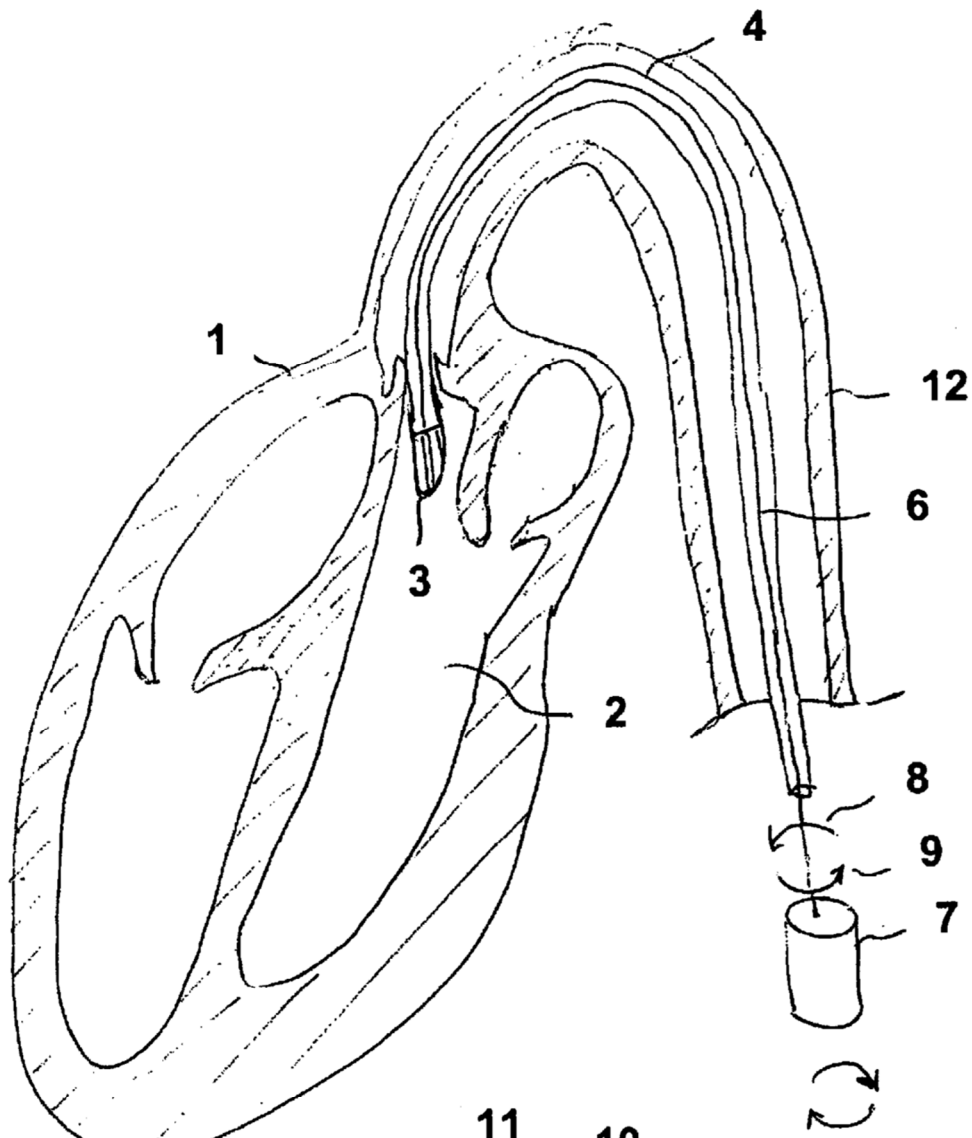


Fig. 1



Fig. 2

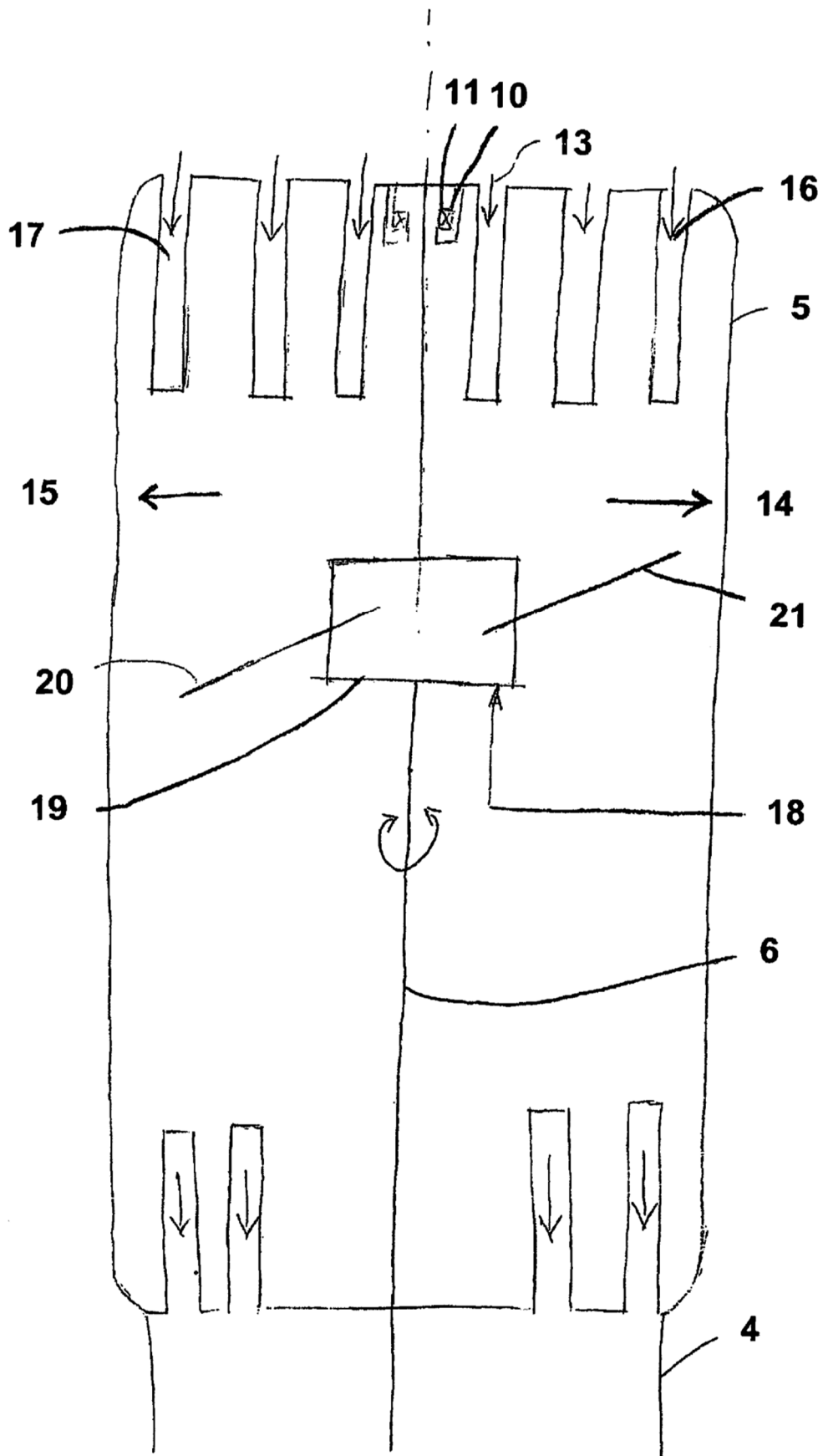


Fig. 2a

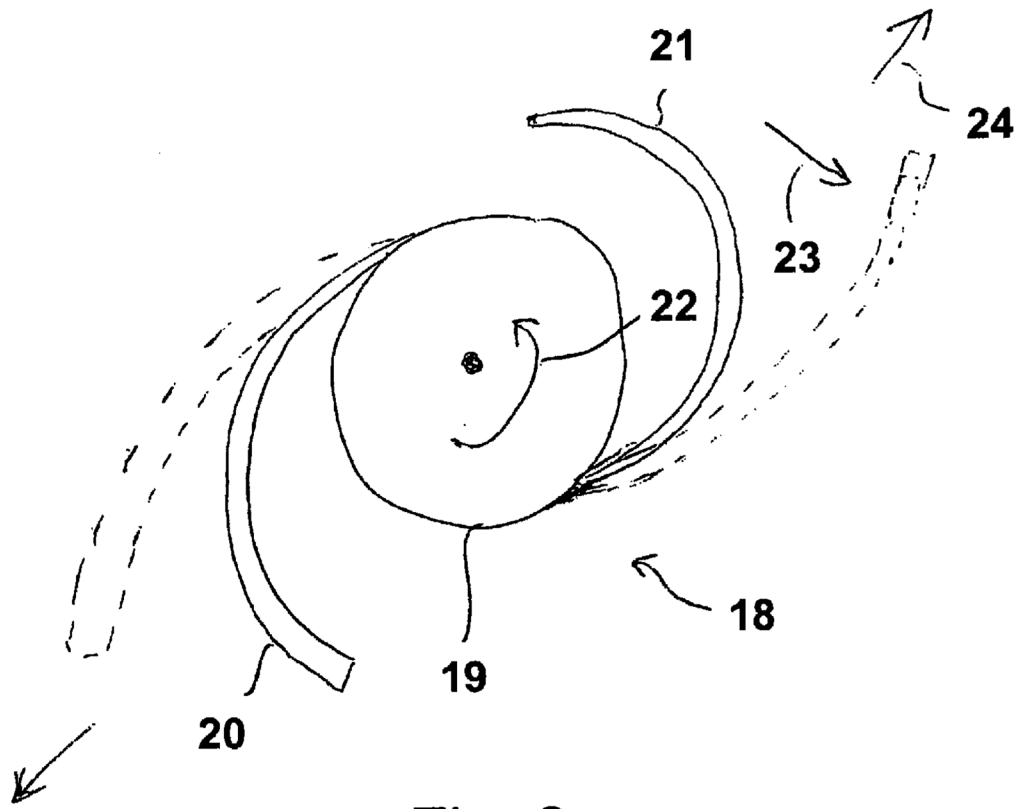


Fig. 3

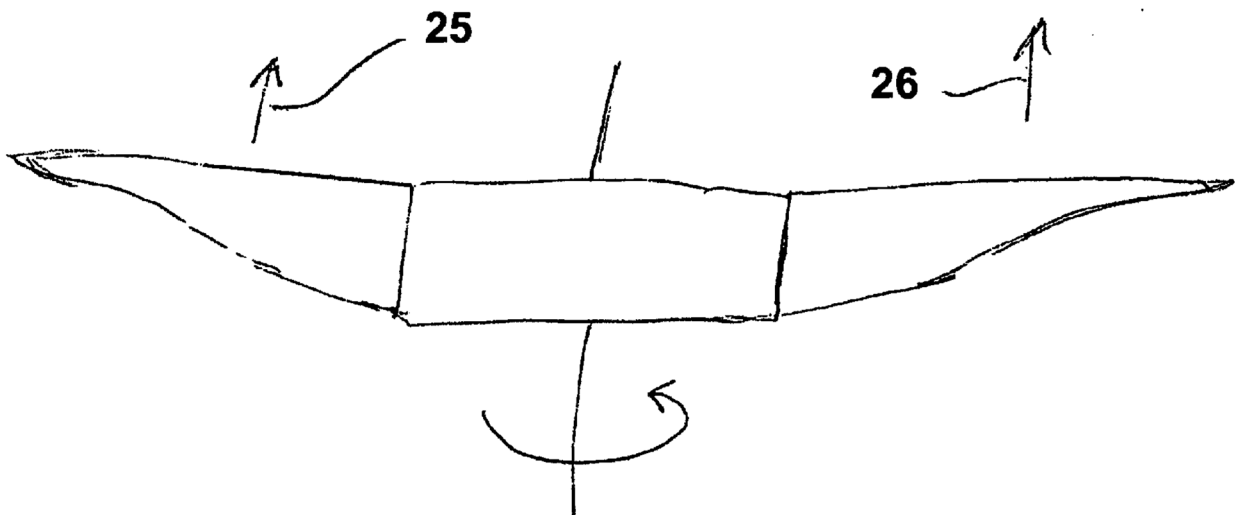


Fig. 4

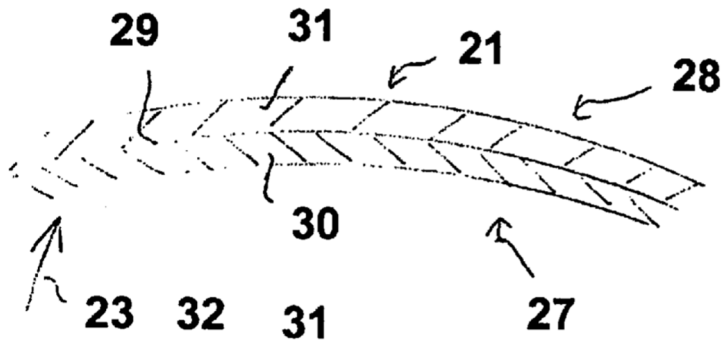


Fig. 5

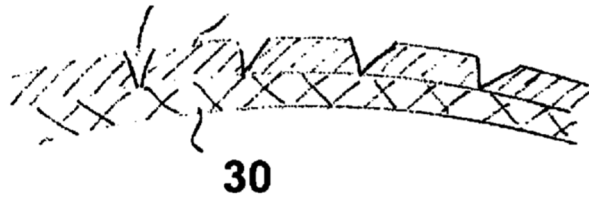


Fig. 6

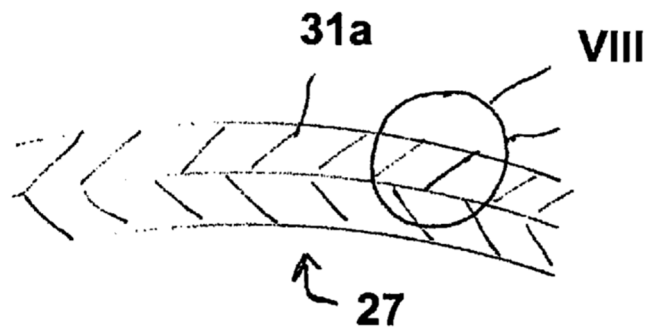


Fig. 7

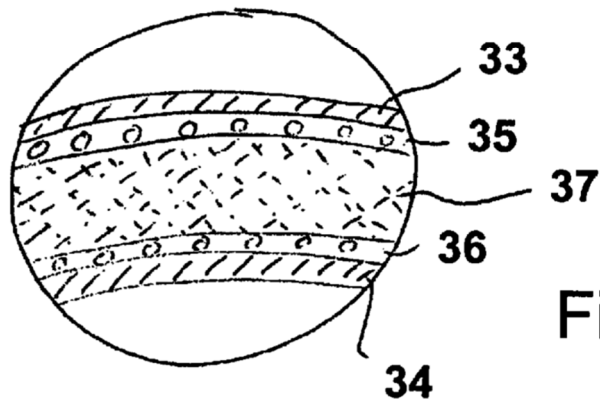


Fig. 8

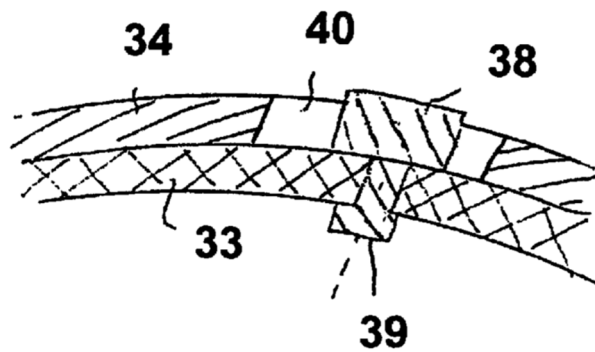


Fig. 9

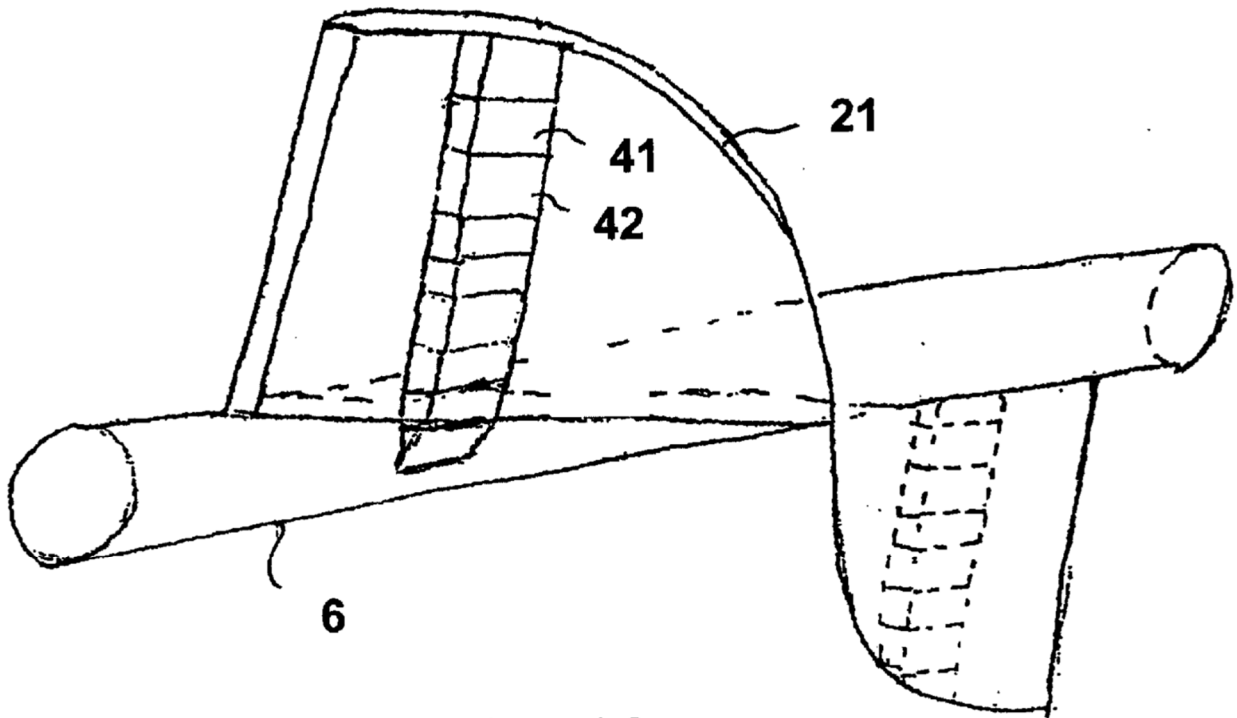


Fig. 10

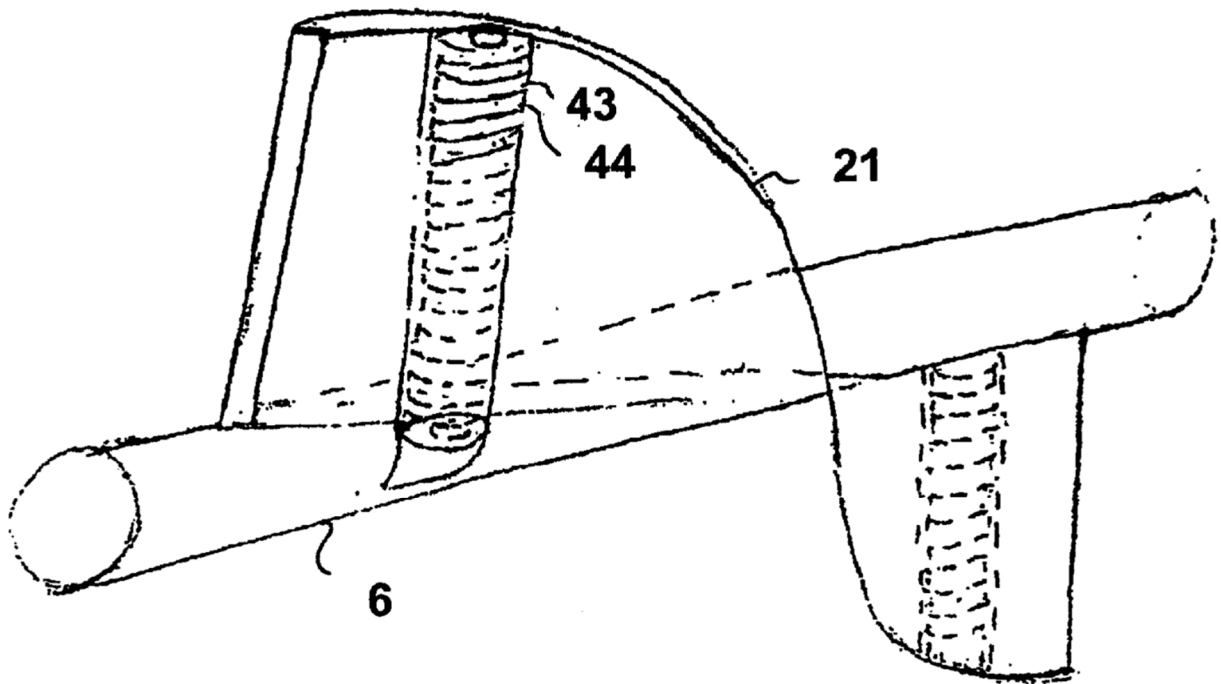


Fig. 11

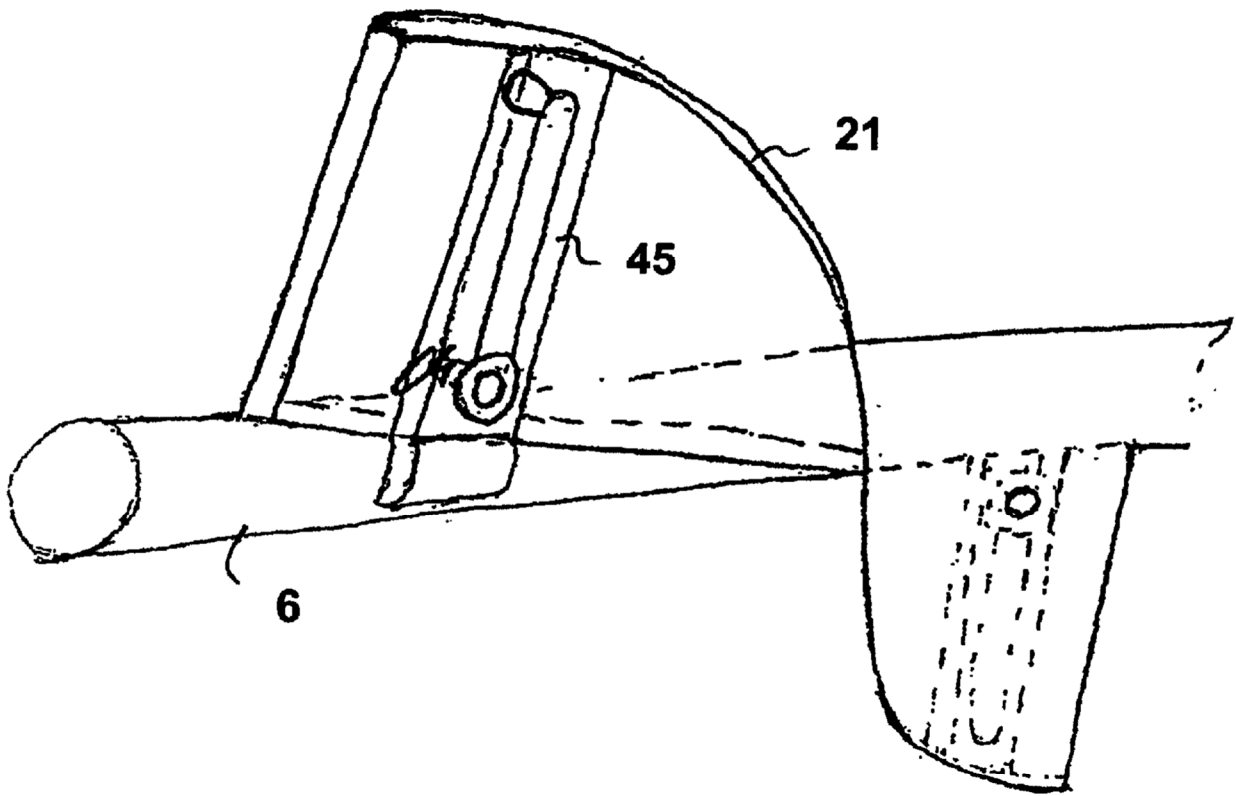


Fig. 12

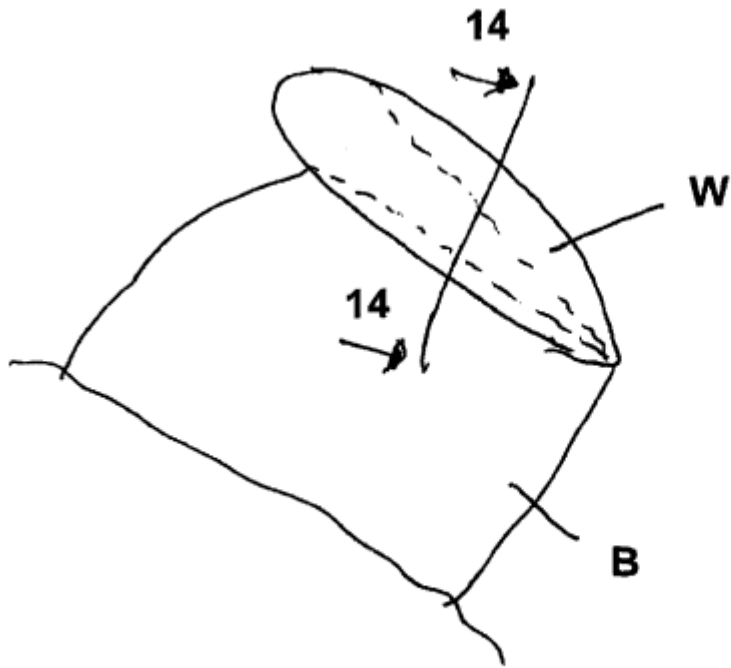


Fig. 13

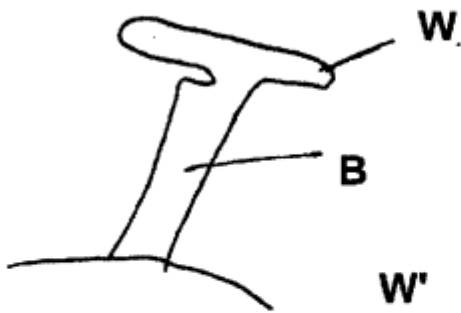


Fig. 14

(véase 14-14 en Fig. 13)

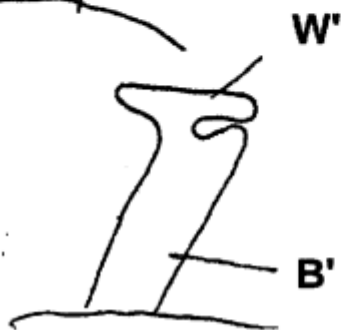


Fig. 15

(véase 14-14 en Fig. 13)