

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 988 427**

51 Int. Cl.:

A61M 60/13 (2011.01)

A61M 60/237 (2011.01)

A61M 60/414 (2011.01)

A61M 60/804 (2011.01)

A61M 60/808 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.04.2016** **PCT/EP2016/059703**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.11.2016** **WO16174252**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.04.2016** **E 16719425 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2024** **EP 3288608**

54 Título: **Rotor para una bomba de fluido y procedimiento y molde para su fabricación**

30 Prioridad:

30.04.2015 EP 15166045

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.11.2024

73 Titular/es:

ECP ENTWICKLUNGSGESELLSCHAFT MBH
(100.0%)
Wiesenweg 10
12247 Berlin, DE

72 Inventor/es:

SIESS, THORSTEN

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 988 427 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

Rotor para una bomba de fluido y procedimiento y molde para su fabricación

5 La presente solicitud de derecho de protección se sitúa en el campo de la mecánica y se refiere en concreto a rotores para bombas de fluido. Se puede utilizar con especial ventaja en el campo de la tecnología médica para bombas de catéter.

10 En el campo de las bombas de fluido, las bombas de rotor ya se conocen en diversas formas de realización como bombas axiales o bombas radiales. En ambos casos, el fluido que ha de ser transportado es acelerado o bien en dirección axial o bien en dirección radial, por la rotación de un rotor y elementos transportadores fijados a este.

15 En principio, este tipo de bombas se pueden comprimir de acuerdo con el estado de la técnica para disponerlas o transportarlas ahorrando espacio. Esto es válido en particular para las bombas de catéter para aplicaciones médicas, que a menudo son comprimibles y expansibles radialmente para poder transportarlas a través de un catéter o a través de cavidades en el cuerpo de un paciente hasta un punto de uso y expandirse allí antes de efectuar la puesta en marcha. Este tipo de bombas se utilizan, por ejemplo, para ayudar al corazón de un paciente a transportar la sangre y, para este propósito, se hacen avanzar a través de un vaso sanguíneo hasta delante o dentro de un ventrículo cardíaco.

20 A este respecto, resultan desafíos especiales por el tamaño reducido del rotor y adicionalmente por su compresibilidad. En el estado expandido, el rotor debe, a pesar de su compresibilidad, adoptar de forma reproducible una forma de funcionamiento que cambie lo menos posible incluso durante el funcionamiento con unos números de revoluciones de transporte lo más elevados posible, para evitar una reducción de la eficiencia así como un daño de los componentes de la sangre que han de ser transportados.

30 El documento EP 2 407 185 A1 describe un rotor radialmente comprimible y expansible para una bomba con al menos un álabe, presentando el álabe un cuerpo de álabe, cuyo material es elásticamente deformable, así como al menos una riostra de refuerzo que está al menos parcialmente incrustada en el material del cuerpo de álabe. Para la estabilización del álabe, las riostras están configuradas adecuadamente en términos de tamaño, forma y disposición e integradas en espacios huecos del cuerpo de álabe. Adicionalmente, pueden estar previstos elementos resistentes a la tracción.

35 El documento EP 2 194 278 A1 se refiere a una bomba de fluido, en particular una bomba de líquido con un rotor con al menos una pala de rotor para transportar el fluido, siendo el diámetro del rotor variable entre un primer estado comprimido y un segundo estado expandido. Para realizar una compresibilidad y expansibilidad sencillas del rotor de bomba, está previsto que, entre un primer estado que adopta en el estado comprimido del rotor y un segundo estado que adopta en el estado expandido del rotor, la al menos una pala de rotor puede ser deformada por una contrapresión de fluido durante la rotación del rotor durante el funcionamiento de la bomba.

40 El documento EP 2 407 186 A1 se refiere a un rotor para una bomba con al menos un álabe, en donde el rotor puede ser accionado de forma rotatoria alrededor de un eje de rotación para transportar un fluido en dirección axial o radial y en donde el rotor puede ser deformado elásticamente de forma reversible en dirección radial entre un primer estado radialmente comprimido y un segundo estado radialmente expandido.

45 Por esta razón, ya se ha considerado e investigado el uso de una amplia variedad de materiales y combinaciones de materiales para el propósito mencionado. Por ejemplo, por el documento WO 2010/063494 A1 ya se conoce el uso de una amplia variedad de elastómeros, también en relación con el refuerzo de fibras.

50 Por el documento WO 2012/007141 A1 se conoce el refuerzo de un rotor de bomba mediante fibras que pueden estar dispuestas en el rotor en forma orientada, por ejemplo en dirección radial.

55 Finalmente, por el documento WO 2012/007140 A1 se conoce un rotor de bomba con elementos de refuerzo que pueden estar previstos sustancialmente fuera de los elementos transportadores, por ejemplo, en sus superficies.

En el contexto del estado de la técnica, la presente invención tiene por tanto el objetivo de proporcionar un rotor de materia sintética del tipo mencionado anteriormente que presente una relajación mínima después de deformaciones entre el estado comprimido y el expandido, así como una reproducibilidad lo más precisa posible de su geometría al menos en el estado expandido.

60 El objetivo se consigue mediante un rotor de acuerdo con la invención.

La invención está definida por la reivindicación independiente 1.

65 De ello resulta, entre otras cosas, un rotor para una bomba de fluido comprimible, en particular una bomba de sangre que puede introducirse en el cuerpo de un paciente a través de un vaso sanguíneo, que presenta uno o varios

elementos transportadores y puede comprimirse y expandirse radialmente entre un estado comprimido y un estado expandido y que se compone, al menos parcialmente, de una materia sintética reforzada por elementos de refuerzo en forma de hebras, en particular fibras, y está previsto para rotar alrededor de un eje de rotación, teniendo la materia sintética una dureza Shore < 100 D. Por la reducida dureza Shore, que se ha seleccionado < 80 D, en caso de fuerte flexión o doblado del material, en particular las fibras, los elementos de refuerzo en forma de hebras incrustados tienen la posibilidad de ceder hacia el material flexible de la base limitando de esta manera el radio de curvatura hacia abajo. Esto da como resultado una reducción del riesgo de rotura de los elementos de refuerzo / fibras.

Además, en un rotor de este tipo también puede estar previsto que una primera parte de los elementos de refuerzo / fibras en el estado expandido del rotor discorra sustancialmente de forma estirada desde su primer extremo respectivamente más próximo al eje de rotación hasta un segundo extremo más alejado del eje de rotación. Mediante este posicionamiento, orientación y conformación de los elementos de refuerzo / fibras se evita de forma efectiva que el rotor se estire en exceso más allá del estado expandido. Por "sustancialmente estirado" se entiende a este respecto, por ejemplo, como el estado en el que los dos extremos de un elemento de refuerzo tienen al menos 95%, en particular al menos 99%, de la distancia entre sí que es posible sin alargamiento longitudinal. El estado estirado también puede estar presente solo en longitudes parciales de los elementos de refuerzo, por ejemplo en el 90% de la longitud o en más de 50% de la longitud. Pero "sustancialmente estirado" también indica el estado de estiramiento máximo que puede adoptar una fibra en un tejido cruzado.

Además, resulta un rotor para una bomba de fluido comprimible, en particular una bomba de sangre que puede introducirse en el cuerpo de un paciente a través de un vaso sanguíneo, el cual presenta uno o varios elementos transportadores y puede comprimirse y expandirse radialmente entre un estado comprimido y un estado expandido y que se compone al menos parcialmente de una materia sintética reforzada por elementos de refuerzo, en particular fibras, y está previsto para la rotación alrededor de un eje de rotación, en donde una primera parte de más del 30%, en particular más del 50%, de los elementos de refuerzo / fibras discurre de forma sustancialmente estirada, desde su respectivo primer extremo más próximo al eje de rotación hasta un segundo extremo más alejado del eje de rotación, en el estado expandido del rotor.

Mediante una disposición y orientación de este tipo de una parte suficiente de los elementos de refuerzo / fibras en el rotor de esta manera, en particular dentro de los elementos transportadores del rotor, se consigue una estabilización optimizada del rotor en estado expandido. Mediante los elementos de refuerzo se impide prácticamente que se produzcan nuevas deformaciones o, al menos, se garantiza que el rotor recupere su geometría anterior tras un sobreestiramiento. Incluso ciertos cambios, como por ejemplo la fluencia de material de la materia sintética de la que se compone el rotor, no pueden causar un cambio permanente en la geometría del rotor en el estado expandido. Esto puede lograrse, por ejemplo, usando un rotor de polímero hecho de un termoplástico o de un elastómero termoplástico o débilmente reticulado químicamente para la fabricación del rotor.

Como material, para las fibras en particular, pero también para elementos de refuerzo en forma de cinta, entran en consideración el vidrio en particular, pero también el carbono o el policarbonato. Los elementos de refuerzo / fibras se introducen en el polímero durante el proceso de fabricación, por ejemplo un procedimiento de moldeo por inyección o un procedimiento de fundición al vacío. Los elementos de refuerzo / fibras individuales presentan habitualmente un alto módulo de elasticidad y se integran ventajosamente en la matriz en un estado estirado, no arqueado. Para estabilizar el rotor, una parte suficiente de los elementos de refuerzo / fibras debe satisfacer la condición de acuerdo con la invención, por ejemplo más del 30% del total de elementos de refuerzo / fibras presentes en el material del rotor, medido en términos de masa de fibra o volumen de fibra o masa / volumen de los elementos de refuerzo.

Ventajosamente, al menos el 50% de las fibras existentes pueden estar incorporadas, colocadas y orientadas correspondientemente. También es posible colocar y alinear correspondientemente más del 50%, por ejemplo el 60% o el 70% o incluso el 80% o el 90% de los elementos de refuerzo / fibras. La mayor parte posible de los elementos de refuerzo / fibras puede disponerse ventajosamente en un plano o superficie neutro en flexión dentro del volumen del respectivo elemento transportador del rotor, a fin de no provocar ninguna compresión longitudinal o alargamiento de los elementos de refuerzo / fibras durante la compresión o expansión. Sin embargo, también es posible aspirar a un posicionamiento paralelo al plano o superficie neutro en flexión para conseguir una estabilización especial cuando los elementos transportadores se doblan en una dirección estirando los elementos de refuerzo / fibras. En cualquier caso, de manera ventajosa, los elementos de refuerzo / fibras deberían discurrir en su totalidad o en su mayor parte por el interior de los elementos transportadores y, en particular, mantener una distancia mínima determinada con respecto a las superficies de delimitación exteriores de los elementos transportadores.

También pueden estar previstos en el rotor varios grupos de elementos de refuerzo / fibras de diferentes longitudes, teniendo al menos un grupo una longitud mínima determinada, mientras que los elementos de refuerzo / fibras de uno o varios grupos son más cortos o tienen una distribución de longitud que presenta solo un número despreciable de elementos de refuerzo / fibras por encima de una longitud que está por debajo de una longitud típica de la primera parte de los elementos de refuerzo / fibras. Normalmente, la longitud de promedio de los elementos de refuerzo / fibras es inferior a un tercio de la longitud de la primera parte de los elementos de refuerzo / fibras.

El rotor puede realizarse ventajosamente de tal manera que cada elemento de refuerzo / cada fibra de la primera parte

de los elementos de refuerzo / fibras se desvíe como máximo 45° en dirección axial y/o dirección azimutal desde una posición orientada radialmente con respecto al eje de rotor (14). Los elementos de refuerzo / fibras discurren entonces por una superficie en la que discurre también el eje de rotación completo del rotor, de modo que los elementos de refuerzo / fibras pueden, por ejemplo, extenderse verticalmente radialmente hacia fuera directamente a partir del eje de rotación. Sin embargo, también es posible alinear los elementos de refuerzo / fibras radialmente desde el eje de rotación en un ángulo de entre 45° y 90° con respecto al eje de rotación. En una configuración, la extensión de los elementos de refuerzo / fibras no tiene ninguna o tiene solo una ligera orientación azimutal (discurriendo en la dirección circunferencial).

10 Otra configuración prevé que cada elemento de refuerzo / cada fibra de la primera parte de los elementos de refuerzo / fibras discurre sustancialmente perpendicularmente al eje de rotación. De este modo se consigue una estabilización especialmente eficiente de los elementos transportadores si se doblan en la dirección circunferencial con respecto al eje del rotor y, por ejemplo, se aplican en un cubo del rotor para su compresión.

15 También es posible realizar simplemente un recorrido radial de los elementos de refuerzo / fibras en relación con el eje de rotación.

Otra configuración prevé que cada fibra de la primera parte de los elementos de refuerzo / fibras discurra a lo largo del eje longitudinal de un elemento transportador. Mediante una disposición de este tipo de los elementos de refuerzo / fibras se estabilizan los elementos transportadores individuales, de manera particularmente eficiente en su forma expandida. Puede ser conveniente que los elementos de refuerzo / fibras se extiendan radialmente por la zona en la que se produce la mayor deformación durante la compresión y expansión del rotor. Sin embargo, también puede estar previsto precisamente disponer los elementos de refuerzo / fibras de tal manera que la zona en la que se produce la deformación más fuerte durante la compresión y expansión del rotor quede libre de elementos de refuerzo o solo esté equipada con una parte reducida de elementos de refuerzo.

Por el eje longitudinal de un elemento transportador se entiende sustancialmente la dirección en la que el elemento transportador se extiende radialmente en relación con el eje del rotor. Esto también es aplicable si la altura del respectivo elemento transportador en la dirección axial del rotor es mayor que su extensión radial.

30 Para conseguir una estabilización suficiente del rotor o de los elementos transportadores en el estado expandido, puede estar previsto ventajosamente que la longitud de los elementos de refuerzo / fibras de la primera parte de los elementos de refuerzo / fibras sea de al menos 10%, en particular al menos 30%, incluso más ventajosamente al menos 50%, del radio del rotor. Es particularmente ventajoso si la primera parte de los elementos de refuerzo / fibras que tienen tal longitud representa al menos el 70% del número total de elementos de refuerzo / fibras presentes, medido a base del número de elementos de refuerzo / fibras o a base de la masa de los elementos de refuerzo / fibras.

Para evitar que los elementos de refuerzo / fibras se rompan cuando el rotor se comprime al máximo, no debe superarse un determinado diámetro máximo o un grosor máximo de los elementos de refuerzo / fibras individuales, particularmente en el caso de fabricarse de vidrio. Por lo tanto, para la configuración de la invención puede estar previsto ventajosamente que el diámetro o el espesor de los elementos de refuerzo / fibras de la primera parte de los elementos de refuerzo / fibras sea inferior a 40 µm. Esta condición de diámetro debe aplicarse preferentemente a todos los elementos de refuerzo / fibras de la primera parte de los elementos de refuerzo / fibras, pero al menos al 90% u 80% de la primera parte de los elementos de refuerzo / fibras, siempre que no pueda evitarse una cierta dispersión de los valores de diámetro durante la fabricación.

Para evitar que los elementos de refuerzo / fibras se rompan durante la deformación máxima del rotor, por ejemplo cuando se doblan ciertos puntos de los elementos transportadores, otra configuración ventajosa puede prever, por ejemplo, que la materia sintética en la que están incrustados los elementos de refuerzo / fibras tenga una dureza Shore < 100 D, en particular < 80 D. Con una dureza Shore o flexibilidad de este tipo del material, se garantiza respectivamente que los elementos de refuerzo / fibras del material puedan ceder suficientemente en el material de la matriz en caso de una fuerte deformación, para no quedar por debajo de un determinado radio de flexión. De este modo se protegen de la rotura los elementos de refuerzo / fibras de la primera parte de elementos de refuerzo / fibras.

55 El objeto además puede estar configurado de manera que los elementos transportadores estén compuestos por una espuma. En particular, entra en consideración una espuma de poros cerrados que pueda estabilizarse eficazmente mediante los elementos de refuerzo y que, sin embargo, pueda comprimirse fácilmente y en una medida suficiente. Durante el movimiento de compresión, es particularmente fácil ceder el paso a los elementos de refuerzo / fibras en un material de espuma para evitar que el radio de curvatura caiga por debajo de un nivel crítico. Habitualmente, este tipo de espumas tienen poros correspondientes en el interior del volumen de los elementos transportadores, pero están prácticamente completamente cerrados en las superficies de delimitación exteriores.

Además de un rotor del tipo descrito anteriormente, la innovación también se refiere a un procedimiento para fabricar un rotor por medio de un procedimiento de moldeo, en particular un procedimiento de moldeo por inyección, en el que el material de los elementos transportadores se introduce en los volúmenes de los elementos transportadores en la dirección radial en relación con el eje del rotor, de tal manera que el material de moldeo por inyección fluye en los

volúmenes de los elementos transportadores respectivamente en la dirección radial.

Debido a la entrada predominantemente radial del material de moldeo por inyección en el molde o en los volúmenes de los elementos transportadores, los elementos de refuerzo también son arrastrados e incrustados en la dirección de entrada, es decir, en la dirección radial. De este modo se garantiza el posicionamiento y la orientación requeridos de los elementos de refuerzo / fibras en el material del rotor de una manera especialmente sencilla y efectiva.

También puede estar previsto que el material de moldeo por inyección se inyecte en los volúmenes de los elementos transportadores en dirección radial respectivamente desde la zona más próxima al eje del rotor o desde la zona más alejada del eje del rotor.

Además, la innovación se refiere a un molde de fundición para un rotor del tipo descrito anteriormente, en el que ventajosamente está previsto que en los volúmenes de los elementos transportadores están previstos canales de rebose en sus cantos que discurren radialmente, para hacer posible un flujo sin perturbaciones del material de fundición en la dirección radial. Al prever canales de rebose en los cantos de los elementos transportadores garantiza que los elementos de refuerzo / fibras no sean arrastrados por las turbulencias del material de moldeo por inyección entrante en las paredes del molde en esta zona y se deformen de tal manera que sigan los vórtices y dejen de estar presentes en una orientación radial estirada en el rotor. Además, está previsto poder evacuar en partes el polímero, pero no los elementos de refuerzo / fibras (la altura de los canales de rebose es, por consiguiente, ventajosamente menor que el diámetro de la fibra o el grosor de los elementos de refuerzo en al menos una dirección de expansión) pueda descargarse por partes. De esta manera, puede producirse una concentración deseada de los elementos de refuerzo / fibras en los elementos transportadores. Además, por el rebose selectivo mejora la orientación radial de los elementos de refuerzo / fibras. El material de moldeo por inyección rebosado puede retirarse posteriormente de los elementos transportadores una vez endurecido. Por los cantos longitudinales de los elementos transportadores se entienden los cantos de los elementos transportadores que, en la forma expandida, discurren sustancialmente en dirección radial y que, cuando los elementos transportadores interactúan con el fluido que ha de ser transportado, forman sustancialmente los cantos delantero y trasero del respectivo elemento transportador, por ejemplo un álabe de transporte.

El rotor también puede estar configurado de tal manera que una parte de los elementos de refuerzo / fibras en el estado expandido del rotor discorra transversalmente a los elementos de refuerzo / fibras de la primera parte y, en particular, encierre un ángulo central de al menos 30° con ellos. De este modo, el respectivo grupo de fibras puede evitar casi por completo que el rotor o un elemento transportador del rotor se doble respectivamente en la dirección longitudinal de las fibras, siempre que la flexión se produzca en una dirección en la que las fibras se someten a tracción. Si, de la manera descrita, se distinguen dos direcciones por la diferente disposición de dos grupos de fibras, una forma tridimensional del rotor o una parte del rotor puede estabilizarse de una manera muy eficiente y reforzarse contra la flexión en diferentes direcciones.

Además, puede estar previsto que los elementos de refuerzo / fibras estén presentes al menos parcialmente en forma de secciones de tejido con fibras que discurran longitudinalmente y transversalmente. Las secciones de tejido pueden tener, por ejemplo, en su dirección longitudinal una extensión al menos dos, tres, cinco o diez veces mayor que en la dirección transversal perpendicular a estas, de modo que formen respectivamente una tira alargada. Dentro de estos tejidos están previstas entonces sin problemas primeras fibras en una dirección longitudinal y segundas fibras que discurren transversalmente a las estas perpendicularmente o en un ángulo obtuso a las mismas.

También puede estar previsto, por ejemplo, que los elementos de refuerzo estén configurados como tiras de lámina, cuya longitud sea al menos tres veces, en particular al menos cinco veces, más en particular al menos diez veces mayor que su anchura. Estas tiras de lámina pueden estar compuestas por un polímero anisotrópico que, por ejemplo, tiene una resistencia a la tracción significativamente mayor en la dirección longitudinal que en la dirección transversal. Sin embargo, también pueden componerse de una lámina isotrópica, por ejemplo de un material de materia sintética resistente a la tracción o de un metal tal como aluminio, plata, nitinol, titanio u oro.

Ventajosamente, también puede estar previsto que los elementos de refuerzo estén encerrados al menos en una parte de 90%, en particular 99% de su superficie, en particular completamente, por la materia sintética de la que se compone predominantemente el rotor. En casos individuales puede suceder que los elementos de refuerzo en el molde de inyección choquen con la pared de este, de modo que en el producto terminado lleguen a la superficie exterior del rotor. En este caso, sin embargo, normalmente solo los extremos de los elementos de refuerzo están dispuestos de forma expuesta en el lado exterior del rotor, siendo esto también relativamente improbable debido a la introducción de elementos de refuerzo y una guía de flujo adecuada durante el proceso de moldeo por inyección.

En el rotor, puede estar previsto además también que el material de materia sintética en el que se incrustan los elementos de refuerzo tenga, al menos por zonas, propiedades diferentes en el lado de los elementos transportadores que no está cargado por la contrapresión del fluido durante el funcionamiento, que en el lado de los elementos transportadores que está cargado por la contrapresión del fluido, en particular, que en el lado no cargado por la contrapresión del fluido esté reticulado o contraído más fuertemente o que allí en la superficie lleve un revestimiento aplicado por contracción sobre el elemento transportador en forma de una o varias láminas, recubrimientos o fibras.

En este contexto, los dos lados de los elementos transportadores se refieren a las zonas de volumen en los dos lados del plano o la superficie en el volumen del respectivo elemento transportador, que es neutral en cuanto a la flexión durante el funcionamiento de la bomba bajo la carga de flexión.

5 Uno de los objetivos de la invención es que el segundo estado del rotor, que este asume en el estado libre de fuerza externa, se diferencie lo menos posible de un tercer estado que el rotor adopta en funcionamiento durante su rotación en un fluido bajo la acción de la contrapresión del fluido. Por lo tanto, es deseable que las fibras de refuerzo estén lo más estiradas posible ya en el segundo estado del rotor y discurren en una dirección en la que limiten al menos la flexión del rotor.

10 Esto puede fomentarse por el hecho de que la forma del rotor en el segundo estado, en el que está libre de fuerza, difiere de la forma que el rotor adopta en el molde de inyección. Mediante una configuración adecuada de la matriz de materia sintética formada por el material de moldeo por inyección se puede hacer que ya en el estado libre de fuerzas externas se produzca por las fuerzas elásticas del material de moldeo por inyección una deformación en dirección
15 hacia el tercer estado, que pretensa las fibras. Este efecto se puede conseguir, por ejemplo, de tal forma que está previsto un material diferente de los elementos de refuerzo dentro de o en el rotor, que da al rotor, en particular los elementos transportadores, una forma en la que los elementos de refuerzo están pretensados. Dado que, durante la función de los elementos de refuerzo en la matriz, estos están presentes más o menos libres de fuerza, esto se consigue modificando la matriz de materia sintética o el cuerpo del rotor en su conjunto una vez finalizado el
20 procedimiento de moldeo por inyección. Por ejemplo, la matriz de materia sintética puede ser tratada de manera especial después de la extracción del molde de inyección, de modo que el material de los elementos transportadores se alarga en el lado expuesto a la contrapresión del fluido durante el funcionamiento o se contrae o se acorta de forma anisotrópica en el lado opuesto. Esto puede realizarse, por ejemplo, mediante una reticulación irregular de la matriz de materia sintética, que difiere en los dos lados de la fibra neutra de los elementos transportadores. Sin embargo,
25 también se puede lograr de tal forma que los elementos transportadores se recubren con una lámina en el lado opuesto al lado de los elementos transportadores que durante el funcionamiento está expuesto a la contrapresión del fluido, la cual que se contrae o se puede contraer después del recubrimiento, por ejemplo, por reticulación de haz de electrones o reticulación UV o por tratamiento térmico.

30 También puede estar presente un rotor para una bomba de fluido comprimible, que puede expandirse y comprimirse radialmente entre un primer estado comprimido y un segundo estado expandido, pudiendo estar previsto además que uno o varios elementos transportadores del rotor estén formados por moldeo por inyección con la adición simultánea de elementos de refuerzo en el estado expandido, estando los elementos de refuerzo encerrados por todos lados por un material de moldeo por inyección estando estirados al menos por secciones en el estado expandido, en particular
35 estirados al menos 90 %, más en particular 95 %, más en particular 99% o, en caso de usar un tejido, estirados lo máximo posible.

El rotor, por ejemplo, también puede estar configurado de tal manera que en el segundo estado expandido del rotor sin contrapresión de fluido los elementos de refuerzo estén estirados en tal medida que al pasar a un tercer estado
40 que representa el estado de funcionamiento con contrapresión de fluido se alarguen menos de 5%, en particular menos de 1%, midiéndose la prolongación en particular por la distancia entre los dos extremos de un elemento de refuerzo antes y durante la carga de tracción.

Por ejemplo, en el rotor puede estar provisto además que en un segundo estado expandido del rotor y/o un tercer
45 estado de funcionamiento con contrapresión de fluido, al menos una parte de los elementos de refuerzo, en particular al menos 10%, más en particular al menos 30%, discorra de forma estirada y recta en al menos una zona de un elemento transportador, en la que este discurre de forma curvada.

Además, puede estar previsto que en una zona de un elemento transportador en la que este está curvado, al menos
50 dos partes de elementos de refuerzo discurren de forma recta y estirada, y las direcciones en las que discurren los elementos de refuerzo son paralelas en la respectiva parte, pero diferentes en las diferentes partes. Las fibras de los diferentes grupos se pueden introducir en el molde de inyección ya unidas entre sí como tejido o separadas unas de otras, en particular sucesivamente.

Otra configuración del rotor puede prever que en al menos 30 %, en particular al menos 50 % de los elementos, la longitud de los elementos de refuerzo sea mayor que el grosor medio de los elementos transportadores, en particular
55 al menos dos veces más largo, más en particular al menos 5 veces o 10 veces más largo. Los elementos de refuerzo largos caracterizados de esta manera pueden complementarse con otros elementos de relleno, tales como fibras y/o partículas muy cortas, al llenar el material de fundición, pudiendo las fibras cortas también estar presentes respectivamente en forma estirada. Sin embargo, con ello se consigue en cuanto a la limitación de la curvatura del
60 rotor, ya que estas fibras habitualmente son muy cortas. En este contexto, el grosor de los elementos transportadores se refiere a la extensión en cada punto de los elementos transportadores en la dirección en la que la extensión del respectivo elemento transportador es menor.

Otra configuración del rotor puede prever que los elementos de refuerzo, en particular las fibras, estén incorporados en la materia sintética en la que se encastran en un procedimiento de moldeo por inyección y, durante el tiempo en

que el rotor se encuentra en el molde de inyección, tengan un curso curvado por secciones a lo largo del flujo de la materia sintética al molde de inyección.

Además, la invención se refiere también a un molde de fundición para un rotor del tipo descrito anteriormente, en el que está previsto que en los volúmenes de los elementos transportadores están previstos canales de rebose en sus cantos que discurren radialmente, para hacer posible un flujo sin perturbaciones del material de fundición en la dirección radial.

Un procedimiento para la fabricación del rotor descrito anteriormente puede prever que el material de los elementos transportadores se incorpore en los volúmenes de los elementos transportadores en la dirección radial con respecto al eje de rotor de tal manera que el material de fundición entre en el volumen de cada elemento transportador individual respectivamente en dirección radial.

Además, mediante la disposición y el tamaño de los canales de rebose del molde de fundición pueden controlarse la dirección de flujo del material de fundición entrante y, por tanto, la orientación de las fibras a lo largo del flujo.

Otro procedimiento de fabricación de un rotor puede prever que el rotor se fabrique por fundición, en particular moldeo por inyección, realizándose el procedimiento de moldeo por inyección en dos fases sucesivas con diferentes direcciones de inyección y/o desde dos puntos de inyección diferentes. De esta manera, los elementos de refuerzo / fibras que discurren por grupos en diferentes direcciones pueden incorporarse de manera selectiva en el material de moldeo.

En un procedimiento para la fabricación de un rotor también puede estar previsto que el rotor se someta a un tratamiento después del moldeo por inyección, que en el lado de los elementos transportadores que durante el funcionamiento está cargado por la contrapresión del fluido provoque una contracción y/o reticulación diferente del material de fundición que en el lado opuesto a este. De esta manera, el rotor puede pretensarse generando tensiones internas de tal manera que sin la acción de fuerzas externas ya asume el tercer estado, es decir, un estado de funcionamiento que es estable cuando el rotor está expuesto a una contrapresión del fluido. Esto ocurre por que las tensiones internas están dirigidas y dimensionadas de tal forma que de esta manera los elementos de refuerzo ya están sometidos a una fuerza de tracción que es del orden de magnitud de las fuerzas a las que están expuestas las fibras de refuerzo durante el funcionamiento del rotor.

Para ello también puede estar previsto, por ejemplo, que en el lado de los elementos transportadores opuesto al lado de los elementos transportadores que está expuesto a una contrapresión de fluido durante el funcionamiento se aplique una capa contraíble o contraída sobre al menos uno de los elementos transportadores.

Alternativa o adicionalmente, puede estar previsto, por ejemplo, que en el molde de fundición estén previstos al menos dos aberturas de inyección diferentes para el material de moldeo por inyección. De esta manera, durante el proceso de fundición se puede cambiar de manera selectiva el flujo del material de moldeo por inyección en el molde, de modo que cuando se agregan elementos de refuerzo en diferentes fases, los elementos de refuerzo pueden disponerse respectivamente en la dirección principal de flujo del material de moldeo por inyección y por tanto en diferentes direcciones correspondientes a las diferentes fases del proceso de moldeo por inyección. Para ello, por ejemplo, se puede inyectar una primera cantidad parcial del material de moldeo por inyección a través de una primera abertura de inyección y una segunda cantidad parcial a través de una segunda abertura de inyección sucesivamente o simultáneamente o en una proporción variable entre sí.

A continuación, la innovación se presenta y se explica con la ayuda de ejemplos de realización en figuras de un dibujo. Muestran

- la figura 1 esquemática en sección una bomba de catéter que está introducida en un ventrículo cardíaco de un paciente,
- la figura 2a un fragmento de un rotor de una bomba de catéter para transportar sangre,
- la figura 2b una representación en sección transversal de un rotor relajado con una fibra representada a modo de ejemplo,
- la figura 3 una representación esquemática de un plano que contiene el eje de rotación del rotor,
- la figura 4 un fragmento de un elemento transportador plano con una fibra para el refuerzo,
- la figura 5a la orientación de una fibra durante el proceso de fundición,
- la figura 5b un alzado lateral de la sección de la figura 4,
- la figura 6 la sección de un elemento transportador como se muestra en las figuras 4 y 5, después de un

- proceso de plegado,
- la figura 7 una vista esquemática de una herramienta de fundición para un rotor, indicándose el proceso de fundición mediante flechas de flujo,
- la figura 8 un molde de fundición para un rotor con una dirección de inyección opuesta a la de la figura 7,
- la figura 9 un molde de fundición en el que se han tomado medidas contra un arremolinamiento del material de moldeo por inyección en el volumen de los elementos transportadores,
- la figura 10 otro molde de fundición,
- la figura 11 un elemento de refuerzo en forma de banda, a modo de lámina,
- la figura 12 un elemento de refuerzo a modo de tejido en forma de cinta y
- la figura 13 una sección transversal a través de un elemento transportador,
- la figura 14a un tejido hecho de fibras en un estado libre de fuerzas,
- la figura 14b el tejido de la figura 14a en un estado estirado al máximo bajo carga,
- la figura 15a un elemento transportador en una vista en perspectiva en el estado expandido sin la acción de fuerzas externas,
- la figura 15b una vista en sección del elemento transportador de la figura 15a, en el plano de sección designado por A-A,
- la figura 16a un elemento transportador en una vista en perspectiva en el estado expandido sin la acción de fuerzas externas,
- la figura 16b una vista en sección del elemento transportador de la figura 16a, en el plano de sección que allí está designado por B-B,
- la figura 17a un elemento transportador en alzado lateral en estado expandido sin la acción de una fuerza externa, y
- La figura 17b muestra una vista en sección del elemento transportador de la figura 17a, en el plano de sección que allí está designado por C-C.
- La figura 1 muestra en sección transversal el corazón 1 de un paciente con varios ventrículos cardíacos, estando el ventrículo cardíaco 2 conectado con la aorta 12. Un catéter 4 ha empujado a través de la aorta 12 hasta el ventrículo cardíaco 2, estando dispuesto en el extremo del catéter 4 un cabezal de bomba 3 con una bomba rotatoria. La bomba rotatoria puede ser accionada por medio de un árbol 6 giratorio que atraviesa el catéter 4 y que dentro del cabezal de bomba 3 está conectado a un rotor de bomba 42. El rotor de bomba rota dentro de una carcasa no representada en detalle de la bomba de cabezal 3.
- El árbol 6 flexible está conectado a un motor 7 que está dispuesto, por ejemplo, fuera del cuerpo del paciente. El par puede transmitirse del motor 7 al árbol 6 en ambos sentidos de giro 8, 9, por ejemplo a través de un acoplamiento magnético.
- El catéter 4 habitualmente se empuja a través de una esclusa desde el exterior del cuerpo atravesando la piel y el tejido así como la pared del vaso y se hace avanzar hasta la aorta 12 y en el interior de esta.
- La bomba aspira sangre en el ventrículo cardíaco 2 y la transporta hacia la aorta 12. Como resultado, la bomba cardíaca puede apoyar la función del corazón 1 o reemplazarla al menos temporalmente.
- Además de la bomba de catéter con accionamiento mecánico, representada en la figura, también son objeto de este derecho de protección otras bombas, en particular para la aplicación intracorporal, por ejemplo bombas con accionamiento hidráulico o eléctrico, y entre estas también bombas en las que el accionamiento está dentro del cuerpo humano.
- La bomba, junto con el cabezal de la bomba, la carcasa de la bomba y el rotor, se comprime radialmente para el desplazamiento en la aorta y, por ejemplo, se desplaza dentro del catéter 4. Entonces, la bomba puede ser empujada hacia fuera del catéter 4 axialmente y desplegarse radialmente, es decir, expandirse. Esto impone grandes exigencias a los materiales de la carcasa de bomba y, en particular, al rotor de bomba: Los elementos transportadores del rotor

de bomba tienen un grosor de pared muy reducido, pero deben permanecer dimensionalmente estables incluso en caso de altos números de revoluciones de rotación y transportar sangre de manera reproducible.

Para este propósito, en la matriz de la materia sintética a partir de la cual está hecho el rotor, están incrustadas fibras de refuerzo (fibras) que puede estar configuradas, por ejemplo, como fibras de vidrio o fibras de policarbonato. Dichos elementos de refuerzo / fibras están representados en la figura 2a en tres ejemplos individuales. Se muestran los tres elementos de refuerzo / fibras 10, 11, 13, cada uno de los cuales presenta un primer extremo o una primera sección 10a, 11a, 13a que está más cerca del eje de rotación 14 que el respectivo segundo extremo / la respectiva segunda sección 10b, 11b, 13b de los elementos de refuerzo / fibras 10, 11, 13.

Los elementos de refuerzo / fibras de refuerzo 10, 11, 13 se extienden sustancialmente radialmente hacia fuera desde el eje de rotación o un punto cercano al eje de rotación 14 del rotor. No es necesario que el rotor 42 presente un buje 43, como en el ejemplo mostrado. El elemento transportador 15 helicoidal también puede tener una estabilidad inherente tal que no sea necesario un buje de rotor.

Básicamente, la matriz de materia sintética del elemento transportador o de los elementos transportadores 15 puede estar reforzada con elementos de refuerzo / fibras que están distribuidas y dispuestas de forma desigual en cuanto a longitud y/o el grosor y/o la orientación. Un aspecto es que cierta parte mínima de los elementos de refuerzo / fibras en el estado expandido del rotor, que se muestra en la figura 2, discurre sustancialmente de forma estirada alejándose del eje de rotación. La parte de los elementos de refuerzo / fibras que cumple con la condición mencionada, de entre la cantidad total de los elementos de refuerzo / fibras incrustados en la materia sintética del rotor, debe ser al menos de 30 % o ventajosamente de 50 % o incluso más ventajosamente, por ejemplo, de 70 %, medido en porcentaje en volumen o en masa de los elementos de refuerzo / fibras o también en el número de los de refuerzo / fibras. Resulta ventajosa cierta longitud mínima de los elementos de refuerzo / fibras, por ejemplo al menos 20% o al menos 40% o 50% del radio del rotor. Los elementos de refuerzo / fibras pueden cambiar fácilmente de la orientación axial, que corresponde al buje 43, a la posición radial de los elementos transportadores 15 durante el proceso de llenado del molde, sin doblarse para este fin, ya que el ángulo entre el elemento transportador 15 y el buje 43 discurre de forma relativamente plana con $< 30^\circ$ o preferentemente $< 20^\circ$. Por lo tanto, durante el llenado radial de los elementos transportadores 15, los elementos de refuerzo / fibras simplemente son arrastrados por la matriz que los circunda y orientados radialmente con el flujo de material en el elemento transportador, de acuerdo con la figura 2.

Más propiedades ventajosas de los elementos de refuerzo / fibras son un cierto grosor máximo, siendo ventajoso un diámetro máximo de 40 μm para no romper los propios elementos de refuerzo / fibras en caso de una fuerte flexión de los elementos de refuerzo / fibras. Por otro lado, con aproximadamente 40 μm , los elementos de refuerzo / fibras son lo suficientemente rígidos para devolver la matriz circundante a su estado original después de la deformación y para evitar un resbalamiento continuado de la matriz bajo tensión de flexión permanente. Además, los elementos de refuerzo / fibras con un diámetro de 40 μm son resistentes a la presión y la tensión, de manera que en caso de una disposición fuera de la zona neutra en flexión, también generan un momento de recuperación y contrarrestan la deformación permanente.

Los elementos de refuerzo / fibras pueden estar cubiertos con un agente adherente para mejorar la unión con la matriz.

La figura 2b muestra en sección transversal un rotor 42' con elementos transportadores 15', 15'' en estado relajado y expandido. En este estado, los elementos de refuerzo / fibras 55, 56 tienen una forma lo más estirada posible, de manera que por su rigidez longitudinal oponen una resistencia a una deformación adicional del rotor.

Con la ayuda de la figura 3 se explica con más detalle la posible orientación de los elementos de refuerzo / fibras. En la figura 3, el buje de rotor está designado por 16 y el eje de rotación por 14. Está representado un plano 17 con la ayuda de un rectángulo recortado, conteniendo el plano 17 el eje de rotación 14, es decir que el eje de rotación 14 discurre completamente en el plano 17.

A modo de ejemplo están representados dos elementos de refuerzo / fibras 18, 19, que discurren ambos en el plano 17 sustancialmente radialmente con respecto al eje de rotación 14. La fibra 18 discurre en un ángulo α con respecto al eje de rotación 14, parcialmente en dirección axial, estando el ángulo α ventajosamente comprendido entre 45° y 90° . La fibra 19 está orientada de tal manera que es perpendicular al eje de rotación 14. Un álabe real está doblado helicoidalmente en tres dimensiones, de modo que en muchos casos también se añade una extensión limitada de los elementos de refuerzo / fibras en la dirección azimutal.

Los elementos de refuerzo / fibras individuales no tienen que estar posicionados de tal manera que tengan su primer punto inicial / punto final en la zona del eje de rotación 14 o del buje de rotor 16. También pueden estar dispuestos de manera que discurren entre dos puntos finales que están separados radialmente del eje de rotor 14 y/o del buje de rotor 16. Sin embargo, también pueden extenderse desde un primer borde de álabe radialmente exterior hasta un segundo borde de álabe radialmente opuesto, al menos a través del eje.

En la figura 4 está representado esquemáticamente un fragmento 20 de un elemento transportador, estando configurado el fragmento 20 de forma paralelepípedica. En el fragmento 20 está representada una fibra 19.

En la figura 5a se ilustra cómo se logra la orientación central de la fibra 19. El perfil de flujo preferentemente laminar durante el llenado del molde entre las paredes de delimitación 53 y 54 tiene la velocidad de flujo más alta en el centro y la velocidad más baja cerca de las paredes. La fibra 19 que inicialmente está inclinada está representada en tres posiciones angulares alcanzadas una tras otra de izquierda a derecha y es arrastrada por el flujo de material, indicado por las flechas 50, 51, hacia el centro del perfil de flujo, como consecuencia de la distribución de velocidades en el molde de fundición. La distribución de velocidades del flujo está representada en el gráfico 52 del diagrama con los ejes x (= velocidad) e y (coordenada de ubicación en el molde de fundición).

La figura 5b muestra un alzado lateral en el que el material del fragmento 20 está representado de forma transparente, de modo que el recorrido de la fibra 19 puede verse aproximadamente en el centro entre las superficies de delimitación del elemento transportador.

Con la ayuda de la figura 6 se va a describir ahora el comportamiento de la fibra en caso de una fuerte flexión o doblado del elemento transportador.

La figura 6 muestra la sección 20 del elemento transportador después de un doblado. La fibra 19 asimismo se deforma. Sin embargo, debido a una cierta rigidez inherente de la fibra, por la flexibilidad del material del elemento transportador, esta puede ceder hacia afuera en la dirección de la flecha 21 al doblarse, para lograr el mayor radio de curvatura posible de la fibra, y contrarrestar por tanto una rotura de la fibra. En la zona de la dobladura, la fibra 19 queda desviada por tanto del centro entre las paredes de delimitación del elemento transportador durante la duración del doblado. En la figura 6, para mayor claridad, el plano central del elemento transportador está representado al menos por secciones mediante una línea discontinua 22. Para lograr este efecto, resulta ventajosa una blandura de la matriz de materia sintética del rotor, que corresponda a una dureza Shore de <100 D.

Con la ayuda de la figura 7 se va a describir ahora la configuración de acuerdo con la invención de una herramienta de fundición / un molde de fundición para un rotor de acuerdo con la invención.

En la figura 7 se muestra una sección longitudinal a través del molde de inyección, estando designada por 23 la zona que comprende el volumen del buje de rotor y estando designado por 24, 25, 26, 27 los volúmenes de los distintos elementos de transporte. En la figura 7 se indica además una dirección de inyección, mediante la flecha 28. Las flechas adicionales 29, 30, 31, 32, 33 indican que el material de moldeo por inyección entra axialmente a lo largo del eje de rotación 14 del rotor resultante y desde allí radialmente hacia fuera a los volúmenes de los elementos transportadores. A modo de ejemplo, el eje longitudinal de uno de los elementos transportadores se indica con una línea de puntos y rayas y se designa por 44. Si en el material de moldeo por inyección se introduce un número suficiente de elementos de refuerzo / fibras correspondientemente largos, estos se orientan conforme a la dirección de flujo principal del material y permanecen en su lugar cuando el material se solidifica.

El aire desplazado y el exceso de material de fundición pueden salir a través de las aberturas 45 en el extremo radialmente exterior de los elementos transportadores.

En la figura 8 se indica una dirección de inyección inversa, siendo inyectado el material de moldeo por inyección desde los extremos 34, 35 radialmente exteriores de los elementos transportadores radialmente hacia dentro al volumen del rotor 23. También en este caso pueden introducirse elementos de refuerzo / fibras largos que se orientan y disponen de la manera prevista de acuerdo con la invención.

Con la ayuda de la figura 9 se muestra que en el caso de los elementos transportadores 36, 37 estrechos, la masa de fundición que fluye radialmente desde dentro hacia fuera se arremolina en los cantos 38, 39 del volumen del respectivo elemento transportador debido a la fricción, de modo que no resulta ningún flujo laminar del material de fundición durante su entrada.

En el lado izquierdo de la representación de la figura 9 está representada una variante del molde que presenta aberturas de rebose o hendiduras de rebose en la zona de los cantos 40, 41, a través de las cuales puede salir una parte del material de moldeo por inyección en la dirección axial del rotor, de manera que no resulte el arremolinamiento representado en el lado derecho de la figura 9. En la zona central del elemento transportador 37 resulta por tanto flujo casi laminar, de modo que los elementos de refuerzo / fibras incorporados pueden disponerse allí en forma estirada sin ser deformados por la influencia del flujo del material de moldeo por inyección. Después de la solidificación, las partes del material de moldeo por inyección que han salido a través de las aberturas en los cantos 40, 41 de los volúmenes de los elementos transportadores en el molde de inyección se pueden eliminar, por ejemplo, mediante corte. Lo mismo que en la figura 7 puede efectuarse en los cantos exteriores de los elementos transportadores. Aquí están previstos dos canales de rebose 45, a través de los cuales puede escapar la materia sintética sin elementos de refuerzo / fibras.

En la figura 10 está representado esquemáticamente un molde de inyección 70 con una primera abertura de inyección 71 y una segunda abertura de inyección 72, estando dispuestas las dos aberturas de inyección 71, 72 en extremos

opuestos del espacio hueco 73 central en el que queda formado el buje del rotor por la fundición. Los espacios huecos en las que se originan los elementos transportadores se indican solo de forma muy esquemática y están designados por 74, 75. Las flechas 76, 77 indican las direcciones de flujo de la materia sintética que entra en el molde. Cuando la materia sintética es inyectada en el molde respectivamente a través de la primera abertura de inyección 71 y la segunda abertura de inyección 72, sucesivamente o en proporciones variables, resultan diferentes direcciones de flujo del material de fundición líquido. Si a este se añaden los elementos de refuerzo, en el rotor originado también resultan orientaciones diferentes de los elementos de refuerzo. De esta manera, se pueden diseñar diferentes patrones de orientación controlando la velocidad de inyección a través de las aberturas de inyección y cambiando las velocidades de inyección o la relación de las velocidades de inyección a través de las diferentes aberturas de inyección durante el procedimiento de fundición.

En la figura 11 está representado en una vista esquemática un elemento de refuerzo en forma de una lámina metálica o lámina de materia sintética 78 que, por ejemplo, puede tener solo algunos micrómetros de grosor, algunas décimas de milímetro de ancho y algunos milímetros de largo.

La figura 12 muestra, como elemento de refuerzo, una tira de tejido alargada que presenta esquemáticamente solo dos fibras 79, 80 que discurren en dirección longitudinal y una multiplicidad de fibras 81 más cortas que discurren transversalmente a estas. Tal tejido puede absorber fuerzas de tracción particularmente bien en las dos direcciones longitudinales de las fibras presentes.

En la figura 13 está representada esquemáticamente en sección transversal una zona de un elemento transportador 82. En este caso, 83 designa la superficie que está en el lado de presión durante el funcionamiento y que está expuesta a la contrapresión del fluido, indicada por la flecha 84.

La superficie superior opuesta a este lado o a la superficie superior 83 está designada por 85. En el ejemplo representado, en este lado del elemento transportador 82 está previsto un revestimiento 86 que puede ser una lámina pegada o un revestimiento líquido, por ejemplo, un barnizado.

La "fibra" o superficie neutra a efectos de la mecánica durante la flexión del elemento transportador 82 durante el funcionamiento de la bomba está representada con líneas discontinuas y está designada por 87.

Si se supone que el elemento transportador, tal como está representado en la figura 13, está en un estado libre de fuerzas, es decir, que no actúan fuerzas externas sobre el elemento transportador, puede estar previsto que en este estado los elementos de refuerzo, uno de los cuales está representado a modo de ejemplo y designado por 88, estén presentes de forma estirada y libre de fuerzas.

Si entonces se aplica una fuerza de flexión en el elemento transportador en la dirección de la flecha 84 por la acción de la contrapresión de fluido 84 durante la rotación del rotor, los elementos de refuerzo 88 son sometidos a tracción, ya que en el lado de la fibra neutra 87, que en la figura es el izquierdo, se produce una prolongación como consecuencia de la flexión del elemento transportador. Esta flexión queda limitada por los elementos de refuerzo 88, ya que estos son prácticamente resistentes al alargamiento.

Para reducir aún más la diferencia de forma del rotor entre el segundo estado sin fuerza y un tercer estado, el estado de carga, puede estar previsto que en el estado libre de fuerza, es decir, sin la acción de fuerzas externas sobre el rotor, los elementos de refuerzo 88 ya estén pretensados por la tensión interna del material. Esto se consigue de tal forma que después de la fabricación del rotor, más precisamente después de la finalización del proceso de moldeo por inyección, el elemento transportador o bien se alarga en el lado de la superficie superior 83, o bien se contrae en el lado de la superficie superior 85.

Esto se consigue, por ejemplo, de tal forma que después del proceso de moldeo por inyección o durante el proceso de moldeo por inyección, por ejemplo mediante la impregnación del molde de inyección, se aplica un revestimiento 86 en la superficie superior 85, que puede contraerse durante el secado o la reticulación o mediante un tratamiento posterior, en particular la reticulación por radiación, la reticulación por UV o el tratamiento térmico. La reticulación por radiación también se puede introducir, por ejemplo, por medio de uno o varios rayos láser y, por tanto, se puede aplicar localmente de manera muy focalizada.

Sin embargo, también es concebible que, adicionalmente a una capa de recubrimiento 86, el material del elemento transportador 82 se contraiga en el lado de la superficie neutra de la fibra 87, que mira hacia la capa de recubrimiento 85, por ejemplo por un tratamiento térmico o por una reticulación / polimerización que no tiene lugar o solo en menor medida en el otro lado del elemento transportador.

En las figuras 14a y 14b está representado a modo de ejemplo un tejido de fibras. La fibra 90 discurre como parte de un haz de fibras en un ángulo con respecto a otros haces de fibras 91, estando dispuestos los haces de fibras 91 perpendicularmente a la superficie del dibujo siendo atravesados por la fibra 90 alternativamente en los lados izquierdo y derecho. En la figura 14a, que representa el estado relajado del rotor, los haces de fibras 91 están a una distancia a entre sí y la fibra 90 tiene un recorrido curvado hacia adelante y hacia atrás. En la figura 14b, que representa el estado

del rotor durante el funcionamiento, los haces de fibras 91 tienen una mayor distancia a' entre sí y la fibra 90 tiene un recorrido menos curvado. Puede verse en las figuras 14a y 14b que tal sistema ya está sustancialmente estabilizado antes de que la fibra 90 esté completamente estirada, ya que más allá del estado de la figura 14b, los haces de fibras 91 tendrían que moverse en ángulo recto con respecto a la fibra 90 en el material de base, lo que es sustancialmente evitado por este y la fibra 90.

La figura 15a muestra un rotor en un estado expandido y libre de fuerzas en una vista en perspectiva y la indicación de un plano de sección A-A. La figura 15b muestra el mismo rotor en esta misma vista en sección. Las líneas discontinuas 101 y 102 representan la fibra o superficie respectivamente neutra en flexión del respectivo álabe. Las fibras 103 y 104 muestran a modo de ejemplo el recorrido de dos fibras en el plano de sección representado. Las fibras están curvadas en este estado. En el estado de funcionamiento bajo carga, el fluido ejerce una presión sobre los álabes en la dirección de las flechas representadas, por lo que estos se levantan aún más. A plena carga de trabajo, las fibras 103 y 104 están estiradas al menos en las zonas designadas por 105 y 106, lo que dificulta un mayor levantamiento de los álabes, ya que las fibras muy rígidas a la tracción tendrían que estirarse entonces en su extensión axial. La ventaja de esta configuración es que la forma del álabe es casi constante por encima de un número de revoluciones mínimo.

La figura 16a muestra un rotor en un estado expandido y libre de fuerzas en una vista en perspectiva y la indicación de un plano de sección B-B. La figura 16b muestra el mismo rotor en la misma vista en sección. Las líneas discontinuas 111 y 112 representan la fibra o superficie respectivamente neutra en flexión de la respectiva pala de álabe. Las fibras 113 y 114 muestran a modo de ejemplo el recorrido de dos fibras en el plano de sección representado. Como puede verse, las fibras en este ejemplo ya están estiradas en un área amplia. Dado que las fibras son muy rígidas a la tracción, apenas es posible un alargamiento adicional de las fibras. Incluso bajo las fuerzas que se producen en el estado de funcionamiento, que actúan sobre los álabes debido a la presión del flujo y que están representadas por flechas en la figura 16b, un álabe de este tipo ya no se deformará significativamente, con la ventaja de que la forma de álabe es inalterable casi a lo largo de todo el intervalo de número de revoluciones.

La figura 17a muestra un rotor en un estado expandido, libre de fuerza, en alzado lateral con la representación de un plano de sección C-C. La figura 17b muestra el mismo rotor en la misma vista en sección. Las líneas discontinuas 121 y 122 representan la fibra o superficie respectivamente neutra en flexión del respectivo álabe. Las fibras 123 y 124 muestran a modo de ejemplo el recorrido de dos fibras en el plano de sección representado. Como puede verse, las fibras en este ejemplo ya están estiradas en un área amplia. Dado que las fibras son muy rígidas a la tracción, apenas es posible un alargamiento adicional de las fibras. Incluso bajo las fuerzas que se producen en el estado de funcionamiento, que actúan sobre las palas de álabes debido a la presión de flujo y que están representadas por flechas en la figura 17b, una pala de álabes de este tipo ya no se deformará significativamente.

Mediante las características indicadas anteriormente, en particular mediante la configuración del rotor y la incorporación de elementos de refuerzo / fibras adecuados, se consigue una configuración estable de un rotor con suficiente estabilidad dimensional incluso después de un sobreestiramiento parcial o cargas alternas frecuentes o cargas de flexión constantes. Mediante los procedimientos de fabricación de acuerdo con la invención y el molde de inyección representado se muestra una posibilidad de fabricación conveniente y ventajosa para el rotor de acuerdo con la invención.

La invención se define por las reivindicaciones. Además, forman parte de la divulgación los siguientes aspectos que pueden servir para explicar la invención:

Un aspecto se refiere a un rotor para una bomba de fluido comprimible, en particular una bomba de sangre que puede introducirse a través de un vaso sanguíneo en el cuerpo de un paciente y que presenta uno o varios elementos transportadores 15 y puede comprimirse y expandirse radialmente entre un primer estado comprimido y un segundo estado radialmente expandido y que se compone parcialmente de una materia sintética reforzada mediante elementos de refuerzo en forma de hebras, en particular fibras, y que está previsto para la rotación alrededor de un eje de rotación, estando el rotor tensado en el primer estado comprimido y estando libre de tensiones externas en el segundo estado expandido, y existiendo un tercer estado que el rotor 42 adopta en el estado de funcionamiento bajo carga, estando coordinados entre sí diferentes materiales del rotor y su distribución de tal manera que en el segundo estado del rotor se generan de forma selectiva tensiones de material que someten a tracción y/o estiran los elementos de refuerzo.

De acuerdo con un ejemplo está previsto además que los elementos de refuerzo están encerrados al menos en una parte de 90 %, en particular 99 %, de su superficie, en particular completamente, por la materia sintética de la que se compone predominantemente el rotor.

De acuerdo con otro ejemplo está previsto además que el material de materia sintética en el que se incrustan los elementos de refuerzo tiene, en el lado de los elementos transportadores que no está cargado por la contrapresión del fluido durante el funcionamiento, en particular en el lado correspondiente del elemento transportador con respecto a la fibra o superficie neutra en flexión durante la carga por flexión durante el funcionamiento de la bomba, al menos por zonas otras propiedades que el lado de los elementos transportadores que está cargado por la contrapresión del fluido, estando en particular reticulado o contraído más fuertemente en el lado no cargado por la contrapresión del fluido o llevando allí en la superficie un revestimiento aplicado por contracción sobre el elemento transportador en

forma de una o varias láminas, recubrimientos o fibras.

De acuerdo con otro ejemplo está previsto además que uno o varios elementos transportadores del rotor están fabricados mediante moldeo por inyección con la adición simultánea de elementos de refuerzo en el estado expandido, estando los elementos de refuerzo encerrados por todos lados por un material de moldeo por inyección, estando estirados al menos por secciones en el estado expandido, en particular al menos 90%, más en particular 95%, más en particular 99%.

De acuerdo con otro ejemplo está previsto además que en el segundo estado expandido del rotor sin contrapresión de fluido, los elementos de refuerzo están estirados en tal medida que al pasar a un tercer estado que representa el estado de funcionamiento con contrapresión de fluido se alargan menos de 5%, en particular menos de 1%, midiéndose la prolongación en particular por la distancia entre los dos extremos de un elemento de refuerzo.

De acuerdo con otro ejemplo está previsto además que en un segundo estado expandido del rotor y/o un tercer estado de funcionamiento con contrapresión de fluido, al menos una parte de los elementos de refuerzo, en particular al menos 10%, más en particular al menos 30%, discurre de forma estirada y recta en al menos una zona de un elemento transportador, en la que éste está curvado.

Otro aspecto se refiere a un procedimiento para fabricar un rotor para una bomba de fluido, en particular de acuerdo con el aspecto descrito anteriormente, en el que está previsto que el rotor se somete a un tratamiento después del moldeo por inyección, que en el lado de los elementos transportadores que durante el funcionamiento está cargado por la contrapresión del fluido provoca una contracción y/o reticulación diferente del material de fundición que en el lado opuesto a este.

De acuerdo con un ejemplo, en un procedimiento para fabricar un rotor para una bomba de fluido, en particular de acuerdo con el aspecto descrito anteriormente, está previsto que en el lado de los elementos transportadores opuesto al lado de los elementos transportadores que está expuesto a una contrapresión de fluido durante el funcionamiento se aplica una capa contraíble sobre al menos uno de los elementos transportadores.

Otro aspecto se refiere a un molde de fundición para un rotor para una bomba de fluido con elementos transportadores de acuerdo con el aspecto descrito anteriormente, en el que están previstas al menos dos aberturas de inyección diferentes.

Otro aspecto se refiere a un rotor como el descrito anteriormente, en el que está previsto que los elementos de refuerzo tienen una extensión bidimensional, por ejemplo en forma de trozos de lámina de tejido con grupos de fibras entrecruzadas (véanse las figuras 14a y 14b).

Otros aspectos de la divulgación son los siguientes:

Un aspecto se refiere a un rotor para una bomba de fluido comprimible, en particular una bomba de sangre que puede introducirse en el cuerpo de un paciente a través de un vaso sanguíneo, que presenta uno o varios elementos transportadores y puede comprimirse y expandirse radialmente entre un estado comprimido y un estado expandido y que se compone, al menos parcialmente, de una materia sintética reforzada por elementos de refuerzo en forma de hebras, en particular fibras, y está previsto para rotar alrededor de un eje de rotación, teniendo la materia sintética una dureza Shore < 100 D.

De acuerdo con un ejemplo, una primera parte de más del 30%, en particular más del 50%, de los elementos de refuerzo, en particular fibras, discurre sustancialmente de forma estirada desde su respectiva sección respectivamente más próxima al eje de rotación hasta una segunda sección más alejada del eje de rotación, en el estado expandido del rotor.

Otro aspecto se refiere a un rotor para una bomba de fluido comprimible, en particular una bomba de sangre que puede introducirse en el cuerpo de un paciente a través de un vaso sanguíneo, que presenta uno o varios elementos transportadores y puede comprimirse y expandirse radialmente entre un estado comprimido y un estado expandido y que se compone al menos en parte de una materia sintética reforzada por elementos de refuerzo en forma de hebras, en particular fibras, y está previsto para rotar alrededor de un eje de rotación, y en el que una primera parte de más de 30%, en particular más de 50%, de los elementos de refuerzo, en particular fibras, se extiende sustancialmente de forma estirada desde su respectiva primera sección más próxima al eje de rotación hasta una segunda sección más alejada del eje de rotación, en el estado expandido del rotor, teniendo la primera parte de los elementos de refuerzo, en particular fibras, una longitud que corresponde al menos al 30%, en particular al 50%, de la altura máxima de los elementos transportadores, medida en la dirección radial del rotor en el estado expandido.

De acuerdo con un ejemplo, en particular en el estado expandido, cada elemento de refuerzo / fibra de la primera parte se desvía en su curso como máximo 45° en la dirección axial y/o la dirección azimutal desde una posición orientada radialmente con respecto al eje de rotor.

De acuerdo con otro ejemplo, en particular en el estado expandido, cada elemento de refuerzo / cada fibra de la

primera parte discurre sustancialmente perpendicularmente con respecto al eje de rotación.

De acuerdo con otro ejemplo, en particular en el estado expandido, cada elemento de refuerzo / cada fibra de la primera parte discurre sustancialmente radialmente con respecto al eje de rotación.

5 De acuerdo con otro ejemplo, cada elemento de refuerzo / fibra de la primera parte se extiende a lo largo del eje longitudinal de un elemento transportador.

10 De acuerdo con otro ejemplo, la longitud de los elementos de refuerzo, en particular de las fibras, en particular de la primera parte, es de al menos el 10%, en particular de al menos el 30%, del radio del rotor.

De acuerdo con otro ejemplo, el diámetro de los elementos de refuerzo, en particular de las fibras, en particular de la primera parte, es inferior a 40 μm .

15 De acuerdo con otro ejemplo, los elementos transportadores se componen de un material de espuma.

De acuerdo con otro ejemplo, en el estado expandido del rotor, una parte de los elementos de refuerzo / fibras se extiende transversalmente a los elementos de refuerzo / fibras de la primera parte y, en particular, encierra con éstos un ángulo de en promedio como mínimo 30°.

20 De acuerdo con otro ejemplo, los elementos de refuerzo / fibras están presentes, al menos parcialmente, en forma de secciones de tejido con fibras que discurren longitudinal y transversalmente.

25 De acuerdo con otro ejemplo, los elementos de refuerzo están presentes en forma de tiras de lámina, cuya longitud es al menos tres veces, en particular al menos cinco veces, en particular al menos diez veces mayor que su anchura.

De acuerdo con otro ejemplo, los elementos de refuerzo están encerrados al menos en una parte de 90 %, en particular 99 %, de su superficie, en particular completamente, por la materia sintética de la que se compone predominantemente el rotor.

30 De acuerdo con otro ejemplo, el material de materia sintética en el que se incrustan los elementos de refuerzo tiene, al menos por zonas, propiedades diferentes en el lado de los elementos transportadores que no está cargado por la contrapresión del fluido durante el funcionamiento, que en el lado de los elementos transportadores que está cargado por la contrapresión del fluido, en particular, que en el lado no cargado por la contrapresión del fluido está reticulado o contraído más fuertemente o que allí en la superficie lleva un revestimiento aplicado por contracción sobre el elemento transportador en forma de una o varias láminas, recubrimientos o fibras.

40 Otro aspecto se refiere a un rotor para una bomba de fluido comprimible, que puede expandirse y comprimirse radialmente entre un primer estado comprimido y un segundo estado expandido, en donde uno o varios elementos transportadores del rotor están fabricados mediante moldeo por inyección con la adición simultánea de elementos de refuerzo en el estado expandido, y en el que los elementos de refuerzo están encerrados por todos lados por un material de moldeo por inyección y están estirados al menos por secciones en el estado expandido, en particular estirados al menos 90 %, más en particular 95 %, más en particular 99%.

45 De acuerdo con un ejemplo, en el segundo estado expandido del rotor sin contrapresión de fluido, los elementos de refuerzo están estirados en tal medida que al pasar a un tercer estado que representa el estado de funcionamiento con contrapresión de fluido se alargan menos de 5%, en particular menos de 1%, midiéndose la prolongación en particular por la distancia entre los dos extremos de un elemento de refuerzo.

50 De acuerdo con otro ejemplo, en un segundo estado expandido del rotor y/o un tercer estado de funcionamiento con contrapresión de fluido, al menos una parte de los elementos de refuerzo, en particular al menos 10%, más en particular al menos 30%, discurre de forma estirada y recta en al menos una zona de un elemento transportador, en la que éste está curvado.

55 De acuerdo con otro ejemplo, en una zona de un elemento transportador en la que éste está curvado, al menos dos partes de elementos de refuerzo discurren de forma recta y estirada, en donde las direcciones en las que discurren los elementos de refuerzo de las partes son paralelas en la respectiva parte, pero son diferentes en las diferentes partes.

60 De acuerdo con otro ejemplo, en al menos 30 %, en particular al menos 50 % de los elementos, la longitud de los elementos de refuerzo es mayor que el grosor medio de los elementos transportadores, en particular al menos dos veces más largo, más en particular al menos 5 veces o 10 veces más largo.

65 De acuerdo con otro ejemplo, los elementos de refuerzo, en particular las fibras, están incorporados en la materia sintética en la que se encastran en un procedimiento de moldeo por inyección y, durante el tiempo en que el rotor se encuentra en el molde de inyección, tienen un curso curvado por secciones a lo largo del flujo de la materia sintética

al molde de inyección.

5 Otro aspecto se refiere a un procedimiento de fabricación de un rotor como el descrito anteriormente, por medio de un procedimiento de fundición, en particular un proceso de moldeo por inyección, en el que el material de los elementos transportadores se incorpora a los volúmenes de los elementos transportadores en la dirección radial con respecto al eje de rotor, de tal manera que el material de moldeo por inyección fluye hacia dentro de los volúmenes de los elementos transportadores respectivamente en la dirección radial.

10 De acuerdo con un ejemplo, el material de moldeo por inyección se inyecta en los volúmenes de los elementos transportadores en dirección radial respectivamente desde la zona más próxima al eje del rotor o desde la zona más alejada del eje de rotor.

15 De acuerdo con otro ejemplo, el rotor se fabrica mediante fundición, en particular mediante moldeo por inyección, realizándose el procedimiento de moldeo por inyección en dos fases sucesivas con diferentes direcciones de inyección y/o desde dos puntos de inyección diferentes.

20 De acuerdo con otro ejemplo, el rotor se somete a un tratamiento después del moldeo por inyección, que en el lado de los elementos transportadores que durante el funcionamiento está cargado por la contrapresión del fluido provoca una contracción y/o reticulación diferente del material de fundición que en el lado opuesto a dicho lado.

De acuerdo con otro ejemplo, en el lado opuesto al lado de los elementos transportadores expuesto a la contrapresión del fluido durante el funcionamiento, en al menos uno de los elementos transportadores se aplica una capa contraíble.

25 Otro aspecto se refiere a un molde de fundición para un rotor de acuerdo con uno de los aspectos descritos anteriormente, en el que en los volúmenes de los elementos transportadores están previstos canales de rebose en sus cantos que discurren radialmente, para hacer posible un flujo sin perturbaciones del material de fundición en la dirección radial.

De acuerdo con un ejemplo, el molde de fundición presenta al menos dos aberturas de inyección diferentes.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Rotor para una bomba de fluido comprimible, en particular una bomba de sangre que puede introducirse en el cuerpo de un paciente a través de un vaso sanguíneo, el cual presenta uno o varios elementos transportadores (15) y puede comprimirse y expandirse radialmente entre un estado comprimido y un estado expandido y que se compone al menos parcialmente de una materia sintética reforzada por elementos de refuerzo en forma de hebras, en particular fibras (10, 11, 13, 18, 19), y está previsto para la rotación alrededor de un eje de rotación (14), **caracterizado por que** la materia sintética tiene una dureza Shore < 80 D.
- 10 2. Rotor de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que**, en el estado expandido del rotor (42), una primera parte de más del 30%, en particular más del 50%, de los elementos de refuerzo, en particular fibras (10, 11, 13, 18, 19), discurre sustancialmente de forma estirada desde su respectiva parte (10a, 11a, 13a) más próxima al eje de rotación hasta una segunda parte (10b, 11b, 13b) más alejada del eje de rotación.
- 15 3. Rotor de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** la primera parte de los elementos de refuerzo, en particular fibras, tiene una longitud que corresponde a al menos el 30 %, en particular al 50 %, de la altura máxima de los elementos transportadores, medida en la dirección radial del rotor en el estado expandido.
- 20 4. Rotor de acuerdo con la reivindicación 2 o una de las siguientes, **caracterizado por que**, en particular en el estado expandido, cada elemento de refuerzo / fibra (10, 11, 13, 18, 19) de la primera parte se desvía en su curso como máximo 45° en la dirección axial y/o en la dirección azimutal con respecto a una posición orientada radialmente con respecto al eje de rotor.
- 25 5. Rotor de acuerdo con la reivindicación 2 o una de las siguientes, **caracterizado por que**, en particular en el estado expandido, cada elemento de refuerzo / fibra (10, 11, 13, 18, 19) de la primera parte se extiende sustancialmente perpendicularmente al eje de rotación.
- 30 6. Rotor de acuerdo con la reivindicación 2 o una de las siguientes, **caracterizado por que**, en particular en el estado expandido, cada elemento de refuerzo / fibra de la primera parte se extiende radialmente con respecto al eje de rotación (14).
- 35 7. Rotor de acuerdo con la reivindicación 2 o una de las siguientes, **caracterizado por que** cada elemento de refuerzo / fibra (10, 11, 13, 18, 19) de la primera parte de la primera parte se extiende a lo largo del eje longitudinal (44) de un elemento transportador.
- 40 8. Rotor de acuerdo con la reivindicación 2 o una de las siguientes, **caracterizado por que** la longitud de los elementos de refuerzo, en particular fibras (10, 11, 13, 18, 19), en particular de la primera parte, es de al menos el 10 %, en particular al menos el 30 %, del radio del rotor.
- 45 9. Rotor de acuerdo con la reivindicación 2 o una de las siguientes, **caracterizado por que** el diámetro de los elementos de refuerzo, en particular fibras (10, 11, 13, 18, 19), en particular de la primera parte, es inferior a 40 µm.
- 50 10. Rotor de acuerdo con la reivindicación 1 o una de las siguientes, **caracterizado por que** los elementos transportadores (15) están compuestos por una espuma.
- 55 11. Rotor de acuerdo con la reivindicación 1 o una de las siguientes, **caracterizado por que** una parte de los elementos de refuerzo / fibras en el estado expandido del rotor discurre transversalmente a los elementos de refuerzo / fibras de la primera parte y, en particular, encierra con éstos un ángulo de en promedio como mínimo 30°.
- 60 12. Rotor de acuerdo con la reivindicación 1 o una de las siguientes, **caracterizado por que** los elementos de refuerzo / fibras están presentes al menos parcialmente en forma de secciones de tejido con fibras que discurren longitudinalmente y transversalmente.
- 65 13. Rotor de acuerdo con la reivindicación 1 o una de las siguientes, **caracterizado por que** los elementos de refuerzo están presentes en forma de tiras de lámina, cuya longitud es al menos tres veces, en particular al menos cinco veces, más en particular al menos diez veces mayor que su anchura.
14. Rotor de acuerdo con la reivindicación 1 o una de las siguientes, **caracterizado por que** los elementos de refuerzo están encerrados, más en particular completamente, al menos en una parte del 90 %, en particular del 99 % de su superficie, por la materia sintética de la que se compone predominantemente el rotor.
15. Rotor de acuerdo con la reivindicación 1 o una de las siguientes, **caracterizado por que** el material de materia sintética en el que se incrustan los elementos de refuerzo tiene, al menos por zonas, propiedades diferentes en el lado de los elementos transportadores que no está cargado por la contrapresión del fluido durante el funcionamiento, que en el lado de los elementos transportadores que está cargado por la contrapresión del fluido, en particular, que en el lado no cargado por la contrapresión del fluido está reticulado o contraído más fuertemente o que allí en la superficie

lleva un revestimiento (86) aplicado por contracción sobre el elemento transportador (82), en forma de una o varias láminas, recubrimientos o fibras.

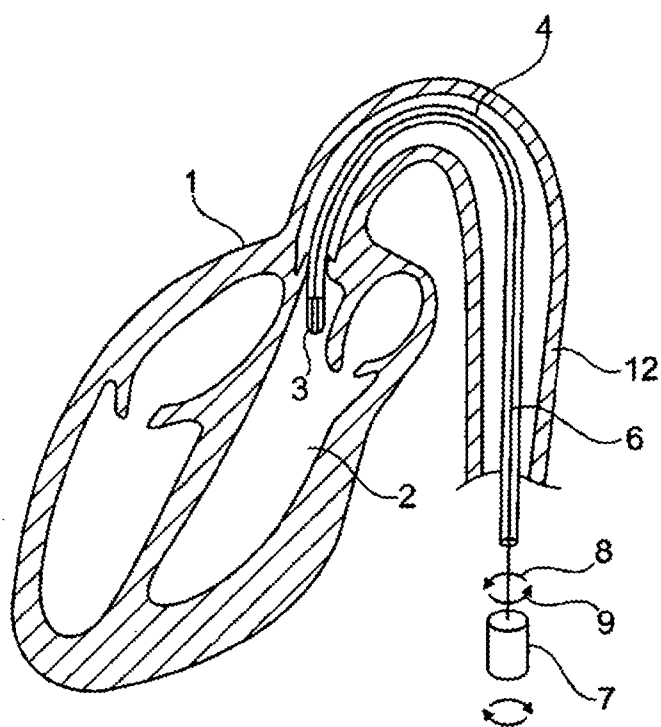


Fig. 1

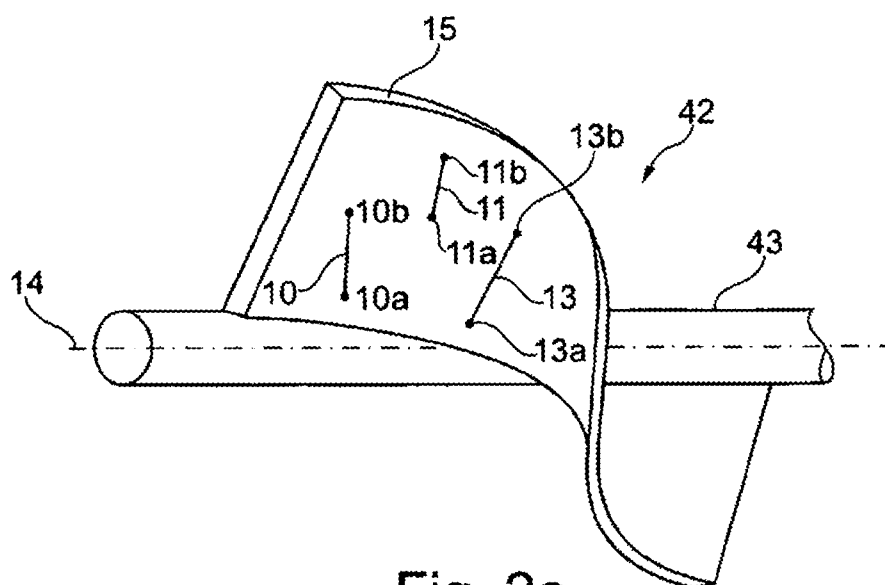


Fig. 2a

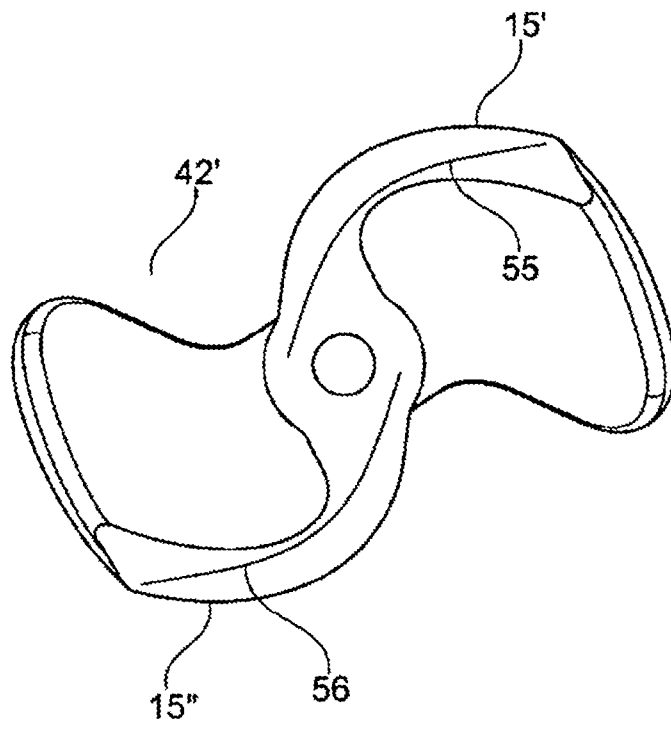
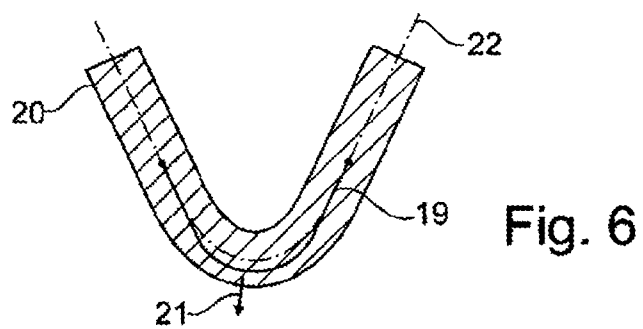
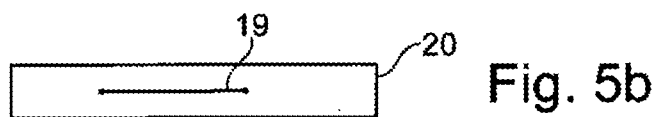
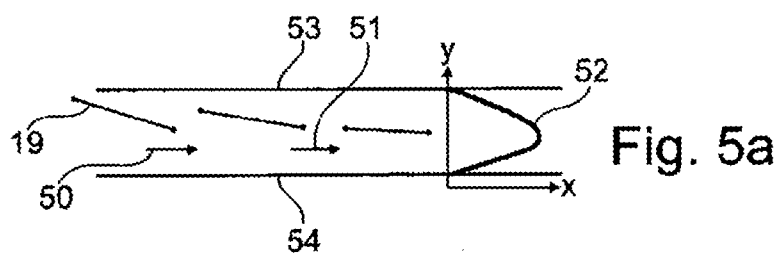
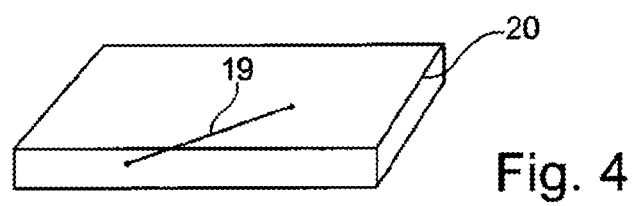
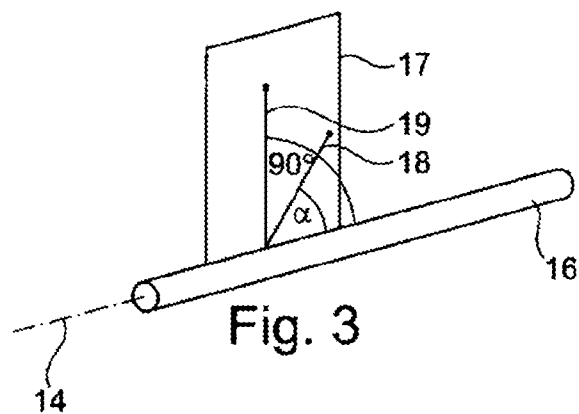


Fig. 2b



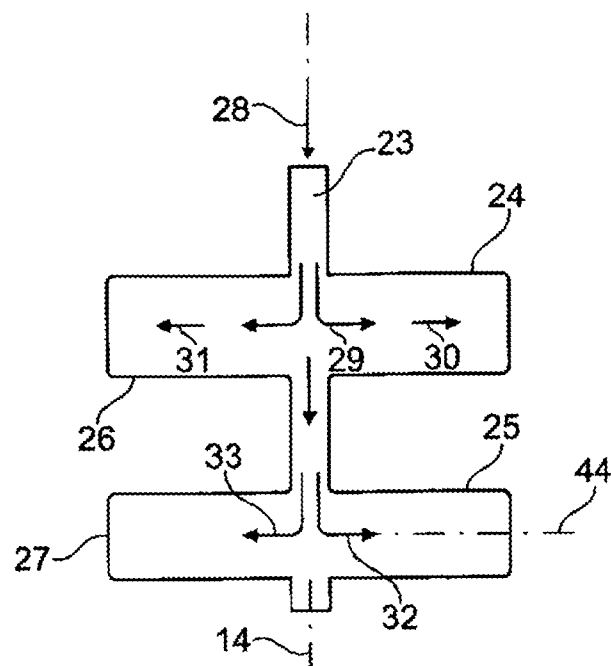


Fig. 7

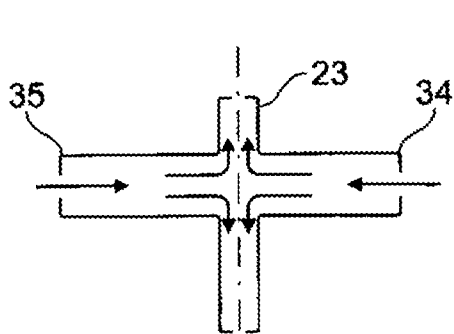


Fig. 8

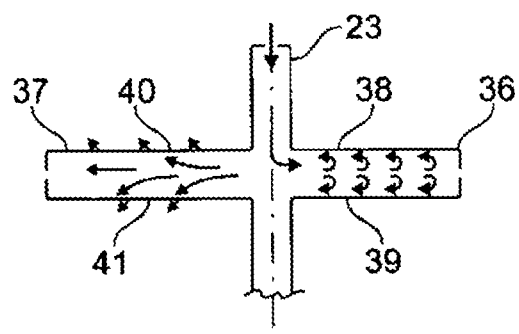


Fig. 9

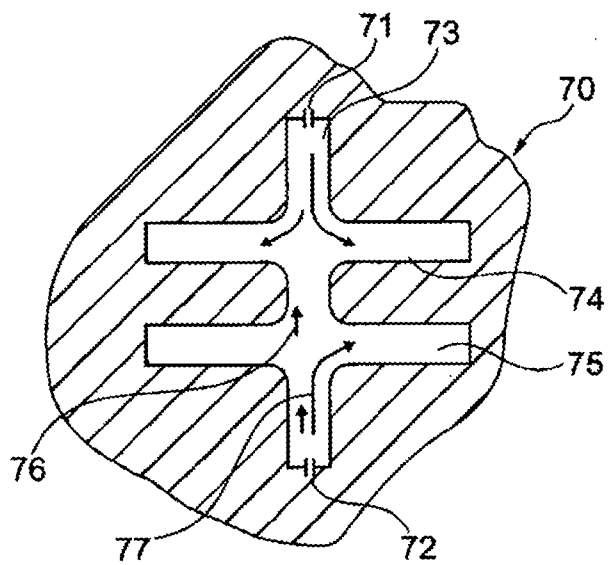


Fig. 10

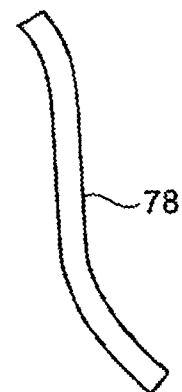


Fig. 11

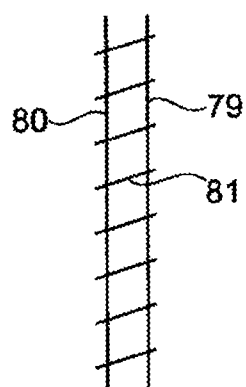


Fig. 12

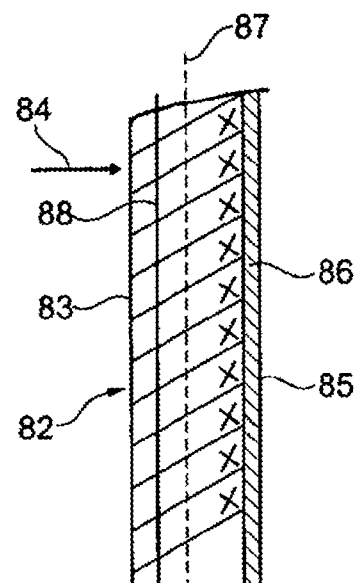


Fig. 13

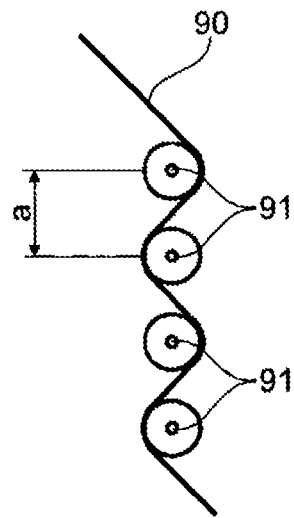


Fig. 14a

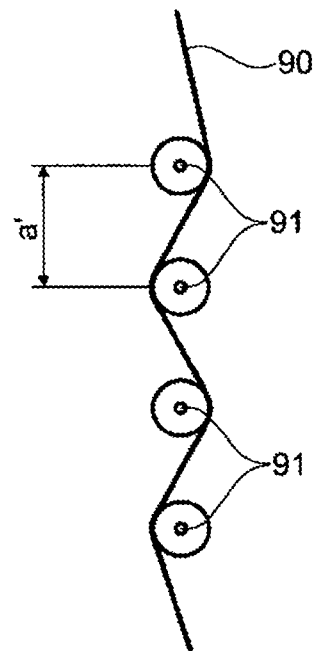


Fig. 14b

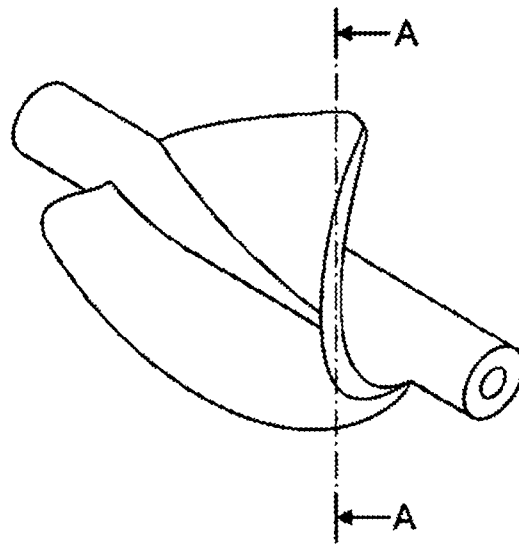


Fig. 15a

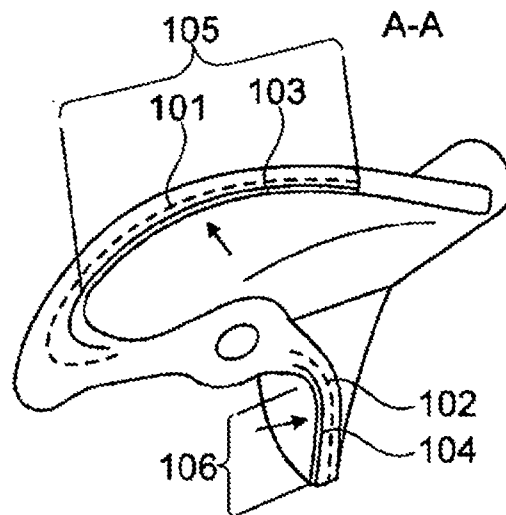


Fig. 15b

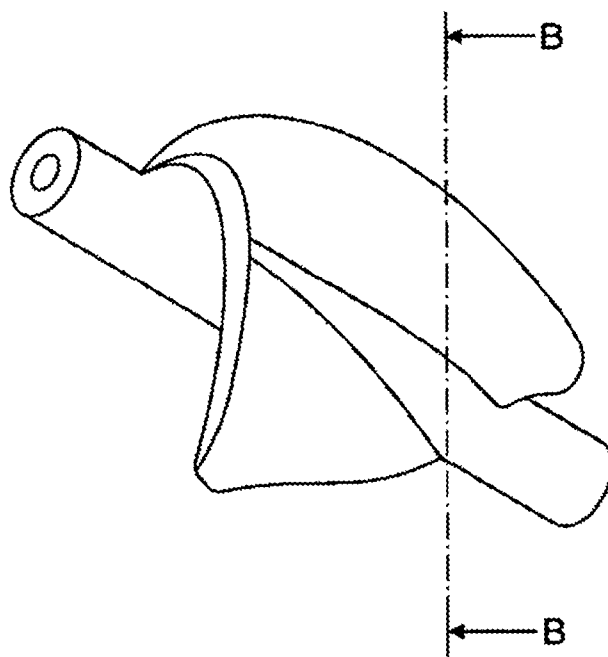


Fig. 16a

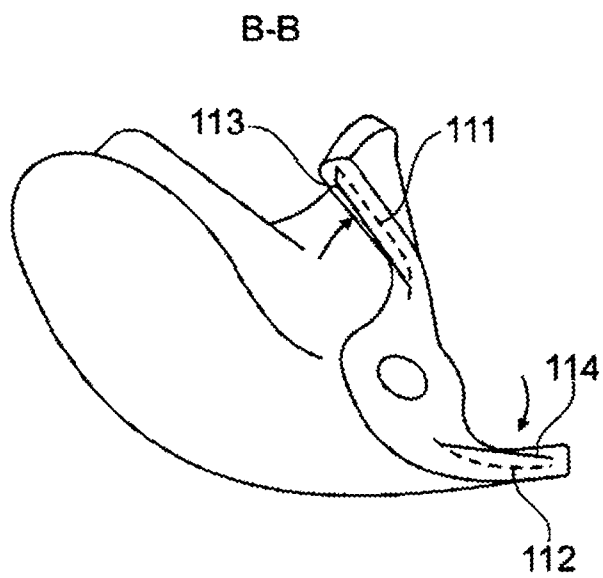


Fig. 16b

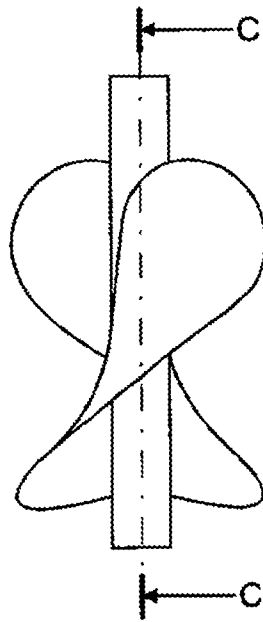


Fig. 17a

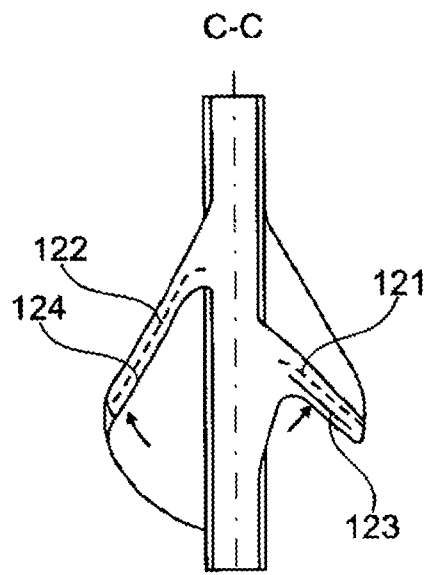


Fig. 17b