

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 924 562**

51 Int. Cl.:

A61M 60/135 (2011.01)
A61M 60/148 (2011.01)
A61M 60/205 (2011.01)
A61M 60/135 (2011.01)
A61M 60/148 (2011.01)
A61M 60/205 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.05.2019** **PCT/EP2019/064157**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.12.2019** **WO19229223**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.05.2019** **E 19729210 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.07.2022** **EP 3801665**

54 Título: **Bomba axial para un sistema de soporte cardíaco y método de fabricación de una bomba axial para un sistema de soporte cardíaco**

30 Prioridad:

30.05.2018 DE 102018208541

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.10.2022

73 Titular/es:

KARDION GMBH (100.0%)
Quellenstrasse 7
70376 Stuttgart, DE

72 Inventor/es:

STOTZ, INGO y
BAEUERLE, NIKO

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 924 562 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 axial para un sistema de soporte cardíaco y método de fabricación de una bomba axial para un sistema de soporte cardíaco

La descripción se refiere a una bomba axial para un sistema de soporte cardíaco y a un método para fabricar una bomba axial para un sistema de soporte cardíaco. Además, la descripción se refiere a un dispositivo para fabricar una bomba axial para un sistema de soporte cardíaco y a un programa de ordenador para ejecutar y/o controlar dicho proceso de fabricación.

Para el soporte cardiovascular de los pacientes que padecen insuficiencia cardíaca se utilizan, entre otros, sistemas que asumen una parte o la totalidad de la función de bombeo del corazón. Estos sistemas, también denominados dispositivos de soporte ventricular (VAD por sus siglas en inglés), se pueden dividir en sistemas temporales para el soporte cardíaco a corto plazo y sistemas permanentes para su uso a largo plazo en o dentro del paciente. Un componente de este sistema suele ser una bomba de sangre, normalmente una bomba centrífuga (turbobomba), que se acciona mediante un motor eléctrico integrado y genera el flujo sanguíneo necesario mediante un impulsor. La bomba puede implantarse en diferentes lugares. Por ejemplo, la bomba puede coserse al corazón desde el exterior mediante una operación invasiva por esternotomía, o se puede colocar en la aorta o en el ventrículo a través de un catéter mínimamente invasivo. En este último caso, el diámetro exterior máximo admisible de la bomba suele estar limitado a 10 mm, por lo que se debe procurar utilizar una bomba axial con un impulsor de flujo axial. En este caso, la sangre a bombear se expulsa a través de unos orificios de salida unidos a la circunferencia de una carcasa cilíndrica de la bomba para devolverla a la aorta.

En una bomba centrífuga, la rotación de un impulsor introduce un remolino en el flujo. El remolino se puede reducir, por ejemplo, mediante una rueda directriz estacionaria situada a continuación, también llamada estator.

El objetivo de la invención es proporcionar un sistema de soporte cardíaco que comprenda una bomba axial capaz de suministrar sangre de forma eficiente y suave.

Este objetivo se logra con un sistema de soporte cardíaco de acuerdo con la reivindicación 1. Las modalidades ventajosas de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

A continuación se explica una bomba axial de dicho sistema de soporte cardíaco, un método de fabricación de la bomba axial de dicho sistema de soporte cardíaco, un dispositivo que utiliza dicho método y un programa de ordenador para ejecutar y/o controlar dicho método de fabricación.

La invención se basa en la constatación de que se puede conseguir un suministro de fluido especialmente suave y eficaz mediante un impulsor para una bomba centrífuga axial de un sistema de soporte cardíaco que está curvado de forma ondulada al menos en secciones, junto con un posicionamiento adecuado del impulsor en relación con los orificios de salida de una carcasa de bomba.

La forma del impulsor conduce a una mayor eficiencia con un menor daño a la sangre. En determinadas condiciones límite, como un espacio de instalación limitado, tiene sentido prescindir de un impulsor fijo, lo que suele conllevar la correspondiente reducción del rendimiento de la bomba. Dando forma al impulsor o a sus paletas y posicionándolo adecuadamente con respecto a la carcasa de bomba, ahora es posible compensar, al menos parcialmente, la reducción del rendimiento. Además, se pueden reducir los daños a la sangre ocasionados por la hemólisis.

El sistema de soporte cardíaco de acuerdo con la invención comprende las características técnicas definidas en la reivindicación 1. La bomba axial tiene las siguientes características:

- una carcasa de bomba para ser colocada en un vaso sanguíneo; y
- un rotor de bomba montado de forma giratoria o montable en la carcasa de bomba alrededor de un eje de rotación y que consta de un cubo y al menos un elemento de paleta enrollado helicoidalmente al menos en secciones alrededor del cubo para propulsar un medio de bombeado en la dirección del eje de rotación, en donde el elemento de paleta tiene al menos una sección de paleta con una curvatura de paleta ondulada.

Por bomba axial se puede entender una bomba centrífuga con un motor eléctrico integrado para la aspiración axial de un medio de bombeado. El medio de bombeado aspirado se puede descargar, por ejemplo, en dirección radial o diagonal a través de uno o varios orificios de salida laterales de la carcasa de bomba. Por dispositivo de soporte cardíaco se puede entender, en particular, un dispositivo de bombeo tubular o en forma de manguera que se puede colocar en la aorta o en un ventrículo a través de un catéter de forma mínimamente invasiva. Por ejemplo, el sistema de soporte cardíaco puede tener un diámetro exterior máximo de entre 10 y 15 mm. Por carcasa de bomba se puede entender una carcasa en forma de manguera o tubo. Por vaso sanguíneo se puede entender una arteria (principal) o un ventrículo. En consecuencia, se puede entender que el medio de bombeado es la sangre. Por rotor de una bomba se puede entender un impulsor de flujo axial de la bomba axial. El rotor de bomba puede tener, por ejemplo, dos o más elementos de paleta que pueden estar enrollados helicoidalmente alrededor del cubo al menos en

secciones y pueden tener al menos una sección helicoidal con una curvatura de paleta ondulada. Por curvatura ondulada de la paleta se puede entender una forma ondulada de una mediana del elemento de paleta, caracterizada por al menos un vientre ondulado y al menos una depresión ondulada.

El elemento de paleta está descrito o definido por una o varias líneas esqueléticas, cada una de ellas con al menos un punto de inflexión y/o un engrosamiento localmente constante o variable, en particular, en donde la pendiente de una tangente que representa una curvatura de la mediana aumenta inicialmente en la dirección de flujo y vuelve a disminuir a partir del punto de inflexión para generar la curvatura ondulada de la paleta. De este modo, la curvatura ondulada de la paleta se puede generar en la dirección de la mediana.

Por mediana de un elemento de paleta se entiende, en particular, la línea central de un perfil del elemento de paleta en una superficie lateral de un cilindro coaxial al eje de rotación del rotor de bomba, que une los centros de todos los círculos que encajan en el perfil, es decir, la curva que tiene la misma distancia (transversal) en todas partes con respecto al lado superior e inferior del perfil.

La superficie exterior de la carcasa de bomba tiene al menos un orificio de salida para la descarga lateral del medio de bombeado. En el estado instalado del rotor de bomba, la sección de paletas puede estar al menos parcialmente opuesta a el orificio de salida. Esto garantiza una descarga radial o diagonal eficiente y suave del medio de bombeado.

El punto de inflexión se encuentra aproximadamente en el área del orificio de salida, en particular en el área de un borde aguas arriba del orificio de salida durante el funcionamiento de la bomba axial, por ejemplo el inicio del orificio de salida. Esto puede aumentar aún más la eficiencia de la bomba axial.

A partir de un inicio del rotor de bomba, el elemento de paleta se enrolla helicoidalmente alrededor del cubo, en donde el paso tangencial aumenta a partir del inicio del rotor de bomba y disminuye de nuevo a partir del punto de giro. Esa modalidad aumenta la eficiencia de la bomba axial particularmente bien y reduce el daño a la sangre.

De acuerdo con otra modalidad, la curvatura ondulada de la paleta puede variar en la dirección de una extensión radial del elemento de paleta. Por extensión radial se puede entender una extensión en dirección radial a partir del eje de rotación. De este modo, la curvatura de la paleta se puede adaptar de forma óptima a diferentes condiciones de contorno en varias direcciones.

De acuerdo con otra modalidad, la curvatura de la paleta ondulada puede aumentar con el incremento de la distancia desde el eje de rotación. De este modo, se puede conseguir el mayor rendimiento posible de la bomba axial.

También es ventajoso que el cubo tenga un diámetro creciente en la dirección de flujo. Esto puede apoyar la descarga suave del medio de bombeado en dirección radial o diagonal al eje de rotación.

El enfoque presentado en la presente descripción también crea un método para fabricar una bomba axial para un sistema de soporte cardíaco, en donde el método comprende las siguientes etapas:

fabricar una carcasa de bomba para colocarla en un vaso sanguíneo; y
un rotor de bomba que comprenda un cubo y al menos un elemento de paleta al menos parcialmente enrollado helicoidalmente alrededor del cubo para transportar un fluido, en donde el elemento de paleta tiene al menos una sección de paletas con una curvatura de paletas ondulada; y
disponer el rotor de bomba en la carcasa de bomba, en donde el rotor de bomba está montado de forma giratoria alrededor de un eje de rotación para propulsar el medio de bombeado en la dirección del eje de rotación.

Este método se puede implementar, por ejemplo, en software o hardware o en una forma mixta de software y hardware, por ejemplo en una unidad de control.

El enfoque presentado en la presente descripción también crea un dispositivo que está diseñado para llevar a cabo, controlar o implementar las etapas de una variante de un método presentado en la presente descripción en los dispositivos correspondientes.

Para ello, el dispositivo puede incluir al menos una unidad de cálculo para el procesamiento de señales o datos, al menos una unidad de memoria para el almacenamiento de señales o datos, al menos una interfaz con un sensor o un actuador para la lectura de señales del sensor o para la salida de datos o señales de control al actuador, y/o al menos una interfaz de comunicación para la lectura o la salida de datos integrada en un protocolo de comunicación. La unidad de computación puede ser, por ejemplo, un procesador de señales, un microcontrolador o similar, en donde la unidad de memoria puede ser una memoria flash, una EPROM o una unidad de memoria magnética. La interfaz de comunicación puede estar configurada para leer o emitir datos de forma inalámbrica y/o por cable, en donde una interfaz de comunicación capaz de leer o emitir datos por cable puede, por ejemplo, leer eléctrica u ópticamente dichos datos desde o entregar dichos datos a una línea de transmisión de datos correspondiente.

Ventajosamente, existe también un producto de programa de ordenador o un programa de ordenador con código de programa que se puede almacenar en un soporte legible por máquina o en un medio de almacenamiento como una memoria de semiconductores, una memoria de disco duro o una memoria óptica y que se utiliza para realizar, implementar y/o controlar las etapas del método de acuerdo con una de las modalidades descritas anteriormente, en particular cuando el producto de programa o el programa se ejecuta en un ordenador o un dispositivo.

Las modalidades ventajosas de la invención se muestran esquemáticamente en los dibujos y se explican con más detalle en la siguiente descripción.

Se muestra:

En la Figura 1 un sistema de soporte cardíaco con una bomba axial de acuerdo con un ejemplo de modalidad;
En la Figura 2 la bomba axial del sistema de soporte cardíaco de la Figura 1 con elementos de paletas y con un cubo en una vista lateral;
En la Figura 3 una rectificación de un elemento de paleta de la bomba axial de las figuras 1 y 2;
En la Figura 4 una vista en perspectiva parcial de la bomba axial de las figuras 1 y 2 con un elemento de paleta que tiene una sección de paleta con una curvatura ondulada y, a modo de comparación, la geometría de un elemento de paleta convencional para una bomba axial que no tiene una sección curva ondulada;
En la Figura 5 una vista del elemento de paleta de la bomba de flujo axial mostrada en la Figura 1 y la Figura 2 con diferentes alturas de paleta con respecto a la superficie del cubo;
En la Figura 6 el trayecto del ángulo β de la paleta formado entre la dirección circunferencial y una mediana del elemento de paleta a lo largo de una coordenada meridional normalizada m/m_{Max} ;
En la Figura 7 un diagrama de flujo de un método de fabricación de una bomba de flujo axial de acuerdo con una modalidad; y
En la Figura 8 una representación esquemática de un dispositivo para realizar y/o controlar el método de la Figura 7.

En la siguiente descripción de las modalidades favorables de la presente invención, se utilizan los mismos números de referencia o similares para los elementos mostrados en las diversas figuras y que tienen un efecto similar, y se omite una descripción repetida de estos elementos.

La Figura 1 muestra una representación esquemática de un sistema de soporte cardíaco 100 que comprende una bomba axial 102 de acuerdo con una modalidad. El sistema de soporte cardíaco 100 tiene forma de tubo o de manguera. A modo de ejemplo, el sistema de soporte cardíaco 100 se realiza como un sistema de bomba centrífuga axial que puede introducirse de forma mínimamente invasiva a través de un catéter en un vaso sanguíneo como la aorta o un ventrículo. La bomba axial 102 tiene un eje de rotación 302 y comprende una carcasa de bomba 104, que se realiza como una sección tubular del sistema de soporte cardíaco 100, que rodea el eje de rotación 302 y tiene, a modo de ejemplo, tres orificios de salida laterales 106 opuestos entre sí para la descarga lateral de un medio de bombeado, en este caso sangre. De acuerdo con modalidades alternativas, la carcasa de bomba 104 tiene sólo uno, dos, tres o incluso más de tres orificios de salida 106 distribuidos en la dirección circunferencial. Un rotor de bomba 108, también llamado rodete, está montado de forma giratoria en la carcasa de bomba 104 y en el estado montado de la bomba axial 102 mostrada en la Figura 1 está parcialmente opuesto a los orificios de salida 106. El rotor de bomba 108 se utiliza para la aspiración axial y la expulsión radial o diagonal de la sangre a través de los orificios de salida 106.

Para asegurar el transporte más eficiente y suave de la sangre, el rotor de bomba 108 comprende al menos un elemento de paleta enrollado helicoidalmente 110. La mediana del elemento de paleta 110 tiene un punto de inflexión en el área de inicio aguas arriba de los orificios de salida 106.

La Figura 2 muestra una representación esquemática de la bomba axial 102 de la Figura 1 en vista lateral. Se puede ver el elemento de paleta 110, que está enrollado helicoidalmente alrededor de un cubo 200 de la bomba axial 102. El cubo 200 forma un núcleo interno del rotor de bomba 108. La dirección de flujo del medio de bombeado se indica esquemáticamente con tres flechas. El medio de bombeado es aspirado a través de un orificio de entrada en la carcasa de bomba 104 antes del rotor de bomba 108, que actúa como orificio de entrada.

De acuerdo con este ejemplo de modalidad, el elemento de paleta 110 se extiende desde un extremo aguas arriba del rotor de bomba 108 a lo largo de toda su longitud o, al menos, de una parte importante del cubo 200. En este caso, el cubo 200 tiene un diámetro que aumenta en la dirección de flujo, lo que resulta en una forma del cubo 200 que se vuelve más gruesa en la dirección de flujo. Esto facilita la descarga radial o diagonal del medio de bombeado.

El elemento de paleta 110 tiene una sección de paleta 202 con una curvatura de paleta ondulada definida por una curvatura múltiple de una mediana 204 del elemento de paleta 110. En este contexto, se debe entender por curvatura ondulada de la paleta un cambio de curvatura de la sección de paleta 202 asociado con al menos un cambio de signo.

Como se puede apreciar en la Figura 2, en el estado instalado del rotor de bomba 108, al menos una sección parcial de la sección de paletas 202 está situada opuesta a los orificios de salida 106.

De acuerdo con este ejemplo de modalidad, la sección de paletas 202 está situada, al menos parcialmente, en el área de un borde 206 del orificio de salida 106 orientada hacia el flujo. La sección de paleta 202 representa así una transición entre una curvatura convexa y una cóncava.

5 A modo de ejemplo, el rotor de bomba 108 de acuerdo con la Figura 2 comprende dos elementos de paleta 110 que están enrollados en la misma dirección alrededor del cubo 200 y cada uno tiene la sección de paleta 202. De acuerdo con un ejemplo de modalidad alternativo, el rotor de bomba 108 tiene más de dos de estos elementos de paleta 110.

10 La figura 3 muestra una representación esquemática de la rectificación de una mediana 204 de un elemento de paleta 110 de las figuras 1 y 2. A modo de ejemplo, se dibujan dos pares de ángulos de paleta α_1 , β_1 y α_2 , β_2 , cada uno de los cuales representa una pendiente de tangente de una tangente 300 que representa la curvatura de la mediana 204. Cada una de las tangentes 300 se dibuja en un sistema de coordenadas cilíndricas con un eje z paralelo a un eje de rotación 302 del rotor de bomba y un eje Φ perpendicular al eje z. El eje Φ representa una dirección circunferencial del rotor de bomba.

Como se puede ver en la Figura 3, la pendiente de tangente en la dirección de flujo, indicada por una flecha vertical, primero aumenta y luego disminuye de nuevo.... De acuerdo con este ejemplo de modalidad, la pendiente de tangente, partiendo de un borde delantero de la paleta 304 hasta un borde trasero de la paleta 306 del elemento de paleta 110, primero aumenta de forma continua y luego vuelve a disminuir cuando se alcanza el punto de giro 310 de la mediana 204. Un punto 308 marca una posición de salida del flujo a través de los orificios de salida de la carcasa de bomba, más precisamente un inicio de la salida del flujo en dirección axial. En la presente descripción, es posible que el punto de giro 310 y el punto 308 del inicio de la salida del flujo estén cercanos.

25 Como ya se ha descrito, el rotor de bomba, de acuerdo con un ejemplo de modalidad, tiene al menos dos elementos de paleta 110. El medio de bombeado es alimentado axialmente al rotor de bomba o aspirado por éste y expulsado radial y diagonalmente a través de uno o varios orificios de salida en la carcasa de bomba. Los elementos de paleta 110 están diseñados de tal manera que el ángulo α entre la tangente 300 formada con una superficie de la paleta o la mediana 204 y el eje de rotación 302 o el eje z cambia en la dirección axial. En la medida opuesta, cambia el ángulo β entre la dirección circunferencial o el eje Φ y la superficie de la paleta o la mediana 204. El ángulo β cambia de tal manera que, al menos en el área del mayor diámetro del rotor de bomba, es decir, en una sección en el área de las puntas de las paletas de los elementos de paleta 110, aumenta en la dirección de flujo desde el inicio del rotor de bomba, es decir, desde el borde delantero de las paletas 304. En particular, el ángulo β asume su mayor valor en el área del inicio de la salida de flujo 308 o cerca de esta, al menos en el área del mayor diámetro del rotor de bomba, es decir, en una sección en el área de las puntas de las paletas de los elementos de paleta 110.

La Figura 4 muestra una representación esquemática de la bomba axial 102 de las Figuras 1 y 2 en vista en perspectiva. Un área del rotor de bomba 108 encerrada por la carcasa de bomba 104, en la que la carcasa de bomba 104 no tiene abertura de salida, está marcada con un rectángulo 400. La curvatura ondulada de la paleta del elemento de paleta 110, que se extiende en un área encerrada por la carcasa de bomba 104 en la que ésta tiene un orificio de salida 106, es claramente visible. A modo de comparación, se muestra un elemento de paleta convencional 402 sin una curvatura de paleta ondulada adyacente al elemento de paleta 110.

La Figura 5 es una vista del elemento de paletas de la bomba axial mostrada en la Figura 1 y en la Figura 2 con diferentes alturas de paletas en relación con la superficie del cubo del rotor de bomba 108. Se dibujan cinco líneas horizontales que representan diferentes alturas de la paleta del elemento de paleta 110 en relación con una superficie del cubo 200. En la presente descripción, una primera línea 501 representa 0 %, una segunda línea 502 representa 25 %, una tercera línea 503 representa 50 %, una cuarta línea 504 representa 75 % y una quinta línea 505 representa 100 % de una altura máxima de la paleta.

La Figura 6 muestra un diagrama que ilustra una progresión del ángulo de la paleta β de la Figura 3 a lo largo de una coordenada meridional normalizada m/m_{Max} . El trayecto del ángulo de la paleta β se muestra mediante cinco curvas que dependen de la altura de la paleta del elemento de paleta, es decir, de una distancia radial de su mediana respecto al cubo, para diferentes secciones de paleta. De forma análoga a la Figura 5, una primera curva 601 corresponde a una sección del elemento de paleta a lo largo de la primera línea 501 a la altura del cubo al 0 % de la altura de la paleta, una segunda curva 602 corresponde a una sección del elemento de paleta a lo largo de la segunda línea 502 al 25 % de la altura de la paleta, una tercera curva 603 corresponde a una sección del elemento de paleta a lo largo de la tercera línea 503 al 50 % de la altura de la paleta, una cuarta curva 604 una sección del elemento de paleta a lo largo de la cuarta línea 504 al 75 % de la altura de la paleta y una quinta curva 605 una sección del elemento de paleta a lo largo de la quinta línea 505 al 100 % de la altura de la paleta, es decir, en las puntas de la paleta al máximo diámetro del rodete. El inicio de la salida del flujo en los orificios de salida de la carcasa de bomba está marcado con un área rayada 606.

Por un lado, se observa en el diagrama que el ángulo β de la paleta, y por tanto la curvatura de la mediana, tiene diferentes curvas en la dirección de flujo en función de la distancia radial al cubo. En segundo lugar, se observa que el ángulo de la paleta β aumenta inicialmente en la dirección de flujo en las secciones consideradas y luego vuelve a

disminuir a partir de un punto alto, que en la presente descripción representa un máximo respectivo de las curvas o del ángulo de la paleta β . La ubicación del punto alto a lo largo de la coordenada meridional varía en función de la distancia radial de la mediana desde el centro.

5 De acuerdo con la Figura 6, el punto de inversión para las alturas de las paletas del 25 al 100 % se encuentra en o justo antes o justo detrás del área rayada 606, cuya distancia desde el orificio de entrada de la carcasa de bomba 104, vista en la dirección del eje de rotación 302, se corresponde con la distancia del borde del orificio de salida 106 de la carcasa de bomba 104 orientada hacia el orificio de entrada de la carcasa de bomba 104. Así, con respecto a
10 un mismo origen de coordenadas situado en el eje de rotación 302, el lado del orificio de salida 106 opuesto al orificio de entrada de la carcasa de bomba 104 y el área del rotor de bomba 108 correspondiente al área rayada 606 tienen coordenadas axiales que se corresponden entre sí, es decir, que son iguales o que difieren sólo ligeramente entre sí.

15 Por otro lado, el punto de inversión para la altura de la paleta del 0 % está claramente situado delante del área sombreada 606, en la presente descripción en un rango de la coordenada meridional entre 10 y 20 %.

El rotor de bomba tiene el punto alto del ángulo β de las paletas en el área de inicio de la salida del flujo a través de los orificios de salida o también en la proximidad espacial de la salida del flujo, pero al menos en el área exterior en las puntas de las paletas. Por lo tanto, en esta área se produce un cambio en la curvatura de la mediana de cóncava a convexa. Al conformar el elemento de paleta de esta manera, se puede reducir el remolino en el flujo, lo que
20 permite un funcionamiento eficaz y, asociado a esto, un suministro de fluido suave con menos daños.

La Figura 7 muestra un diagrama de flujo de un método 700 para fabricar una bomba axial de acuerdo con un ejemplo de modalidad, como la bomba axial descrita anteriormente con referencia a las Figuras 1 a 6. En una etapa
25 710, se fabrica la carcasa de bomba y el rotor de bomba con el cubo y el elemento de paleta enrollado helicoidalmente alrededor del cubo. El elemento de paleta está formado, al menos en secciones, por una curvatura ondulada de la paleta. En otro paso 720, el rotor de bomba se dispone en la carcasa de bomba. El rotor de bomba se monta de manera giratoria alrededor de un eje de rotación para propulsar el medio de bombeado en la dirección del eje de rotación.

30 La Figura 8 muestra una representación esquemática de un dispositivo 800 para ejecutar y/o controlar el método 700 de la Figura 7. El dispositivo 800 comprende una primera unidad 810 para formar la carcasa de bomba y el rotor de bomba y una segunda unidad 820 para disponer el rotor de bomba en la carcasa de bomba.

35 Cuando un ejemplo de modalidad comprende un enlace "y/o" entre una primera característica y una segunda característica, esto debe entenderse como que el ejemplo de modalidad comprende tanto la primera característica como la segunda característica de acuerdo con una modalidad y sólo la primera característica o sólo la segunda característica de acuerdo con otra modalidad.

40 En resumen, cabe destacar las siguientes características en particular: Una bomba de flujo axial 102 para un sistema de soporte cardíaco comprende una carcasa de bomba 104 para ser dispuesta en un vaso sanguíneo, y un rotor de bomba 108 que está montado o se puede montar en la carcasa de bomba 104 para sede manera que pueda girar alrededor de un eje de rotación y comprende un cubo 200 y al menos un elemento de paleta 110 que está enrollado helicoidalmente alrededor del cubo 200, al menos en secciones, para propulsar un medio de bombeado en
45 la dirección del eje de rotación 302. Para aumentar el rendimiento de la bomba, el elemento de paleta 110 tiene al menos una sección de paleta 202 con una curvatura de paleta ondulada.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de soporte cardíaco para ser insertado a través de un catéter en un vaso sanguíneo,
 5 con una bomba axial (102), que comprende una carcasa de bomba tubular (104) con una superficie
 circunferencial y que tiene un rotor de bomba (108) que se extiende en la carcasa de bomba (104) y que
 puede girar alrededor de un eje de rotación (302), con un cubo (200) y con un elemento de paleta (110)
 enrollado al menos en secciones de forma helicoidal alrededor del cubo (200) para aspirar axialmente la
 10 sangre en la carcasa de bomba (104) en una dirección orientada hacia el cubo (200), en donde la carcasa
 de bomba (104) tiene un orificio de entrada por el que pasa el eje de rotación (302) y al menos un orificio
 de salida periférica (106) para la descarga lateral de la sangre aspirada en la carcasa de bomba,
 caracterizado porque
 el al menos un elemento de paleta (110) tiene un perfil con mediana (204), cuya curvatura aumenta al
 rectificarse en un plano en la dirección del eje de rotación (302) que viene del orificio de entrada en cada
 15 caso hasta un punto de giro (310) en el que un ángulo de paleta (β) del elemento de paleta es máximo, y
 su curvatura disminuye después del punto de inflexión (310), en el que en el área del rotor de bomba
 (108) situada radialmente hacia fuera con respecto al eje de rotación (302), en la que SHMAX se aplica
 para una altura de paleta SH del al menos un elemento de paleta (110) con respecto a su altura de paleta
 máxima: $25 \% \leq SH / SHMAX \leq 100 \%$ los puntos de giro (310) de las medianas (204) se encuentran en el
 20 área de un borde (206) del orificio de salida (106) orientado hacia el orificio de entrada.
2. Sistema de soporte cardíaco de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el elemento de paleta
 (110) comprende al menos una sección de paletas (202) que tiene una curvatura de paletas ondulada.
3. Sistema de soporte cardíaco de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque dicha sección de paleta
 25 (202) con dicha curvatura de paleta ondulada está formada en una porción de dicho rotor de bomba (108)
 situada al menos parcialmente en una sección de carcasa de dicha carcasa de bomba (104) abierta por dicho
 al menos un orificio de salida (106).
4. Sistema de soporte cardíaco de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, caracterizado porque la curvatura de
 30 paleta ondulada varía en la dirección de una extensión radial de la sección de paleta (202).
5. Sistema de soporte cardíaco de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado porque la
 curvatura de paleta ondulada aumenta al aumentar la distancia desde el eje de rotación (302).
6. Sistema de soporte cardíaco de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizado porque el
 35 elemento de paleta (110) en la al menos una sección de paleta (202) con la curvatura de la paleta ondulada
 tiene un grosor que varía en la dirección del eje de rotación (302).
7. Sistema de soporte cardíaco de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el
 40 cubo (200) está orientado hacia un extremo distal del sistema de soporte cardíaco.
8. Sistema de soporte cardíaco de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque el cubo
 (200) tiene un diámetro creciente que viene del orificio de entrada en la dirección del eje de rotación (102).

Figura 1

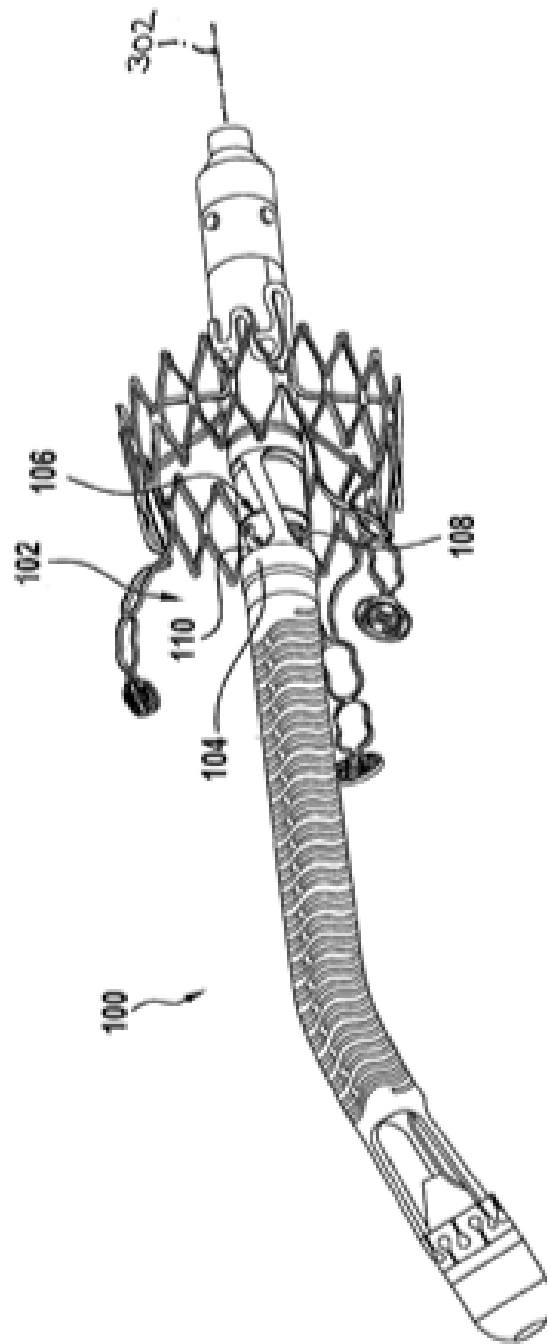


Figura 2

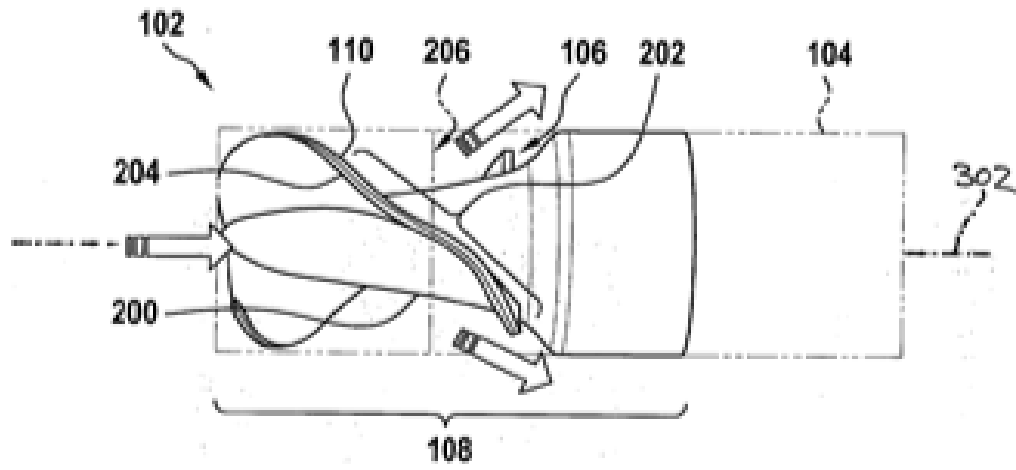


Figura 3

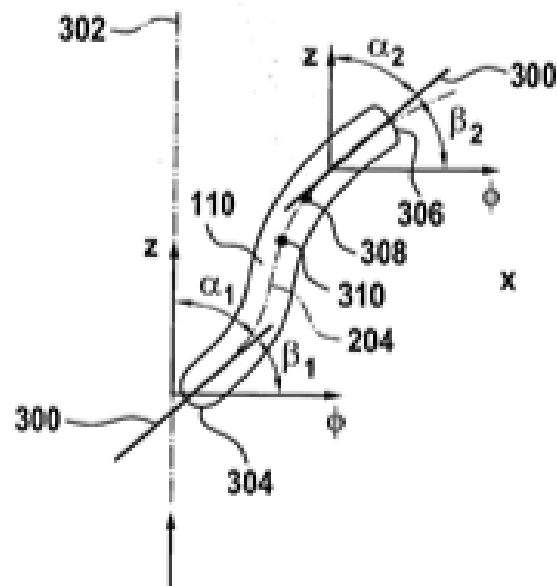


Figura 4

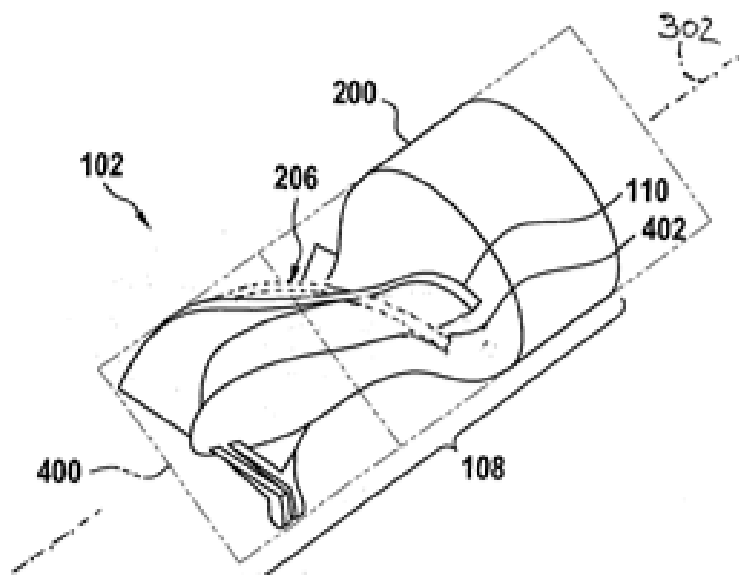


Figura 5

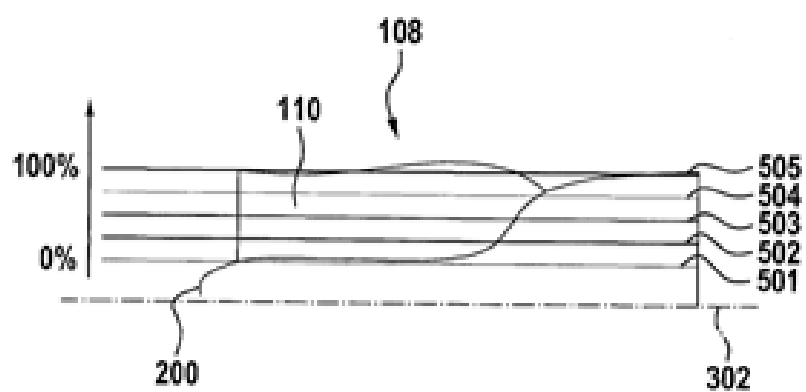


Figura 6

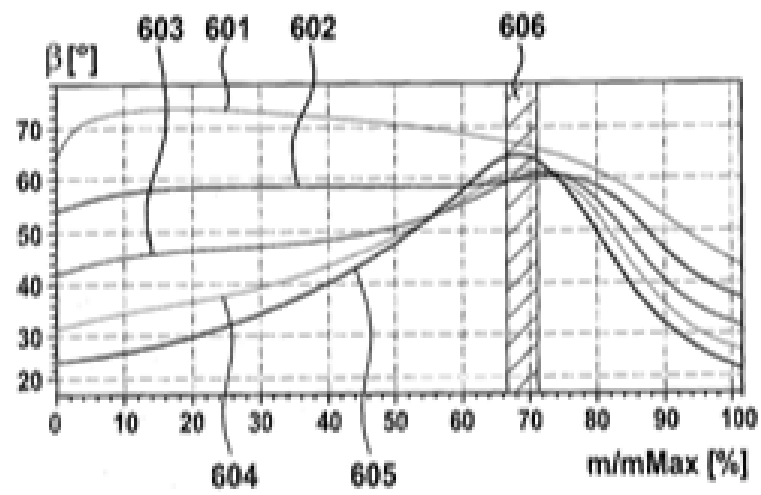


Figura 7

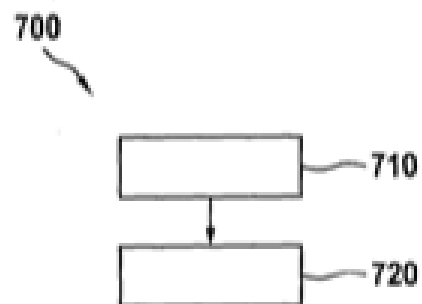


Figura 8

