

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 930 089**

51 Int. Cl.:

A61M 60/135 (2011.01)

A61M 60/857 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.07.2019** **PCT/EP2019/069571**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.01.2020** **WO20016438**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.07.2019** **E 19742588 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2022** **EP 3823688**

54 Título: **Tubería de alimentación para una unidad de bombeo de un sistema de soporte cardíaco, sistema de soporte cardíaco y método para fabricar una tubería de alimentación para una unidad de bombeo de un sistema de soporte cardíaco**

30 Prioridad:

20.07.2018 DE 102018212153

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

07.12.2022

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

STOTZ, INGO;
EIBERGER, FABIAN y
WASSERMANN, PETER

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 930 089 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

Tubería de alimentación para una unidad de bombeo de un sistema de soporte cardíaco, sistema de soporte cardíaco y método para fabricar una tubería de alimentación para una unidad de bombeo de un sistema de soporte cardíaco

La invención se refiere a una tubería de alimentación para una unidad de bombeo de un sistema de soporte cardíaco, a un sistema de soporte cardíaco y a un método para fabricar una tubería de alimentación para una unidad de bombeo de un sistema de soporte cardíaco de acuerdo con las reivindicaciones independientes.

Una bomba cardíaca puede comprender una unidad de bombeo y una manguera de entrada para suministrar un flujo sanguíneo a la unidad de bombeo. Además, la bomba cardíaca puede comprender una estructura para prevenir o reducir el daño a la sangre (hemólisis) en el área de la unidad de bombeo. La patente de los Estados Unidos núm. US 2017/087288 A1 describe una unidad de bombeo que tiene una ampliación en forma de trompeta en una longitud de la unidad de bombeo para reducir la hemólisis y/o minimizar la pérdida de presión.

Otro estado de la técnica relevante se divulga, por ejemplo, en las patentes de los Estados Unidos núms. US6007478 A y US2017/087288 A1.

En base a lo anterior, la invención tiene el objetivo de mejorar aún más los sistemas y procesos conocidos en la técnica anterior, garantizando al mismo tiempo la mayor eficiencia posible de la bomba con un diseño compacto.

En este contexto, el enfoque presentado en la presente descripción introduce una tubería de alimentación para una unidad de bombeo de un sistema de soporte cardíaco, un sistema de soporte cardíaco y un método para fabricar una tubería de alimentación para una unidad de bombeo de un sistema de soporte cardíaco de acuerdo con las reivindicaciones principales. Otros desarrollos y mejoras ventajosas del dispositivo indicado en la reivindicación independiente son posibles mediante las medidas enumeradas en las reivindicaciones dependientes.

Este enfoque presenta un conformado de una tubería de alimentación para una unidad de bombeo de un sistema de soporte cardíaco, que ajusta un comportamiento de circulación de un caudal de fluido introducido en la tubería de alimentación a través de un contorno de superficie interior en una sección próxima a la entrada de la tubería de alimentación. Mediante un redondeo, por ejemplo, un moldeo seccionalmente cóncavo y adicional o alternativamente convexo del contorno de la superficie interior, se puede reducir ventajosamente o evitarse por completo una separación de la circulación del caudal de fluido. Al reducirse o evitarse la separación de circulación, también disminuye la pérdida de presión al conducir el caudal de fluido en la tubería de alimentación, lo que es ventajoso con respecto al consumo de energía de una unidad de bombeo y, por lo tanto, a la eficiencia de la bomba del sistema de soporte cardíaco. La reducción o evitación de la separación de la circulación por medio del contorno de la superficie interior permite ventajosamente un diseño compacto de la tubería de alimentación, lo que es particularmente ventajoso en el caso de un sistema de soporte cardíaco para la implantación mínimamente invasiva, por ejemplo, para la implantación transaórtica o transfemoral.

Se presenta una tubería de alimentación para una unidad de bombeo de un sistema de soporte cardíaco. La tubería de alimentación está diseñada de manera que dirija un caudal de fluido hacia la unidad de bombeo del sistema de soporte cardíaco. La tubería de alimentación tiene al menos una sección del cabezal de admisión y una sección de contorno. La sección del cabezal de admisión tiene al menos un orificio de entrada para introducir el caudal de fluido en la tubería de alimentación. La sección de contorno tiene un contorno de superficie interior. La sección de contorno está dispuesta junto a la sección del cabezal de admisión. Un diámetro interior de la sección de contorno en una primera posición es mayor que el diámetro interior en una segunda posición. El contorno de la superficie interior tiene un redondeo para reducir el diámetro interior en la segunda posición.

Por ejemplo, el sistema de soporte cardíaco puede ser una bomba cardíaca como un sistema de soporte del ventrículo izquierdo, un sistema de soporte del ventrículo derecho o un sistema de soporte de ambos ventrículos. Por ejemplo, el sistema de soporte cardíaco se puede diseñar para ser implantado por mínimo acceso. La tubería de alimentación se puede diseñar en forma de canal de circulación para conducir un caudal de fluido. La tubería de alimentación también puede tener forma de manguera. En el estado implantado del dispositivo de soporte cardíaco, la tubería de alimentación se puede configurar de manera que dirija un flujo sanguíneo desde un ventrículo hacia la unidad de bombeo del dispositivo de soporte cardíaco como un caudal de fluido. La unidad de bombeo puede ser, por ejemplo, una bomba microaxial. Se puede entender por sección del cabezal de admisión una sección de la tubería de alimentación dispuesta entre una unidad de cabezal del sistema de soporte cardíaco, por ejemplo, un conjunto de sensores, y otra sección de la tubería de alimentación dispuesta junto a la unidad de la bomba. Por ejemplo, el orificio de entrada se puede recortar a partir de la tubería de alimentación. El orificio de entrada puede tener forma de orificio de ventana con varias partes, por ejemplo, mediante tres ventanas cortadas en el conducto de entrada y redondeadas en la dirección de la unidad de bombeo. Por sección de contorno se puede entender una sección de la tubería de alimentación dispuesta entre la sección del cabezal de admisión y la sección parcial adicional de la tubería de alimentación. El contorno de la superficie interior puede ser, por ejemplo, una estructura cortada o aplicada, o un conformado predefinido del material, como un grosor de pared seccionalmente diferente, o

un elemento de inserción con una forma o estructura específica. La primera posición puede estar aguas arriba de la segunda con respecto a una dirección de circulación del caudal de fluido. El redondeo del contorno de la superficie interior puede ser una protuberancia convexa. Además, el contorno de la superficie interior en la primera posición puede tener un redondeo adicional, por ejemplo, en forma de hendidura cóncava.

De acuerdo con la invención, el diámetro interior de la sección de contorno en una tercera posición es mayor que el diámetro interior en la segunda posición. La segunda posición está situada entre la tercera y la primera posición. Por tanto, la tercera posición puede estar aguas abajo de la segunda posición con respecto a una dirección de circulación del caudal de fluido. En consecuencia, el contorno de la superficie interior puede tener, por ejemplo, un redondeo en forma de otra hendidura cóncava en la tercera posición. Ventajosamente, esto puede cambiar el comportamiento de la circulación del caudal de fluido, lo que reduce la separación de la circulación del caudal de fluido. Esto es ventajoso para reducir la caída de presión o la fricción del caudal de fluido, lo que puede aumentar la eficiencia de la bomba del sistema de soporte cardíaco.

De acuerdo con una modalidad, la primera posición puede estar situada en la sección de contorno entre la sección del cabezal de admisión y la segunda posición. Por ejemplo, la primera posición y la segunda posición pueden ser secciones a lo largo de un eje longitudinal de la sección de contorno. Ventajosamente, esta disposición permite modificar el diámetro interior de la sección de contorno a lo largo del eje longitudinal de la sección de contorno para ajustar el comportamiento de la circulación y, por tanto, la separación de la circulación del caudal de fluido mediante la optimización de la forma.

Adicional o alternativamente, de acuerdo con una modalidad, la primera posición y la segunda posición pueden estar dispuestas a lo largo de la circunferencia de la sección de contorno. Por lo tanto, un corte transversal de la sección de contorno también puede tener al menos un redondeo, por lo que ventajosamente también se puede ajustar el comportamiento de la circulación del caudal de fluido.

De acuerdo con una modalidad, una longitud de la sección de contorno puede corresponder hasta el doble del diámetro interior de la sección de contorno. En particular, la longitud de la sección de contorno puede corresponder a un radio de la tubería de alimentación dentro de un rango de tolerancia. La tubería de alimentación puede tener un radio constante. Por ejemplo, se puede entender por rango de tolerancia una desviación de un máximo del veinte por ciento del radio de la tubería de alimentación. Esto permite un ajuste localmente limitado del comportamiento de la circulación. Ventajosamente, la pérdida de presión aguas abajo de la tubería de alimentación, es decir, en una sección de la tubería de alimentación entre la sección de contorno y la unidad de bombeo, es también menor como resultado, ya que la supresión del desprendimiento aguas abajo resulta en una menor turbulencia del caudal de fluido.

De acuerdo con la invención, un radio interior de la sección de contorno en la segunda posición es como máximo una quinta parte menor que el radio interior en la primera posición. Ventajosamente, se puede ajustar el comportamiento de la circulación y, al mismo tiempo, el caudal de fluido a transportar se puede guiar a través de la sección de contorno sin aumentar el espacio total.

Además, el contorno de la superficie interior puede tener forma simétrica a la rotación. Esto es ventajoso, por ejemplo, en el caso de un flujo de entrada rotacionalmente simétrico en la tubería de alimentación para minimizar la separación de la circulación y así reducir la pérdida de presión.

De acuerdo con una modalidad, el grosor de la pared de la sección de contorno en la primera posición puede ser menor que el grosor de la pared en la segunda posición. Alternativa o adicionalmente, el contorno de la superficie interior puede tener forma de elemento de inserción de la sección de contorno. Ambas modalidades permiten ventajosamente una realización sencilla y económica de la sección de contorno.

Además, de acuerdo con una modalidad, al menos un borde de entrada del orificio de entrada de la sección del cabezal de admisión puede ser redondeado. Ventajosamente, esto reduce la pérdida de presión en el orificio de entrada.

Además, de acuerdo con una modalidad, la sección de contorno puede tener un diámetro exterior constante. Ventajosamente, esto permite un diseño compacto, que es particularmente ventajoso cuando se utiliza la tubería de alimentación en conexión con un sistema de soporte cardíaco para ser implantado por mínimo acceso.

También se presenta un sistema de soporte cardíaco con una modalidad de la tubería de alimentación mencionada.

Además, se presenta un método para fabricar una tubería de alimentación para un sistema de soporte cardíaco. La tubería de alimentación está diseñada para dirigir un caudal de fluido hacia una unidad de bombeo del sistema de soporte cardíaco. El método comprende una etapa de conformado. En la etapa de conformado, se forma una sección del cabezal de admisión que tiene al menos un orificio de entrada para introducir el caudal de fluido en la tubería de alimentación. Además, en la etapa de conformado, se forma una sección de contorno que tiene un contorno de superficie interior, en donde la sección de contorno está dispuesta adyacente a la sección del cabezal

de admisión, en donde un diámetro interior de la sección de contorno en una primera posición es mayor que el diámetro interior en una segunda posición, y en donde el contorno de superficie interior tiene un redondeo para reducir el diámetro interior en la segunda posición.

- 5 Por ejemplo, la tubería de alimentación se puede cortar a partir de un tubo, o la tubería de alimentación puede tener forma de manguera y tener un elemento de inserción para formar la sección de contorno y el contorno de la superficie interior. Llevando a cabo el método, se puede producir ventajosamente una modalidad del dispositivo de cojinete liso antes mencionado.
- 10 En los dibujos se muestran ejemplos de modalidades del enfoque presentado en la presente descripción y se explican a continuación con más detalle. Se muestra:
- En la Figura 1, una representación esquemática de un sistema de soporte cardíaco con una tubería de alimentación;
- 15 En la Figura 2, una representación esquemática de una parte de una sección de contorno de una tubería de alimentación de acuerdo con una modalidad;
- En la Figura 3, una representación esquemática de una parte de una tubería de alimentación de acuerdo con una modalidad;
- 20 En la Figura 4, una representación esquemática de una parte de una tubería de alimentación de acuerdo con una modalidad;
- En la Figura 5, una visualización del efecto del redondeo realizado en comparación con una manguera de diámetro interior constante;
- 25 En la Figura 6, una visualización del efecto del redondeo realizado en comparación con una manguera de diámetro interior constante;
- 30 En la Figura 7, una representación esquemática de una parte de una sección de contorno de una tubería de alimentación de acuerdo con una modalidad;
- En la Figura 8, una representación esquemática de una parte del contorno de una superficie interior de una sección de contorno de una tubería de alimentación de acuerdo con una modalidad; y
- 35 En la Figura 9, un diagrama de flujo de un método de fabricación de una tubería de alimentación para un sistema de soporte cardíaco de acuerdo con una modalidad.
- 40 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 tubería de alimentación 105 de acuerdo con una modalidad. Se muestra una vista en perspectiva del sistema de soporte cardíaco 100, ejemplificado como un dispositivo de soporte del ventrículo izquierdo (LVAD) para una posición de la válvula aórtica. El diseño axial alargado del sistema de soporte cardíaco 100 mostrado en la presente descripción con un diámetro exterior sustancialmente constante permite la implantación transfemoral o transaórtica del sistema de soporte cardíaco 100 para su fácil colocación mediante un catéter en un vaso sanguíneo, como la aorta.
- 45 A modo de ejemplo, la tubería de alimentación 105 tiene una pendiente o curvatura del eje longitudinal correspondiente a la forma para la posición de la válvula aórtica y, por tanto, tiene una forma ligeramente curvada. Además de la tubería de alimentación 105, el sistema de soporte cardíaco comprende una unidad de bombeo 110.
- 50 También se muestra a modo de ejemplo una unidad de cabezal 115 y una sección de carcasa 120 y un marco de anclaje 125. La tubería de alimentación 105 está dispuesta entre la unidad de cabezal 115 y la unidad de bombeo 110. La unidad de bombeo 110 está conectada en un extremo alejado de la tubería de alimentación 105 a la sección de la carcasa 120 a la que está fijado el marco de anclaje 125.
- 55 De acuerdo con una modalidad, la tubería de alimentación 105 está diseñada para dirigir un caudal de fluido hacia la unidad de bombeo 110 del sistema de soporte cardíaco 100. La tubería de alimentación comprende una sección del cabezal de admisión 130 y una sección de contorno 135. La sección del cabezal de admisión 130 comprende al menos un orificio de entrada 140 para introducir el caudal de fluido en la tubería de alimentación 105. La sección de contorno 135 tiene un contorno de superficie interior. La sección de contorno 135 está dispuesta junto a la sección del cabezal de admisión 130. Visto en la dirección del flujo, el diámetro interior de la sección de contorno 135 en una primera posición es mayor que el diámetro interior en una segunda posición. El contorno de la superficie interior
- 60
- 65

tiene un redondeo para reducir el diámetro interior en la segunda posición. A continuación, se describen ejemplos de modalidades de la sección de contorno 135 tomando como referencia las figuras 2 a 9.

- En el ejemplo de modalidad mostrado en la presente descripción, la sección del cabezal de alimentación 130 y la sección de contorno 135 están marcadas como ejemplos. En particular, la sección de contorno 135 comprende opcionalmente una sección más pequeña o más grande de la tubería de alimentación 105 que la mostrada en la presente descripción. En el estado implantado del dispositivo de soporte ventricular 100, la sección del cabezal de admisión 130 y la sección de contorno 135 están dispuestas en el ventrículo izquierdo. Otra sección de la tubería de alimentación 105 se pasa a través de la válvula aórtica, y una sección del sistema de soporte cardíaco 100 con el conjunto de bomba 110 se dispone en una sección de la aorta. Una salida de la bomba 145 en el área de la unidad de bombeo 110 dirige el caudal de fluido suministrado a través de la tubería de alimentación 105 hacia la aorta. La marca 150 ejemplifica una ubicación de una válvula cardíaca, por ejemplo, la válvula aórtica, a través de la cual se pasa la tubería de alimentación 105 para posicionar el sistema de soporte cardíaco 100.
- Al menos un borde delantero del orificio de entrada 140 de la sección del cabezal de admisión 130 está redondeado de acuerdo con el ejemplo de modalidad mostrado en la presente descripción. El orificio de entrada 140 está configurado a modo de ejemplo en la presente descripción como una entrada en forma de ventana cortada en la sección del cabezal de admisión 103.
- De acuerdo con el ejemplo de modalidad mostrado en la presente descripción, una longitud de la sección de contorno 135 corresponde a un radio de la tubería de alimentación 105 dentro de un rango de tolerancia. El rango de tolerancia se debe entender como una desviación de como máximo el veinte por ciento del radio de la tubería de alimentación.
- Un sistema de soporte cardíaco limitado en términos de espacio de instalación, como el sistema de soporte cardíaco 100 que se muestra en la presente descripción a modo de ejemplo, que puede implantarse de forma mínimamente invasiva, tiene un consumo de energía comparativamente bajo con una determinada eficiencia de la bomba. La eficacia está limitada por la fricción en la bomba de la unidad de bombeo 110. La caída de presión o la fricción en la tubería de alimentación 105 al dirigir el caudal de fluido desde el orificio de entrada 140 de la sección del cabezal de admisión 130 en el ventrículo hacia la unidad de bombeo 110 es ajustable mediante el conformado de la tubería de alimentación 105. Para ello, los bordes de entrada del orificio de entrada 140 están redondeados para reducir la pérdida de presión. Esta es la única manera de evitar la separación de la circulación. Por medio de un contorno de superficie de entrada interior en forma de la sección de contorno 135, que está conformado de acuerdo con el enfoque presentado en la presente descripción, se suprime la separación de la circulación y, por lo tanto, se reduce la pérdida de presión. A continuación, se explican ejemplos de un contorno de superficie interior de entrada con la forma adecuada.
- La Figura 2 muestra una representación esquemática de una parte de una sección de contorno 135 de una tubería de alimentación de acuerdo con una modalidad. Se muestran relaciones dimensionales ilustrativas de la sección de contorno 135 y del contorno de la superficie interior 205. Se muestra una sección axial de una mitad de la sección de contorno 135. El diámetro interior 210 de la sección de contorno 135 en una primera posición 215 es mayor que el diámetro interior 210 en una segunda posición 220. El contorno de la superficie interior 205 tiene un redondeo 225 en forma de contorno de pared interior axialmente arqueado para reducir el diámetro interior 210 en la segunda posición 220. De acuerdo con el ejemplo de modalidad mostrado en la presente descripción, la primera posición 215 marca una ubicación de la sección de contorno 135 a lo largo de un eje longitudinal de la sección de contorno 135, y la segunda posición 215 marca otra ubicación de la sección de contorno 135 a lo largo del eje longitudinal. En el ejemplo de modalidad mostrado en la presente descripción, el eje longitudinal corresponde a un eje de rotación 230 de la sección de contorno 135.
- De acuerdo con el ejemplo de modalidad mostrado en la presente descripción, la primera posición 215 está dispuesta en la sección de contorno 135 entre la sección del cabezal de admisión y la segunda posición 220. Con respecto a una dirección de circulación del caudal de fluido introducido a través de la sección del cabezal de admisión, que es guiado en dirección a la unidad de bombeo a través de la tubería de alimentación y, por tanto, a través de la sección de contorno 135, la primera posición 215 está dispuesta aguas arriba de la segunda posición 220. Además, de acuerdo con el ejemplo de modalidad mostrado en la presente descripción, el diámetro interior de la sección de contorno 135 en una tercera posición 235 es mayor que el diámetro interior en la segunda posición 220.
- De acuerdo con la invención, un radio interior de la sección de contorno 135 en la segunda posición 220 es como máximo una quinta parte más pequeño que el radio interior en la primera posición 215. En la presente Figura 2, esto se muestra con la marca 240 que marca una quinta parte del radio interior. En consecuencia, el redondeo 225 del contorno de la superficie interior 205 es, como máximo, una protuberancia convexa en el rango de hasta un quinto del radio interior, que se ilustra además con la marca 240.
- De acuerdo con una modalidad, el contorno de la superficie interior 205 es rotacionalmente simétrico. Una parte de la sección de contorno 135 opuesta a la parte del contorno de la superficie interior 205 mostrada en la presente

descripción con respecto al eje de rotación 230 tiene, en consecuencia, un contorno de superficie interior rotacionalmente simétrico 205.

Mediante las formas de la sección de contorno 135 y del contorno de la superficie interior 205 mostradas en la presente descripción, es posible reducir o suprimir la separación de la circulación de fluido en la tubería de alimentación, que de otro modo se formaría aguas abajo de los bordes de entrada. En este caso, un diámetro exterior 245 de la sección de contorno 135 permanece constante, y se omite ventajosamente un aumento del espacio de instalación de la tubería de alimentación. Mediante una modalidad de la sección de contorno 135 mostrada en la presente descripción con el contorno de la superficie interior 205, se reduce la pérdida de presión del caudal de fluido a transportar. De este modo, los flujos de entrada y, por lo tanto, el comportamiento de la circulación del caudal de fluido sólo es dirigido localmente por la sección de contorno 135. La sección de contorno 135 tiene opcionalmente una longitud que, en este ejemplo de modalidad, corresponde como máximo al doble del diámetro interior de la tubería de alimentación. La pérdida de presión del caudal de fluido es menor debido a la conformación de la sección de contorno 135 más aguas abajo que en una tubería de alimentación con un diámetro interior constante sin contorno de superficie interior, ya que se produce una menor turbulencia aguas abajo debido a una supresión o reducción de la separación. El contorno de la superficie interior 205 está conformado de tal manera que la separación de la circulación se suprime en gran medida en una longitud de hasta cuatro veces el radio de la tubería de alimentación. El diámetro exterior local 245 de la tubería de alimentación está limitado por un grosor de pared prescrito. Junto al orificio de entrada de la sección del cabezal de admisión, el borde de entrada está redondeado de forma convexa para reducir la separación de la circulación. Una optimización de la forma del contorno de la superficie interior 205 como la que se muestra en la presente descripción es opcionalmente simétrica a la rotación o alternativamente independiente del ángulo de rotación, como se muestra con referencia a la Figura 8. De acuerdo con el ejemplo de modalidad que se muestra en la presente descripción, un perfil de contorno del contorno de la superficie interior 205 tiene dos optimizaciones de forma cóncava y una convexa con un grosor de pared constante, independientemente del redondeo del borde delantero descrito, como se muestra en la presente descripción con referencia a la primera posición 215, la segunda posición 220, la tercera posición 235 y el redondeo 225. Opcionalmente, el contorno de la pared interior está conformado para este fin de tal manera que localmente se consigue un radio de pared interior de hasta cuatro quintos en relación con el radio de la pared interior con un grosor de pared constante de la sección de contorno 135.

La Figura 3 muestra una representación esquemática de una parte de una tubería de alimentación 105 de acuerdo con una modalidad. Se muestra una visualización de una separación de la circulación 305 en un borde de entrada en el área de entrada 310 basada en una velocidad de circulación de un caudal de fluido transportado a través de la tubería de alimentación 105. El área de entrada 310 mostrada en la presente descripción corresponde a una sección de un tramo de la tubería de alimentación adyacente a el orificio de entrada. La escala 315 muestra la velocidad de circulación del caudal de fluido. La separación de la circulación 305 también se muestra mediante la línea indicada por la marca 320 donde la velocidad del flujo es cero. En consecuencia, la sección en el área de entrada 310 mostrada por la marca 320 también se puede denominar "línea de velocidad cero". La separación de la circulación 305 del caudal de fluido que se muestra en la presente descripción se puede reducir mediante una modalidad del contorno de la superficie interior y de la sección de contorno como la que se describe con referencia a las figuras anteriores y siguientes.

La Figura 4 muestra una representación esquemática de una parte de una tubería de alimentación 105 de acuerdo con una modalidad. Se muestra un corte transversal de la tubería de alimentación 105 similar o correspondiente a la tubería de alimentación descrita con referencia a las figuras anteriores. La Figura 4 muestra una optimización de la forma en el área de entrada de la tubería de alimentación 105. La sección de la tubería de alimentación 105 mostrada en la presente descripción muestra el área de entrada 405 de la sección de contorno adyacente al orificio de entrada de la sección del cabezal de admisión. En consecuencia, una región 410 adyacente al borde de entrada está redondeada. Además, se muestra el contorno de la superficie interior 205. El redondeo en el área 410 y el conformado del contorno de la superficie interior 205 también se puede denominar ajuste topológico local en el área de entrada en términos de reducción de la separación de la circulación.

La Figura 5 muestra una representación esquemática de una parte de una tubería de alimentación 105 de acuerdo con una modalidad. Se muestran dos situaciones del comportamiento de la circulación del caudal de fluido basadas en la separación de la circulación en la tubería de alimentación 105 detectable por la velocidad del flujo. La escala 315 muestra la velocidad de circulación del caudal de fluido. La tubería de alimentación 105 mostrado anteriormente ejemplifica la velocidad del caudal de fluido en una tubería de alimentación 105 con una separación de la circulación en el área de entrada, que se puede reconocer por las "líneas de velocidad cero", como se describe con referencia a la Figura 3. La situación de la tubería de alimentación 105 que se muestra a continuación ejemplifica la velocidad de circulación del caudal de fluido en la que se impide la separación de la circulación en el área de entrada, como se muestra en la marca 505. La situación mostrada a continuación es similar o corresponde a la conformación de la sección de contorno y del contorno de la superficie interior de la tubería de alimentación 105 descrito con referencia a la Figura 2.

La Figura 6 muestra una representación esquemática de una parte de una tubería de alimentación 105 de acuerdo con una modalidad. Se muestran dos situaciones del comportamiento de la circulación del caudal de fluido utilizando

la viscosidad aparente del flujo turbulento, la "viscosidad de remolino", visualizada por la escala 605. Sobre la base de la visualización de la viscosidad del flujo turbulento, también se muestra la fricción del caudal de fluido en el área de entrada de la tubería de alimentación 105. La tubería de alimentación 105 mostrada anteriormente ejemplifica la "viscosidad de remolino" del caudal de fluido en una tubería de entrada 105 con una separación de la circulación en el área de entrada. La situación de la tubería de alimentación 105 que se muestra a continuación ejemplifica la reducción de la fricción también en el área aguas abajo del área de entrada de la tubería de alimentación 105. La situación mostrada a continuación es similar o corresponde a la conformación de la sección de contorno y del contorno de la superficie interior de la tubería de alimentación 105 descrito con referencia a la Figura 2.

La Figura 7 muestra una representación esquemática de una parte de una sección de contorno 135 de una tubería de alimentación de acuerdo con una modalidad. Se muestra un corte transversal de la sección de contorno 135. La sección de contorno 135 mostrada en la presente descripción es similar o corresponde a la sección de contorno descrita con referencia a la Figura 2. La Figura 7 también muestra un ejemplo en el que el redondeo no es rotacionalmente simétrico.

La Figura 8 muestra una representación esquemática de una parte del contorno de la superficie interior 205 de una sección de contorno de una tubería de alimentación de acuerdo con una modalidad. De acuerdo con el ejemplo de modalidad mostrado en la presente descripción, el contorno de la superficie interior 205 está formado como un elemento de inserción de la sección de contorno. A modo de ejemplo, el contorno de la superficie interior 205 está diseñado en la presente descripción como un elemento de inserción de dos partes con dos partes de contorno de la superficie interior 805, 810 no rotacionalmente simétricas, que forman de conjunto el contorno de la superficie interior 205 de la sección de contorno. El elemento de inserción de dos partes puede servir como ejemplo del caso de un orificio de entrada 140 con dos ventanas abiertas y una ventana cerrada. En la modalidad mostrada en la presente descripción, se muestran diferentes vistas del contorno de la superficie interior 205 como elemento de inserción: La vista superior muestra un corte transversal de la parte del contorno de la superficie interior 805. En el centro, las dos partes del contorno de la superficie interior 805 y 810 se muestran en una vista lateral, y en la vista inferior, se muestra un corte transversal de la parte del contorno de la superficie interior 810. Las partes del contorno de la superficie interior 805 y 810 mostradas en la presente descripción individualmente o unidas forman el contorno de la superficie interior 205 de la sección de contorno de la tubería de alimentación. En consecuencia, se pueden describir como una optimización no rotacionalmente simétrica de la tubería de alimentación para reducir la separación de la circulación.

La Figura 9 muestra un diagrama de flujo de un método 900 para fabricar un conducto de suministro para una unidad de bombeo de un sistema de soporte cardíaco de acuerdo con una modalidad. La tubería de alimentación está diseñada de manera que dirija un caudal de fluido hacia la unidad de bombeo del sistema de soporte cardíaco. El método 900 comprende una etapa de conformado 901. En la etapa 905 del conformado, se forma una sección del cabezal de admisión que tiene al menos un orificio de entrada para introducir el caudal de fluido en la tubería de alimentación. Además, se forma una sección de contorno que tiene un contorno de superficie interior, en donde la sección de contorno está dispuesta adyacente a la sección del cabezal de admisión. Un diámetro interior de la sección de contorno en una primera posición es mayor que el diámetro interior en una segunda posición. El contorno de la superficie interior tiene un redondeo para reducir el diámetro interior en la segunda posición.

En la etapa 901 del conformado, la sección del cabezal de admisión y la sección de contorno se cortan a partir de un conducto. Adicional o alternativamente, el contorno de la superficie interior de la sección de contorno se forma como un elemento de inserción de la tubería de alimentación.

REIVINDICACIONES

1. Tubería de alimentación (105) para una unidad de bombeo (110) de un sistema de soporte cardíaco (100), en donde la tubería de alimentación (105) está diseñada para dirigir un caudal de fluido hacia la unidad de bombeo (110) del sistema de soporte cardíaco (100), en donde la tubería de alimentación (105) comprende:
 - una sección del cabezal de admisión (130) que tiene al menos un orificio de entrada (140) para introducir el caudal de fluido en la tubería de alimentación (105); y
 - una sección de contorno (135) que tiene un contorno de superficie interior (205), en donde la sección de contorno (135) se dispone adyacente a la sección del cabezal de admisión (130), en donde un diámetro interior (210) de la sección de contorno (135) en una primera posición (215) es mayor que el diámetro interior (210) en una segunda posición (220), en donde el diámetro interior (210) de la sección de contorno es máximo en la primera posición (215) y mínimo en la segunda posición (220) y el contorno de la superficie interior (205) tiene un redondeo (225) para reducir el diámetro interior (210) en la segunda posición (220), caracterizado porque un radio interior de la sección de contorno (135) en la segunda posición (220) es como máximo un quinto menor que el radio interior en la primera posición (215), en donde el diámetro interior (210) de la sección de contorno (135) en una tercera posición (235) es mayor que el diámetro interior (210) en la segunda posición (220), en donde la segunda posición (220) está situada entre la tercera posición (235) y la primera posición (215).
2. Tubería de alimentación (105) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la primera posición (215) está situada en la sección de contorno (135) entre la sección del cabezal de alimentación (130) y la segunda posición (220).
3. Tubería de alimentación (105) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde una longitud de la sección de contorno (135) corresponde hasta el doble del diámetro interior (210) de la sección de contorno (135), en particular en donde la longitud de la sección de contorno (135) corresponde a un radio de la tubería de alimentación (105) dentro de un rango de tolerancia.
4. Tubería de alimentación (105) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el contorno de la superficie interior (205) está formado de manera rotacionalmente simétrica.
5. Tubería de alimentación (105) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde un grosor de pared de la sección de contorno (135) en la primera posición (215) es menor que el grosor de pared en la segunda posición (220) y/o en donde el contorno de la superficie interior (205) está formado como un elemento de inserción (805, 810) de la sección de contorno (135).
6. Tubería de alimentación (105) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos un borde de entrada del orificio de entrada (140) de la sección del cabezal de admisión (130) está redondeado.
7. Tubería de alimentación (105) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde la sección de contorno (135) tiene un diámetro exterior constante (245).
8. Sistema de soporte cardíaco (100) que comprende una tubería de alimentación (105) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 1 a 7.
9. Método (900) de fabricación de una tubería de alimentación (105) para una unidad de bombeo (110) de un sistema de soporte cardíaco (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde la tubería de alimentación (105) está diseñada para dirigir un caudal de fluido hacia la unidad de bombeo (110) del sistema de soporte cardíaco (100), en donde el método (900) comprende la siguiente etapa:
 - conformar (901) una sección del cabezal de admisión (130) que tiene al menos un orificio de entrada (140) para dirigir el caudal de fluido hacia la tubería de alimentación (105); y conformar una sección de contorno (135) que tiene un contorno de superficie interior (205), en donde la sección de contorno (135) se dispone adyacente a la sección del cabezal de admisión (130), en donde un diámetro interior (210) de la sección de contorno (135) en una primera posición (215) es mayor que el diámetro interior (210) en una segunda posición (220), y en donde el contorno de la superficie interior (205) tiene un redondeo (225) para reducir el diámetro interior (210) en la segunda posición (220), caracterizado porque un radio interior de la sección de contorno (135) en la segunda posición (220) es como máximo un quinto más pequeño que el radio interior en la primera posición (215), en donde el diámetro interior (210) de la sección de contorno (135) en una tercera posición (235) es mayor que el diámetro interior (210) en la segunda posición (220) y la segunda posición (220) está situada entre la tercera posición (235) y la primera posición (215).

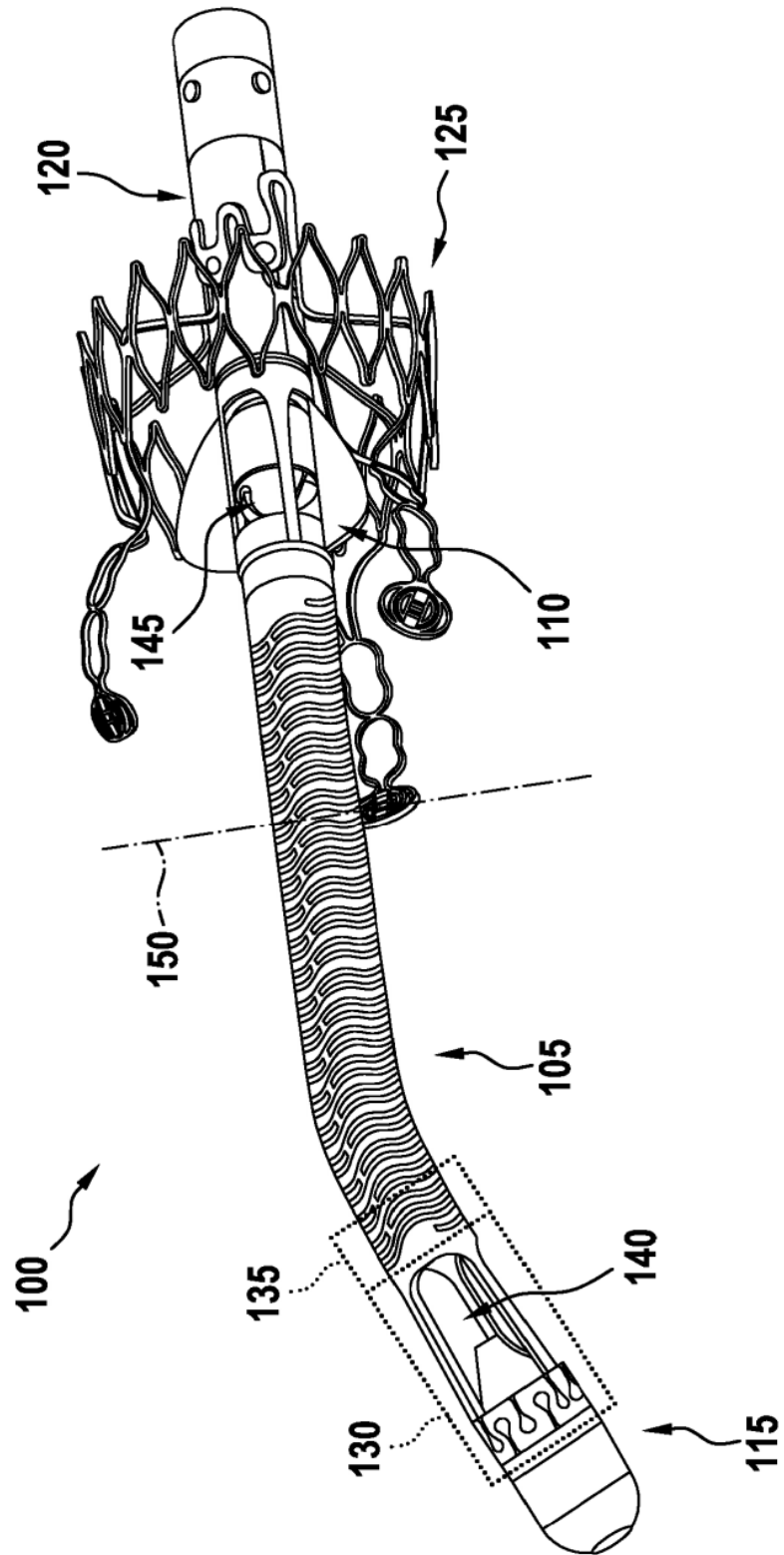


Figura 1

Figura 2

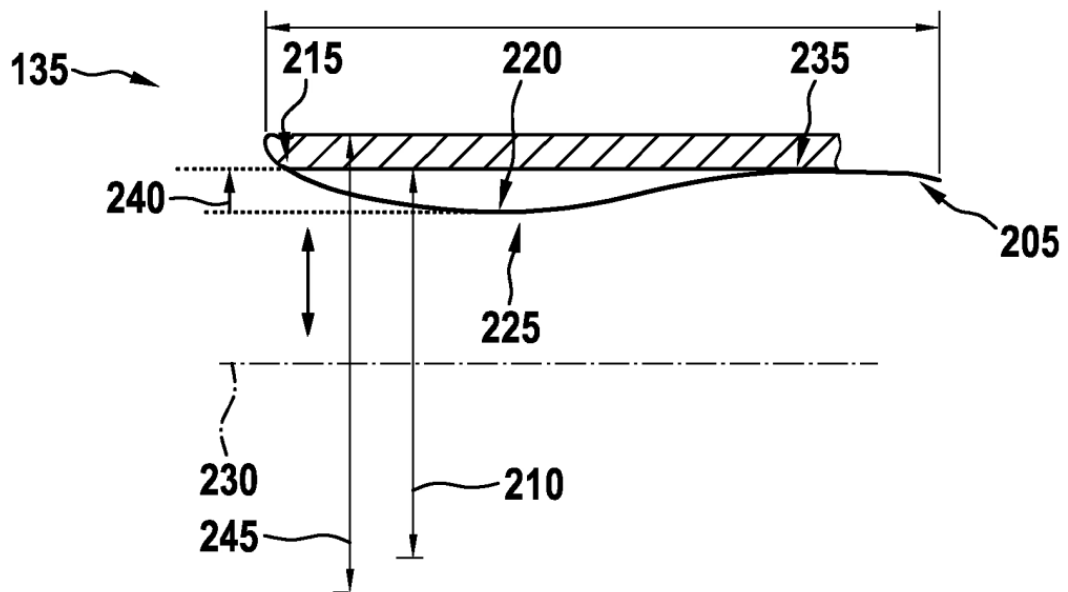


Figura 3

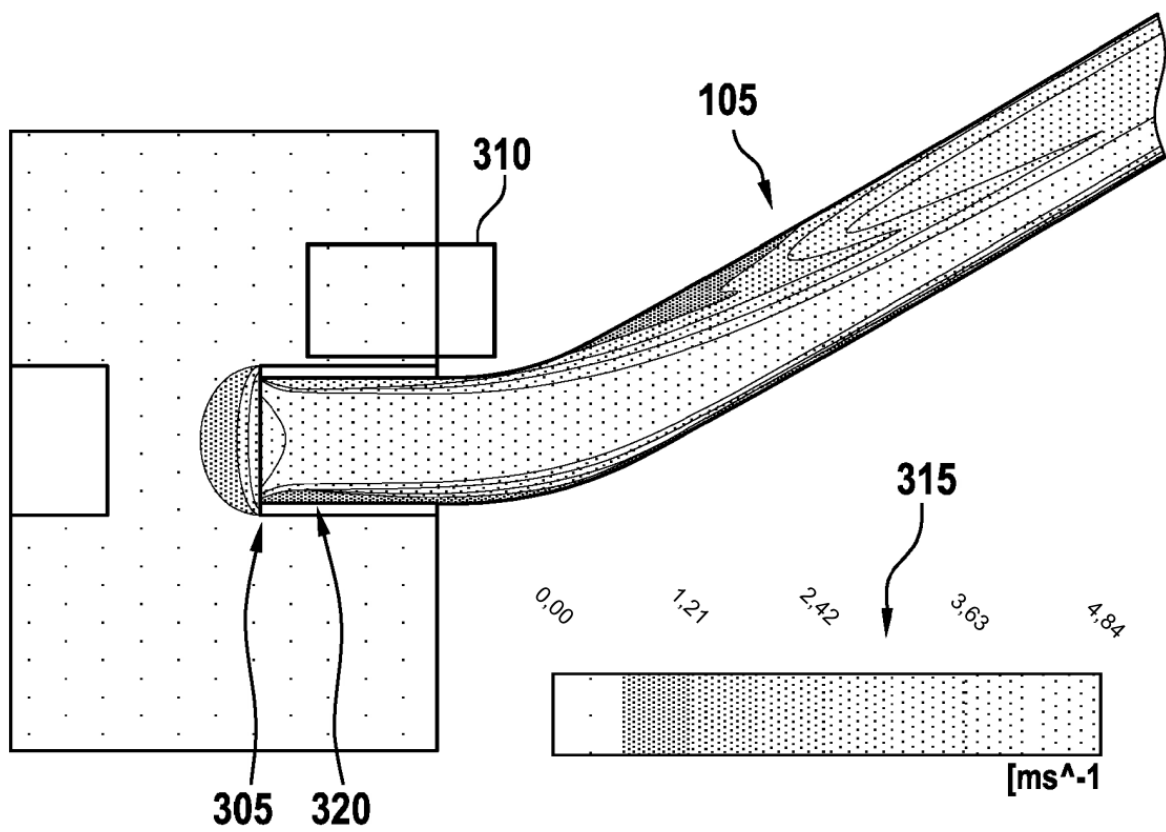


Figura 4

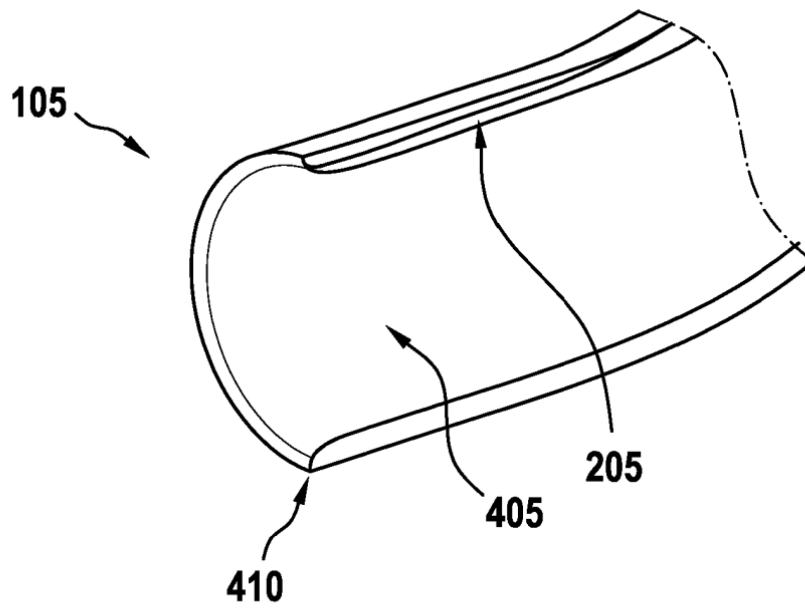


Figura 5

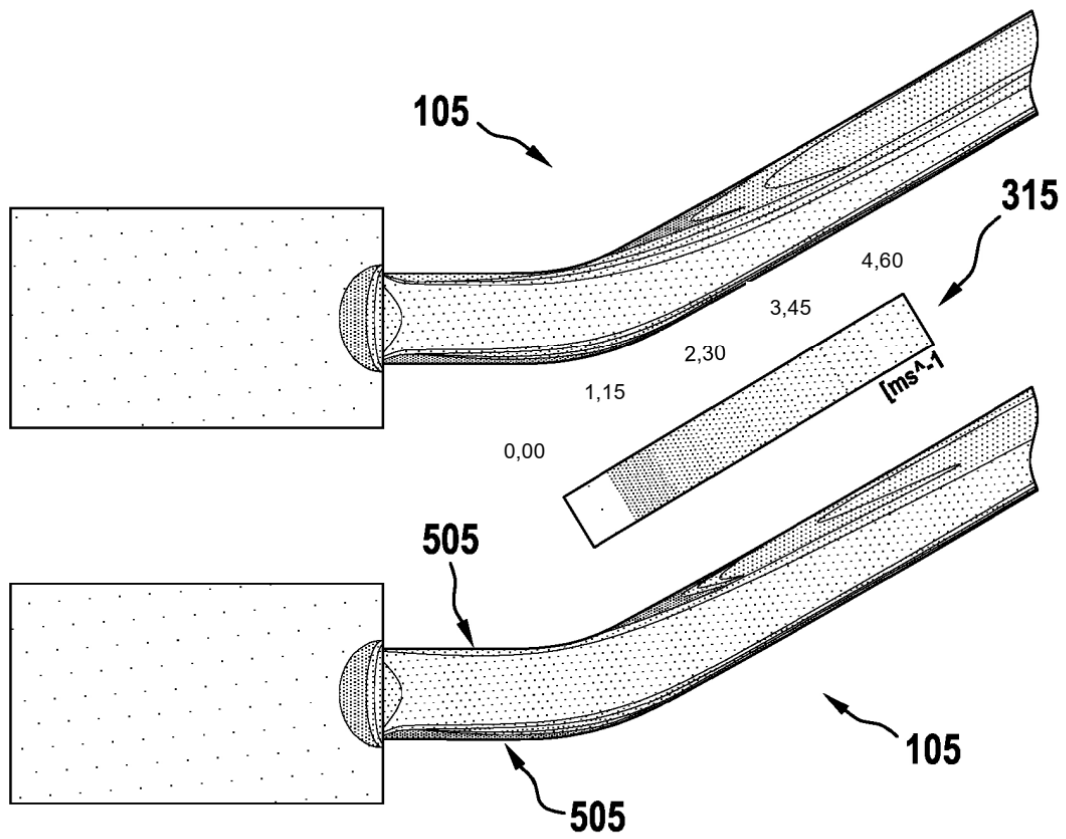


Figura 6

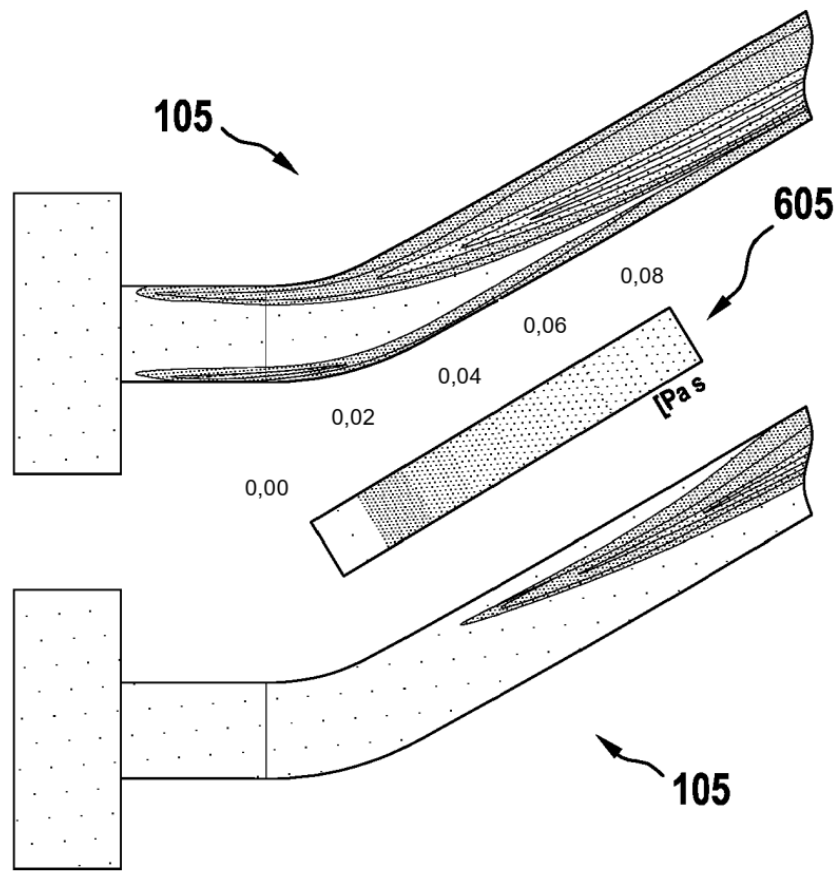


Figura 7

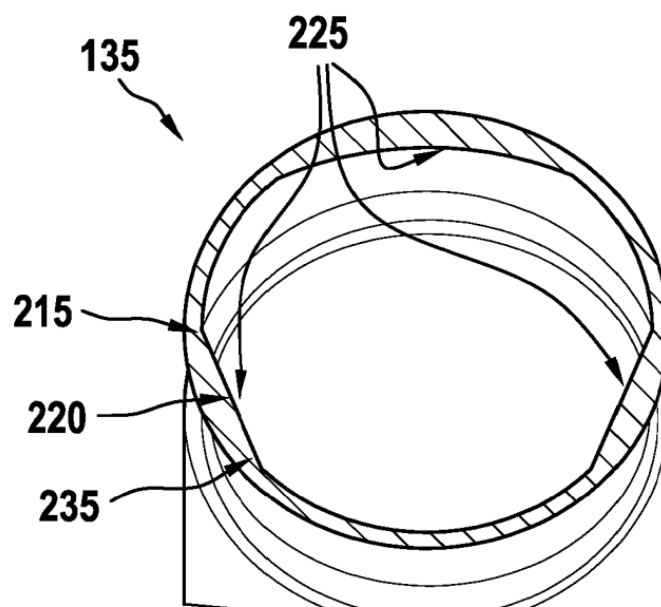


Figura 8

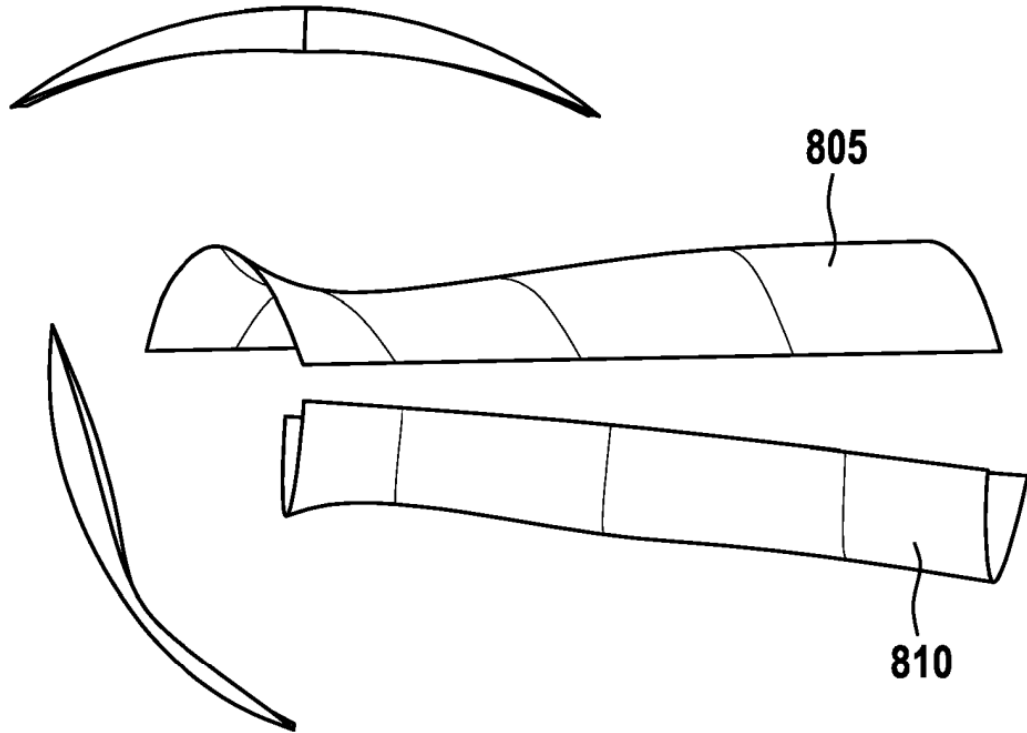


Figura 9

