

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 954 565**

51 Int. Cl.:

F16C 17/02 (2006.01)

F16C 41/00 (2006.01)

F16C 43/02 (2006.01)

F16C 27/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.03.2019** **PCT/EP2019/057313**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.10.2020** **WO20192874**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2019** **E 19716084 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023** **EP 3931454**

54 Título: **Rodamiento radial de lámina flexible**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.11.2023

73 Titular/es:

BLADON JETS HOLDINGS LIMITED (100.0%)
Westminster House, Parliament Square
Castletown IM9 1LA, IM

72 Inventor/es:

PYE, STEPHEN;
NIMMA, VASUDEVA y
HEWARD, PHILLIP

74 Agente/Representante:

DÍAZ DE BUSTAMANTE TERMINEL, Isidro

ES 2 954 565 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

Rodamiento radial de lámina flexible

5 **Campo técnico**

El objeto revelado en este documento se refiere en general a rodamientos radiales de láminas flexibles.

10 **Antecedentes**

Las microturbinas pueden ser utilizadas en recursos de energía distribuida y pueden emplear un compresor, un combustor, una turbina y un generador eléctrico para convertir el combustible en una fuente local de energía eléctrica. Su pequeña huella, altas velocidades de rotación y altas temperaturas de funcionamiento hacen que los rodamientos tradicionales, como los rodamientos hidrostáticos a base de aceite, sean poco prácticos.

Los rodamientos radiales de lámina de fluido flexible utilizan: un casquillo; una lámina de resorte flexible que se ajusta a la superficie interior del casquillo; y una lámina superior de fluido que se ajusta a la superficie interior de la lámina de resorte flexible, la superficie interior de la lámina superior de fluido para recibir un rotor.

Antes de la puesta en marcha, las fuerzas gravitacionales que actúan sobre el rotor comprimen la lámina de fluido y la lámina de resorte entre el rotor y la superficie interior del casquillo. Después de la aceleración, la creación de una capa delgada de fluido entre la lámina de fluido no giratoria y el rotor en rotación hace que el rotor, por así decirlo, se levante de la lámina de fluido, dando lugar a un rodamiento hidrodinámico de baja fricción y, además, la transferencia de fluido facilita la transferencia de calor.

Los rodamientos radiales de lámina de fluido flexible pueden ser utilizados en microturbinas para combatir las dificultades asociadas con otras formas tradicionales de rodamientos radiales debido a las altas velocidades de rotación y temperaturas de funcionamiento.

Los diseños existentes de rodamientos de lámina de fluido, como se muestra, por ejemplo, en US 2014/219 590 A1, que describe el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 12, generalmente emplean una lámina de resorte corrugada y un mecanismo de fijación entre la lámina de resorte y el casquillo, lo que resulta en una complejidad excesiva en la fabricación. Además, la eficacia a bajas revoluciones por minuto de esos diseños existentes es lo suficientemente deficiente como para que se produzca un desgaste excesivo del rodamiento durante el arranque e incluso durante el funcionamiento normal posterior al arranque. El rendimiento de estos diseños existentes depende en gran medida de las especificaciones de fabricación asociadas con la lámina de resorte. Finalmente, el margen de optimización de las características de fricción de estos diseños existentes es limitado.

Por lo tanto, es deseable proporcionar un rodamiento de lámina de fluido que resuelva una o más de las deficiencias descritas anteriormente en los diseños existentes.

Resumen

Un primer objetivo de la presente descripción es proporcionar un rodamiento radial de lámina flexible.

Un segundo objetivo de la presente descripción es proporcionar un método de fabricación de una lámina de resorte para un rodamiento radial de lámina flexible.

La presente descripción proporciona un rodamiento radial de lámina flexible que comprende: un casquillo que comprende un orificio definido a través del mismo; una lámina de resorte dispuesta para conformarse a una superficie interior radial del orificio; una lámina de fluido dispuesta para conformarse a una superficie interior radial de la lámina de resorte para recibir de manera giratoria un rotor; en donde la lámina de resorte comprende: una pluralidad de tiras orientadas axialmente; y una pluralidad de porciones de retención dispuestas para extenderse axial y radialmente al exterior de la superficie interior radial del orificio, en donde las tiras orientadas axialmente adyacentes de la pluralidad están interconectadas por una respectiva porción de retención de la pluralidad, en donde cada una de las porciones de retención de la pluralidad se proporciona en forma de un bucle.

En una modalidad, las tiras están curvadas en dirección circunferencial.

En una modalidad, la pluralidad de tiras y la lámina de fluido están dispuestas de tal manera que cada tira entra en contacto con la superficie interior radial del casquillo en una primera y segunda regiones de contacto axial del casquillo y entra en contacto con la lámina de fluido en una región de contacto axial de la lámina de fluido situada entre las primeras y segundas regiones de contacto axial del casquillo.

En una modalidad, la separación circunferencial entre las tiras es no uniforme.

En una modalidad, la relación entre el ancho circunferencial de cada tira y el diámetro del orificio está entre 2 y 12.

En una modalidad, el casquillo comprende un asiento para recibir la pluralidad de porciones de retención de la lámina de resorte, y el asiento está dispuesto axialmente dentro de una superficie de extremo axial del casquillo y comprende una pluralidad de superficies de tope para evitar el desplazamiento circunferencial de la lámina de resorte.

En una modalidad, la lámina de resorte comprende primer y segundo conjuntos de porciones de retención en los extremos axiales opuestos de la misma.

En una modalidad, el rodamiento radial de lámina flexible comprende además una pluralidad de miembros de retención dispuestos para ajustarse dentro de una pluralidad de ranuras correspondientes en el casquillo, en donde la lámina de resorte comprende una pluralidad de ganchos de retención orientados axialmente dispuestos para envolver alrededor de la pluralidad de miembros de retención cuando se insertan en la pluralidad de ranuras correspondientes en el casquillo.

En una modalidad, el rodamiento radial de lámina flexible adicionalmente comprende primeros y segundos segmentos de lámina de resorte.

La presente descripción también proporciona un método de fabricación de una lámina de resorte para un rodamiento radial de lámina flexible, la lámina de resorte comprende una pluralidad de tiras orientadas axialmente y una pluralidad de porciones de retención, el método comprende: formar la lámina de resorte a partir de una pieza bruta de chapa metálica que tiene cortes entre cada una de las pluralidades de tiras orientadas axialmente, en donde los cortes son cortes en forma de I que comprenden porciones para la orientación axial con porciones de barra transversal perpendicular para la orientación circunferencial en cada extremo del mismo, en donde las porciones de barra transversal están dispuestas en cada extremo axial del casquillo, y en donde la lámina de resorte tiene una pluralidad de porciones de retención en uno o ambos extremos de cada corte en forma de I.

Breve descripción de las figuras

Las disposiciones reveladas se describen a continuación a modo de ejemplo y con referencia a las figuras adjuntas, en los cuales:

La Figura 1 representa un ejemplo de un rodamiento radial de lámina flexible en una vista en perspectiva desmontada;

La Figura 2 representa el ejemplo de un rodamiento radial de lámina flexible de la Figura 1 desde una dirección paralela al eje del casquillo;

La Figura 3 representa la interacción entre las porciones de retención y el casquillo en el ejemplo de rodamiento radial de lámina de fluido de la Figura 1;

La Figura 4A representa un ejemplo de una plantilla para formar una lámina de resorte;

La Figura 4B representa un ejemplo de una lámina de resorte plana lista para ser insertada dentro de un casquillo;

La Figura 4C representa un ejemplo de una lámina de resorte curvada lista para ser insertada dentro de un casquillo;

La Figura 5 representa un ejemplo de un método para formar una lámina de resorte y un método para formar un rodamiento radial de lámina flexible;

Las Figuras 6A y 6B representan un primer ejemplo de un casquillo y una lámina de resorte para su uso con el mismo; y

Las Figuras 7A, 7B y 7C representan un segundo ejemplo de un casquillo y láminas de resorte alternativas para su uso con el mismo.

Descripción detallada

La Figura 1 representa un ejemplo de un rodamiento radial de lámina flexible 100 que comprende un casquillo 110 con un orificio definido a través del mismo, una lámina de resorte 120, 130 dispuesta para conformarse a una superficie interior radial del orificio, una lámina de fluido 140, 150 dispuesta para conformarse a una superficie interior radial de la lámina de resorte para recibir de manera giratoria un rotor, en donde la lámina de resorte 120, 130 comprende una o más porciones de retención 160 dispuestas para extenderse axial y radialmente al exterior de la superficie interior del orificio.

En el ejemplo de la Figura 1, la lámina de resorte comprende segmentos de lámina de resorte primero 120 y segundo 130. Asimismo, la lámina de fluido comprende segmentos de lámina de fluido primero 140 y segundo 150. Este arreglo es adecuado para un rodamiento radial de dos lóbulos, sin embargo, la descripción aquí también es aplicable a un rodamiento de un lóbulo, tres lóbulos u otro número de lóbulos en el cual la lámina de resorte y la lámina de fluido comprenden uno, tres u otro número de segmentos.

Con referencia a la lámina de resorte 120, 130 representada en la Figura 1, se observará que las porciones de retención 160 de la lámina de resorte se extenderán axial y radialmente al exterior del orificio del casquillo 110 al ser insertadas en el orificio del casquillo 110.

La superficie interior del orificio puede definir un eje del orificio, un radio de la superficie interior del orificio y extremos axiales de la superficie interior del orificio dispuestos en sentido opuesto. Las una o más porciones de retención 160 pueden extenderse radialmente al exterior del radio de la superficie interior del orificio y axialmente al exterior de los extremos axiales de la superficie interior del orificio, por ejemplo, cualquier porción de retención puede extenderse a un radio mayor que el radio de la superficie interior del orificio y puede extenderse a un eje que está fuera de la región axial abarcada por los extremos axiales de la superficie interior del orificio. Las porciones de retención 160 pueden comprender porciones de retención dispuestas axialmente en sentido opuesto que se extienden radial y axialmente al exterior de la superficie interior del orificio.

La lámina de resorte ofrece un soporte elástico para la lámina de fluido, tanto antes como durante la fase de arranque de funcionamiento del rodamiento y también durante su funcionamiento normal. Así, la fuerza que actúa en dirección radial hacia afuera desde el rotor puede transferirse a través de la lámina de resorte a la superficie interior del casquillo.

La lámina de fluido proporciona una superficie para recibir de manera giratoria un rotor y, en uso, se forma una capa delgada de fluido en movimiento rápido entre la superficie de la lámina de fluido y el rotor, creando un entorno de baja fricción en el cual el rotor puede girar. Que las porciones de retención se extiendan fuera de la superficie interior radial de la región del orificio, incluyendo superficies críticas de interacción, ayuda a reducir la dependencia del rendimiento en detalles específicos de fabricación relacionados con la lámina de resorte. La naturaleza hidrodinámica de la capa de fluido evita la acumulación excesiva de calor. Además, reubicar las porciones de retención fuera de la región crítica de superficie de interacción facilita un mayor control sobre las características de rigidez dentro de la región crítica al reducir la interdependencia entre las características de rigidez dentro de la región crítica y el mecanismo de retención. Estas propiedades del rodamiento radial de lámina de fluido hacen que sea especialmente adecuado para su uso en aplicaciones de alta temperatura y alta rotación, como en el caso de las microturbinas.

En el ejemplo proporcionado en la Figura 1, los miembros de retención 170 y 180 se ajustan dentro de las ranuras correspondientes 175 proporcionadas en el casquillo 110 para sujetar los segmentos de lámina de fluido después del ensamblaje.

Las porciones de retención 160 de la lámina de resorte están dispuestas de manera que se extiendan axial y radialmente al exterior de la superficie interior del orificio del casquillo 110. En el ejemplo proporcionado en la Figura 1, cada segmento de lámina de resorte 120 y 130 comprende una pluralidad de porciones de retención dispuestas en los extremos axialmente opuestos de los mismos.

Por lo tanto, la lámina de resorte puede estar provista de una o más porciones de retención dispuestas para ser colocadas en cada extremo axial del casquillo. Al proporcionar una lámina de resorte con una o más porciones de retención en los extremos axialmente opuestos de la misma, la lámina de resorte se puede insertar en el casquillo 110 y las porciones de retención opuestas axialmente sobresalen axial y radialmente al exterior de la superficie interior radial del casquillo 110, facilitando un ajuste seguro entre ellos y reduciendo el potencial de desplazamiento axial de la lámina de resorte.

El casquillo 110 puede estar provisto de un asiento 165 para recibir una o más de las porciones de retención de la lámina de resorte. El casquillo puede estar provisto de uno o más asientos para recibir una o más porciones de retención de la lámina de resorte. El casquillo puede estar provisto de uno o más asientos en cada extremo axial del mismo.

La Figura 2 muestra una vista frontal de un rodamiento radial de lámina flexible. Como se muestra en este ejemplo, las longitudes orientadas axialmente de los segmentos de lámina de fluido 140 y 150 se envuelven alrededor de los miembros de retención de lámina de fluido 170 y 180, que sujetan los segmentos de lámina de fluido 140 y 150 dentro de las ranuras 175 proporcionadas dentro del casquillo 110.

En el ejemplo de la Figura 2, se proporcionan primeros asientos 165a y segundos asientos 165b para recibir las porciones de retención 160 asociadas con los primeros segmentos de lámina de fluido 140 y segundos segmentos de lámina de fluido 150.

Como se muestra en la Figura 2, las porciones de retención se extienden axial y radialmente al exterior de la superficie interior del orificio del casquillo 110.

Al posicionar las porciones de retención de la lámina de resorte axial y radialmente al exterior de la superficie interior del orificio del casquillo 110, se facilita una fabricación mucho más simplificada del casquillo 110, ya que las porciones de retención no necesitan ser soportadas por características estructurales de la superficie interior del casquillo 110.

Además, la ubicación de las porciones de retención fuera de la superficie interior crítica del orificio del casquillo 110 reduce el impacto de la retención entre la lámina de resorte y el casquillo en el rendimiento del rodamiento, lo que resulta en una menor sensibilidad en cuanto al rendimiento del rodamiento en función de las especificaciones de fabricación.

Si bien las figuras muestran la disposición de un asiento para recibir las porciones de retención de la lámina de resorte, el mecanismo de retención descrito en la presente solicitud también se aplicaría en el caso de un casquillo provisto sin un asiento. En este caso, las porciones de retención se ubicarían en los extremos exteriores axiales del casquillo.

La Figura 3 proporciona una vista ampliada de la interacción entre las porciones de retención 160 de la lámina de resorte y el casquillo 110.

En el ejemplo representado, las porciones de retención se proporcionan en forma de bucles. Los bucles están dispuestos para extenderse radialmente hacia afuera desde la superficie interior del orificio del casquillo 110. Proporcionar las porciones de retención en forma de bucles ha demostrado facilitar un mejor aislamiento entre el mecanismo de retención y las superficies críticas dentro del rodamiento relacionadas con el rendimiento.

Volviendo a la Figura 1, en este ejemplo la lámina de resorte comprende tiras orientadas axialmente. Las tiras pueden estar dispuestas de manera que estén colocadas coaxialmente con el eje del orificio. En el ejemplo de los dos segmentos mostrados, el primer segmento 120 comprende tiras axiales 125 y el segundo segmento 130 comprende tiras axiales 135.

La Figura 1 representa un segmento de lámina de resorte 120 que comprende una pluralidad de tiras 125 que están interconectadas por porciones de retención 160. Conectar las tiras 125 utilizando las porciones de retención 160 facilita la rigidez y la elasticidad ajustables e independientes de cada tira.

Se explicará en detalle un aspecto de la rigidez y resistencia facilitada por una lámina de resorte que comprende una o más tiras, haciendo referencia a la Figura 3.

Con la lámina de resorte 120 conformándose a la superficie interior radial del orificio del casquillo 110, cada tira entra en contacto con la superficie interior radial del orificio del casquillo 110 en regiones de contacto externo radialmente opuestas circunferencialmente en las tiras. Entre estas regiones de contacto opuestas circunferencialmente de las tiras, la lámina de fluido 140 entra en contacto con la superficie interior radial de la tira de la lámina de resorte 120. De esta manera, las tiras pueden considerarse como vigas soportadas en las regiones de contacto externas radialmente opuestas circunferencialmente, con la lámina de fluido 140 deformando las vigas entre las regiones de contacto opuestas circunferencialmente al entrar en contacto con la tira en la superficie interior radialmente de la misma. El contacto entre cada tira y casquillo y cada tira y la lámina de fluido puede ser en regiones de contacto orientadas axialmente. Estas regiones de contacto orientadas axialmente pueden ser contactos lineales o pueden ser contactos puntuales colineales a lo largo del eje. Se ha encontrado que dicho contacto entre la lámina de resorte y la lámina de fluido proporciona un excelente rendimiento del rodamiento incluso a bajas revoluciones por minuto al aumentar la fricción de Coulomb.

La interconexión descrita anteriormente entre la lámina de resorte, el casquillo y la lámina de fluido facilita un excelente rendimiento del rodamiento incluso a bajas revoluciones por minuto al proporcionar características de rigidez óptimas. Además, el establecimiento de vigas de pin a pin en las tiras para soportar la lámina de fluido ofrece la posibilidad de variar la característica de rigidez de la lámina de resorte en la dirección circunferencial. Esto puede ser particularmente ventajoso teniendo en cuenta que, debido a las fuerzas gravitacionales y otros factores, la carga en un rodamiento radial de lámina de fluido tiende a variar en dirección circunferencial. Esta variación puede ser compensada variando las características físicas de las tiras en dirección circunferencial.

Las tiras pueden estar curvadas en dirección circunferencial. Por ejemplo, las tiras pueden estar curvadas de manera que presenten concavidades orientadas radialmente hacia afuera. Esto puede ser sinérgico con la forma de contacto descrita anteriormente entre la tira, la lámina de fluido y el casquillo, y facilita un mayor control sobre las características de rigidez y las regiones de contacto.

La Figura 4A representa una lámina en blanco 420 que comprende chapa metálica con cortes 422 a partir de los cuales se puede formar la lámina de resorte. En este ejemplo, se proporciona un espaciado uniforme 424 entre las tiras 425. Esto facilita la simplicidad en la fabricación. Sin embargo, por las razones expuestas anteriormente, proporcionar un espaciado no uniforme entre las tiras puede ser ventajoso, ofreciendo la posibilidad de variar el perfil de resistencia en dirección circunferencial.

La lámina de resorte 420 comprende cortes en forma de I 422, por ejemplo, cortes que comprenden porciones para la orientación axial con porciones de barra transversal perpendicular para la orientación circunferencial en cada extremo de la misma. Las porciones de la barra transversal están dispuestas para ser colocadas en cada extremo axial del casquillo. La formación de cortes en forma de I 422 ofrece un método de fabricación simplificado para formar una

lámina de resorte 420 que tiene porciones de retención en uno o ambos extremos de cada corte en forma de I, las porciones de retención están dispuestas axial y radialmente hacia el exterior desde la superficie interior del orificio.

El casquillo puede tener una longitud (L) entre 0,5 y 3 veces el diámetro (D) del orificio del casquillo, es decir, $L/D=0,5$ a 3, y el diámetro (D) puede establecerse entre 15 y 25 mm o entre 20 y 23 mm. La relación entre el diámetro del orificio del casquillo (D) y el ancho circunferencial de cada tira (W) - ver indicación de W' que muestra el ancho de la tira en la Figura 4A, es decir, el ancho de cada tira entre sus primeros y segundos extremos orientados axialmente puede establecerse entre 2 y 12, es decir, $D/W = 2$ a 12. El ancho de la tira puede estar entre 2 mm y 5 mm. Proporcionar un ancho de tira dentro de este rango se ha encontrado que proporciona características de rigidez óptimas que facilitan un excelente rendimiento del rodamiento, especialmente para el uso de un rodamiento radial flexible en una microturbina. El grosor de la lámina puede ajustarse entre 0,01 mm y 0,2 mm. Se ha identificado que las dimensiones mencionadas proporcionan un rodamiento de aire con excelentes características de rendimiento para una variedad de aplicaciones.

La Figura 4A representa un espaciado 426 entre las tiras y las porciones de retención 160. Este espaciado 426 puede corresponder con el ancho axial de las porciones de corte dispuestas circunferencialmente. Cuando se ensambla, este espaciador 426 está orientado axialmente y mejora el aislamiento entre el mecanismo de retención y las tiras 425 ubicadas dentro del orificio. Además, se mejora la independencia entre las características de carga de las tiras 425.

La Figura 4B representa una lámina de resorte 120 formada a partir de una plantilla 420. Las una o más porciones de retención 160 se han formado en los extremos de las porciones de corte entre las tiras 125 y están dispuestas de manera que se encuentren axial y radialmente al exterior de la superficie interior radial del casquillo al ser insertadas en él. Las una o más porciones de retención 160 pueden formarse en la lámina 420 mediante la formación de dobleces o bucles fuera del plano en uno o ambos extremos de los cortes 422 dispuestos para la orientación axial con el casquillo.

La Figura 4B muestra una lámina de resorte 160 formada a partir de chapa metálica que comprende cortes en forma de I 422 y porciones de retención fuera de plano 160 listas para ser insertadas dentro de un casquillo. Tal lámina de resorte facilita una fabricación significativamente simplificada en comparación con los diseños de lámina de resorte existentes que requieren técnicas de corrugación complicadas, etc.

Opcionalmente, como se muestra en la Figura 4C, la lámina metálica sustancialmente plana puede curvarse de acuerdo con la forma de la superficie interior radial del casquillo, antes de su inserción dentro del casquillo. Si bien omitir este paso simplifica la fabricación, curvar la chapa metálica plana de esta manera durante la fabricación de la lámina de resorte facilita una menor sensibilidad al rendimiento ante la inserción de la lámina de resorte dentro del casquillo.

La Figura 5 muestra un ejemplo de método para formar una lámina de resorte 500 que comprende la formación de uno o más cortes en chapa metálica 501, los cuales son cortes en forma de I; la formación de una o más porciones de retención fuera de plano 503, las cuales pueden estar dispuestas en uno o ambos extremos de cada corte. Los cortes pueden estar dispuestos para extenderse en una dirección paralela al eje del casquillo al ser insertados dentro del casquillo. Las una o más porciones de retención pueden estar dispuestas axialmente al exterior de la superficie interior radial del casquillo al insertar la lámina de resorte dentro de un casquillo.

La Figura 5 también muestra un ejemplo de método para formar un rodamiento radial flexible 550, que puede llevarse a cabo siguiendo el método de formación de la lámina de resorte 500, que comprende los pasos de: insertar la lámina de resorte en la superficie interior radial del casquillo 505; e insertar la lámina de fluido en la superficie interior radial de la lámina de resorte 507. Aunque no se muestra, el método puede además comprender la inserción de uno o más miembros de retención de lámina de fluido dentro de las ranuras del casquillo para retener la lámina de fluido y opcionalmente también la lámina de resorte dentro del casquillo.

Aunque no se muestra, un método de fabricación del rodamiento radial flexible puede comprender: formar uno o más cortes en chapa metálica, por ejemplo, como se muestra en la Figura 4A, insertar la chapa metálica en un casquillo; formar una o más porciones de retención en la lámina de resorte en las porciones de extremo axial de la misma. Así, las porciones de retención pueden formarse una vez que la chapa metálica haya sido insertada en el casquillo.

La Figura 6A representa un ejemplo de un casquillo 610 que tiene asientos 665 dispuestos opuestamente de manera circunferencial, los cuales proporcionan superficies de parada 668 que evitan la rotación de la lámina de resorte mediante la interacción entre las porciones de retención 160 de la lámina de resorte y las superficies de parada 668 de los asientos 665. El casquillo 610 tiene ranuras orientadas axialmente para recibir en su interior los miembros de retención de la lámina de fluido.

Los ejemplos representados de los asientos de casquillo muestran asientos que se encuentran en una posición axialmente dentro de una superficie de extremo axial del casquillo. Los asientos del casquillo pueden estar ubicados en los extremos axiales de la superficie interior radial del casquillo y axialmente dentro de las superficies de extremo

axial del casquillo. Esto evita que las porciones de retención se extiendan axialmente más allá de la superficie final del casquillo, mejorando las características de manipulación del rodamiento.

5 La Figura 6B representa un ejemplo de una porción de una lámina de resorte 620 adecuada para su uso en el casquillo de la Figura 6A. Como se muestra, las tiras 625 están provistas de una longitud circunferencial uniforme 627, lo que facilita la simplicidad de fabricación. Sin embargo, se puede proporcionar una longitud circunferencial no uniforme que ofrezca la capacidad de variar las características de carga de la lámina de resorte en dirección circunferencial.

10 La Figura 7A representa un ejemplo de un casquillo alternativo 710 que tiene un asiento 765 sin superficies de parada. La rotación de la lámina de resorte 720 se evita mediante la sujeción de una región de sujeción de extremo 768 de la lámina de resorte 720 utilizando uno o varios miembros de retención de lámina de resorte 170, 180. Este arreglo facilita una reducción en la complejidad de fabricación del casquillo.

15 En el ejemplo de la Figura 7B, la lámina de resorte está provista de un gancho de sujeción 768 orientado axialmente en uno de sus extremos para ser recibido dentro de una ranura 175 dispuesta axialmente del casquillo 710 para recibir un miembro de retención, por ejemplo, un miembro de retención de lámina de fluido. De esta manera, la lámina de resorte puede ser impedida de girar dentro del casquillo utilizando uno o más miembros de retención, que pueden ser miembros de retención de lámina de fluido utilizados para sujetar la lámina de fluido en su lugar. Por lo tanto, se puede proporcionar un miembro de retención para insertarlo en una ranura para recibir el miembro de retención y asegurar la lámina de fluido y/o la lámina de resorte.

La Figura 7B muestra una lámina de resorte 720 que comprende un gancho orientado axialmente 768 con una concavidad radial externa.

25 La Figura 7C muestra una lámina de resorte 720 que tiene un gancho 778 orientado axialmente que comprende una concavidad radialmente interior.

30 Cada uno de los ejemplos descritos aquí, incluyendo los ejemplos reivindicados, puede ser proporcionado en un sistema de turbina de gas, por ejemplo, un sistema de microturbina, que comprende el rodamiento radial de lámina de fluido de acuerdo con cualquier ejemplo. El uso de un rodamiento radial de lámina de fluido en un sistema de turbina de gas proporciona un sistema de turbina de gas que ofrece una mejor gestión de las pérdidas por fricción y calor.

35 Se reconocerá que los ejemplos descritos aquí no son limitantes y son susceptibles de numerosas modificaciones y sustituciones. La invención está definida por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un rodamiento radial de lámina flexible (100) que comprende:
5 un casquillo (110) que comprende un orificio definido a través del mismo;
una lámina de resorte (120, 130) dispuesta para conformarse a una superficie interior radial del orificio;
una lámina de fluido (140, 150) dispuesta para conformarse a una superficie interior radial de la lámina de
resorte para recibir de manera giratoria un rotor;
en donde la lámina de resorte comprende:
10 una pluralidad de tiras orientadas axialmente (125); y
una pluralidad de porciones de retención (160) dispuestas para extenderse axial y radialmente al exterior
de la superficie interior radial del orificio (110)
caracterizado porque
las adyacentes de la pluralidad de tiras orientadas axialmente (125) están interconectadas por una
15 respectiva de la pluralidad de porciones de retención (160), en donde cada una de la pluralidad de
porciones de retención se proporciona en forma de un lazo.
2. El rodamiento radial de lámina flexible (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde:
las tiras (125) están curvadas en la dirección circunferencial.
- 20 3. El rodamiento radial de lámina flexible (100) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde:
la pluralidad de tiras (125) y la lámina de fluido (140) están dispuestas de tal manera que cada tira (125) entra
en contacto con la superficie interior radial del casquillo (110) en la primera y segunda regiones de contacto
orientadas axialmente con el casquillo, y entra en contacto con la lámina de fluido (140) en una región de
25 contacto orientada axialmente con la lámina de fluido, situada entre la primera y segunda regiones de contacto
orientadas axialmente con el casquillo.
4. El rodamiento radial de lámina flexible (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde:
la separación circunferencial entre las tiras (125) es no uniforme.
- 30 5. El rodamiento radial de lámina flexible (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde:
la relación entre el ancho circunferencial de cada tira (125) y el diámetro del orificio está entre 2 a 12.
6. El rodamiento radial de lámina flexible (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en
donde:
35 el casquillo comprende un asiento (165) para recibir la pluralidad de porciones de retención (160) de la lámina
de resorte (120).
7. El rodamiento radial de lámina flexible (100) de acuerdo con la reivindicación 6, en donde:
el asiento (165) está dispuesto axialmente dentro de una superficie de extremo axial del casquillo.
- 40 8. El rodamiento radial de lámina flexible (100) de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en donde:
el asiento (165) comprende una pluralidad de superficies de parada para evitar el desplazamiento
circunferencial de la lámina de resorte (120).
- 45 9. El rodamiento radial de lámina flexible (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en
donde:
la lámina de resorte (120) comprende un primer y segundo conjuntos de porciones de retención en los extremos
axiales opuestos de la misma.
- 50 10. El rodamiento radial de lámina flexible (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que
comprende:
una pluralidad de miembros de retención (170, 180) dispuestos para ajustarse dentro de una pluralidad de
ranuras correspondientes (175) en el casquillo (110), en donde:
55 la lámina de resorte (120) comprende una pluralidad de ganchos de retención orientados axialmente (778)
dispuestos para envolver la pluralidad de miembros de retención cuando se insertan en la pluralidad de ranuras
correspondientes en el casquillo.
11. El rodamiento radial de lámina flexible (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que
comprende: primer y segundo segmentos de lámina de resorte (120, 130).
- 60 12. Un método de fabricación de una lámina de resorte (120, 130) para un rodamiento radial de lámina flexible
(100) como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, la lámina de resorte (120, 130) que
comprende una pluralidad de tiras orientadas axialmente (125) y una pluralidad de porciones de retención (160),
el método que comprende:
65 formar la lámina de resorte a partir de una pieza bruta de chapa metálica que tiene cortes (422) entre cada una
de las tiras orientadas axialmente de la pluralidad,

en donde los cortes (422) son cortes en forma de I (422) que comprenden porciones para la orientación axial con porciones de barra transversal perpendicular para la orientación circunferencial en cada extremo de los mismos,

5 en donde las porciones de barra transversal están dispuestas en cada extremo axial del casquillo (110), y en donde la lámina de resorte (120, 130) tiene la pluralidad de porciones de retención en uno o ambos extremos de cada corte en forma de I (422).

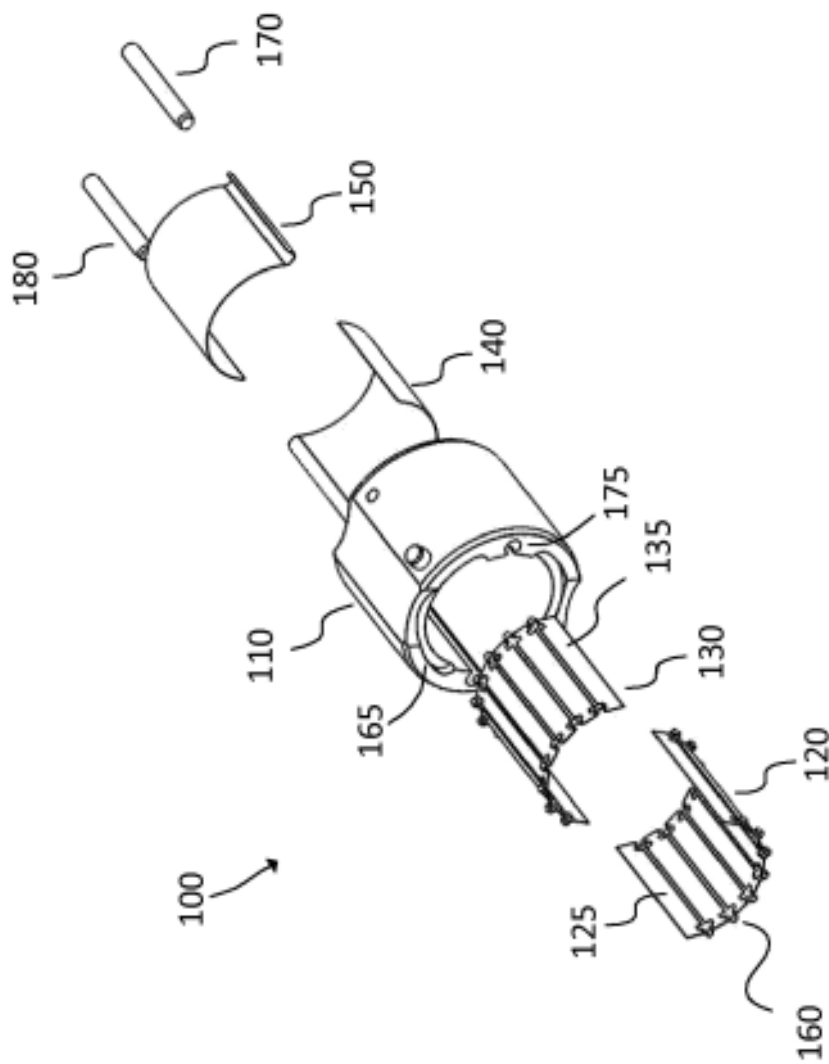


Figura 1

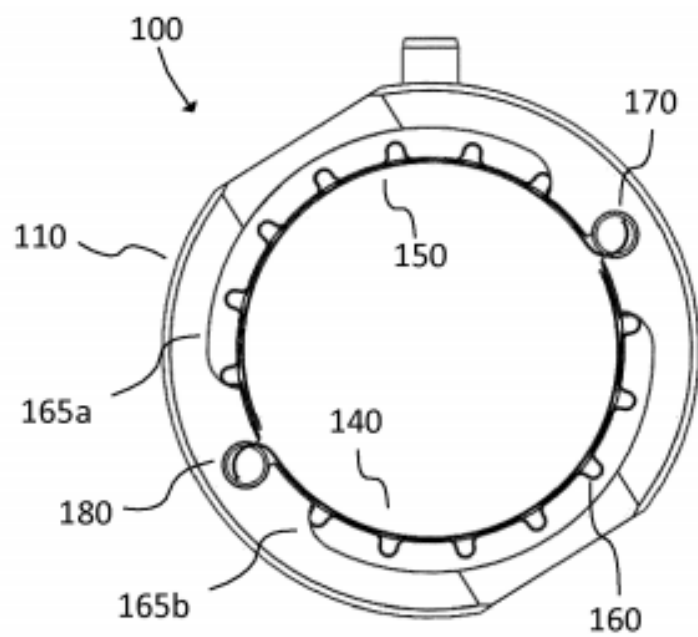


Figura 2

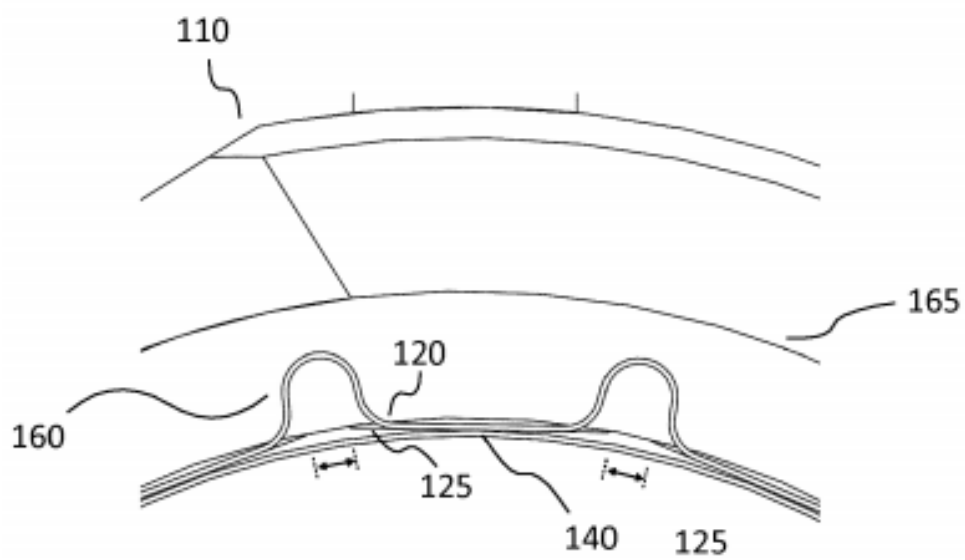


Figura 3

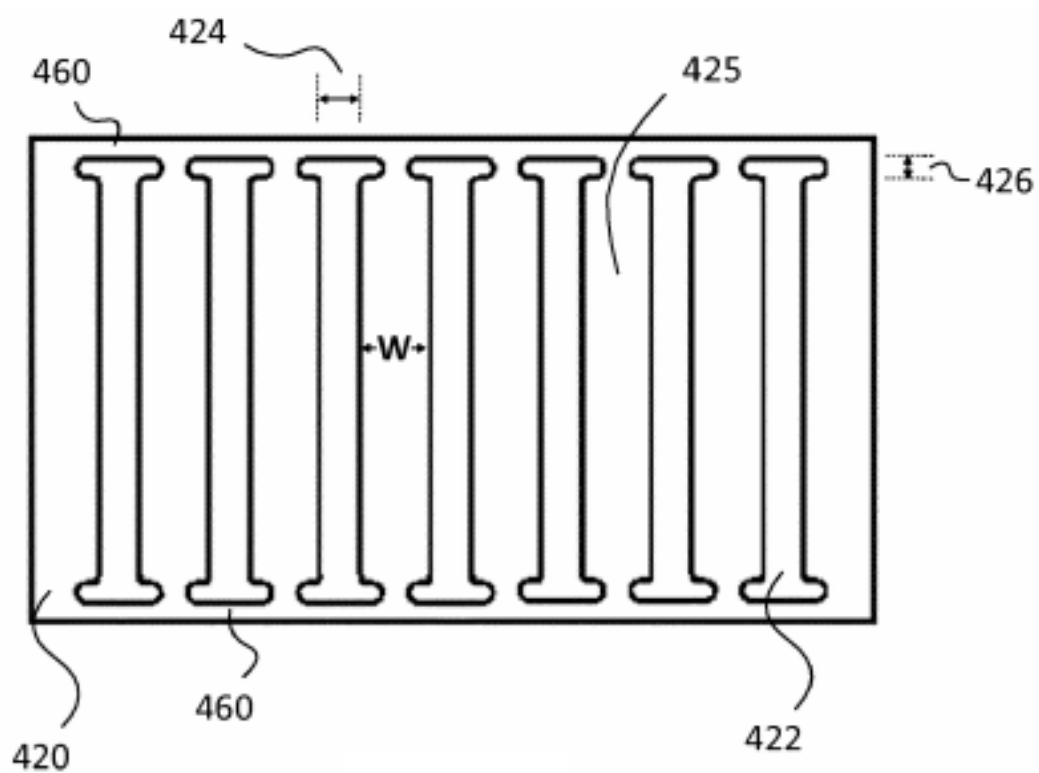


Figura 4A

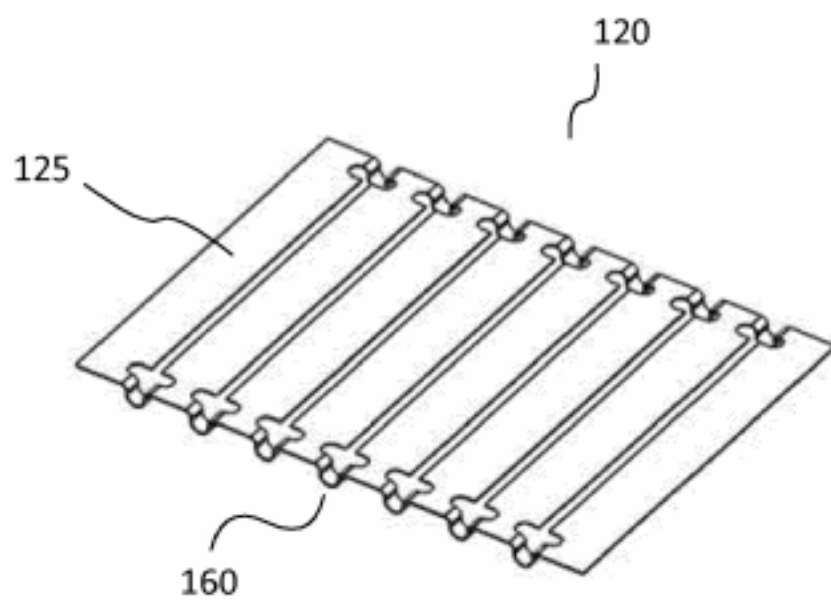


Figura 4B

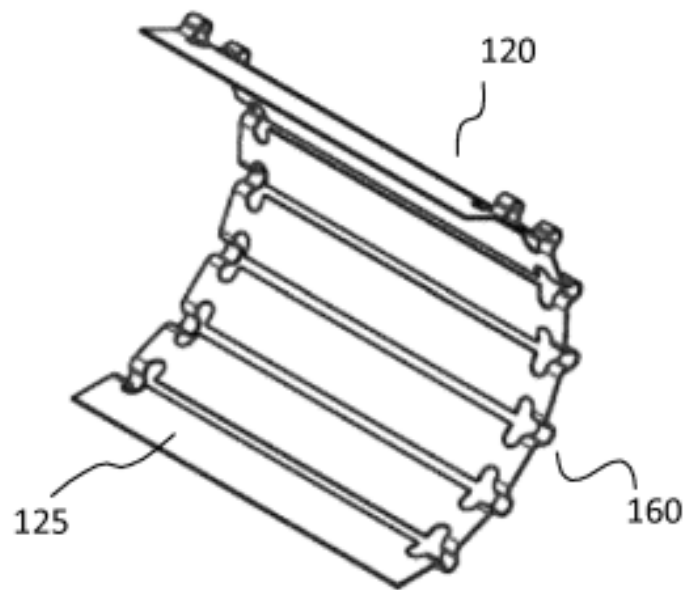


Figura 4C

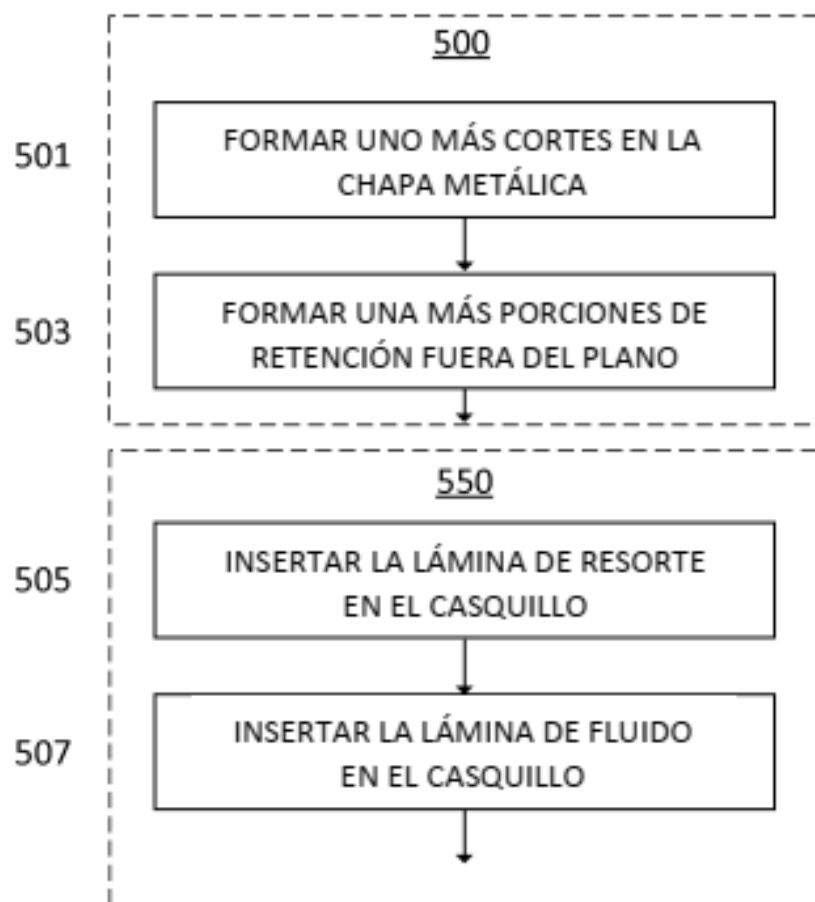


Figura 5

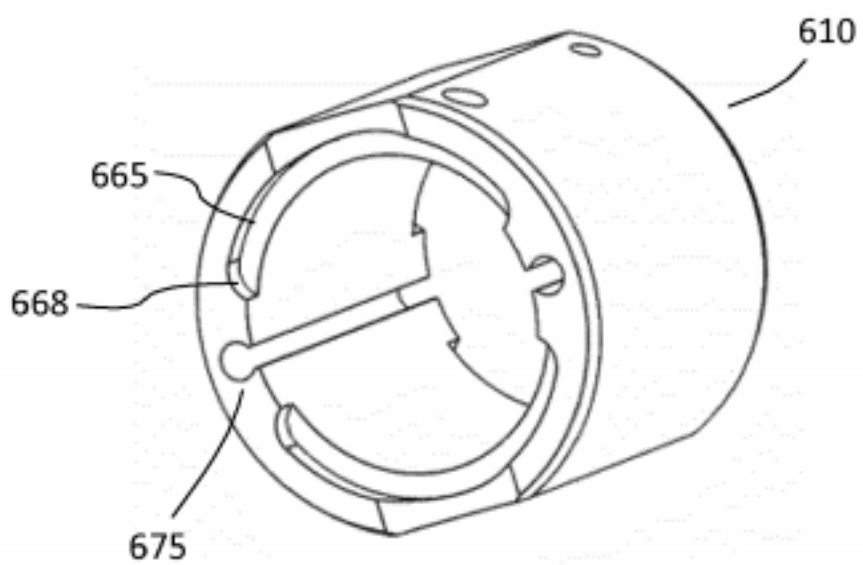


Figura 6A

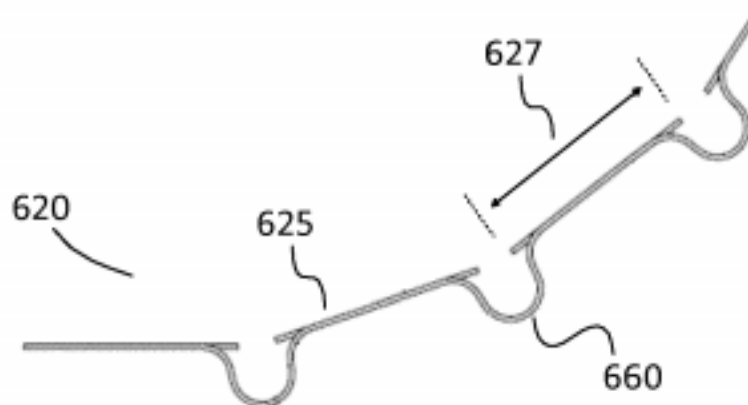


Figura 6B

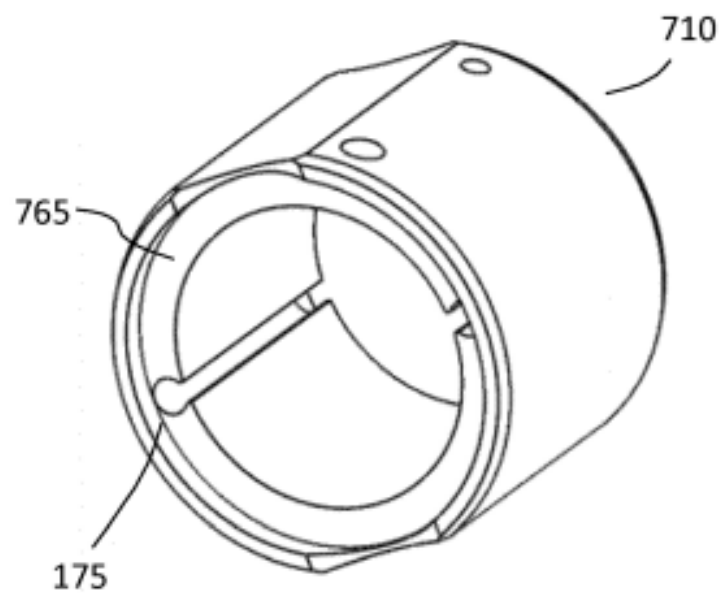


Figura 7A

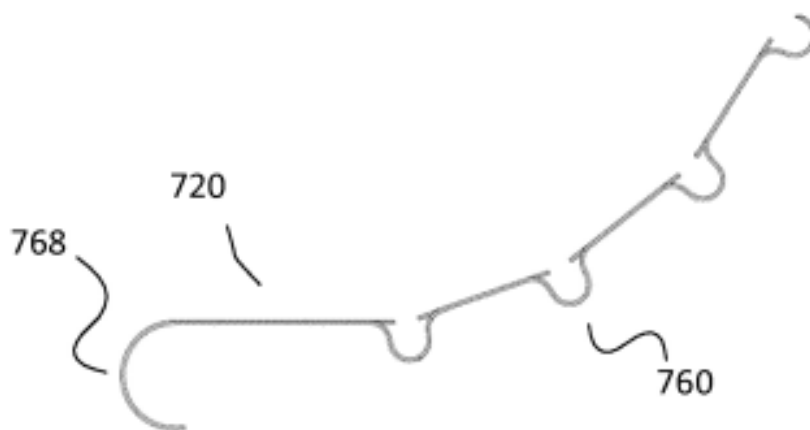


Figura 7B

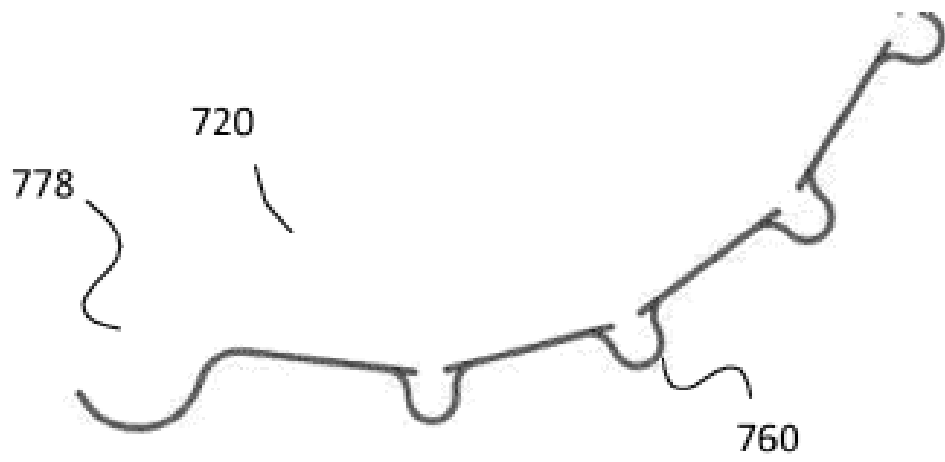


Figura 7C