

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 997 238**

51 Int. Cl.:

**F03D 15/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.10.2020** **PCT/DK2020/050269**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2021** **WO21083466**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2020** **E 20789830 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2024** **EP 4051899**

54 Título: **Aparato para sellar componentes rotatorios de un tren de potencia de turbina eólica**

30 Prioridad:

**31.10.2019 DK PA201970675**

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

**14.02.2025**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.00%)  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**LANGVARDT KROGH, LARS**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 997 238 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

Aparato para sellar componentes rotatorios de un tren de potencia de turbina eólica

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere a un esquema o aparato para sellar componentes rotatorios en un tren de accionamiento de turbina eólica.

10 **Antecedentes de la invención**

En una turbina eólica de "eje horizontal" típica, una góndola montada en una torre soporta un rotor que incluye una pluralidad de palas. La góndola aloja una disposición de cojinete principal que soporta el rotor de modo que puede rotar a medida que las palas se accionan por el viento. El rotor está soportado en el extremo de entrada de un tren de potencia de la turbina eólica que normalmente incluye una caja de engranajes y un generador, aunque se conocen turbinas eólicas de accionamiento directo que no incluyen una caja de engranajes. En una configuración conocida, el rotor principal de la turbina eólica está acoplado a un denominado árbol de "baja velocidad" que a su vez está acoplado al extremo de entrada de la caja de engranajes. La caja de engranajes también incluye un árbol de salida de alta velocidad que está acoplado al generador.

En algunos trenes de potencia de turbina eólica, el tren de potencia incluye un conducto que se extiende a lo largo de su eje rotacional y que sirve para transportar servicios eléctricos y/o hidráulicos al buje de rotación. Este conducto a menudo se denomina "tubo de paso" por los expertos en la técnica. Uno de los desafíos con este enfoque es que el tubo de paso debe ubicarse de manera precisa para pasar a través del generador y la caja de engranajes de manera segura. Además, el tubo de paso pasa a través de diferentes entornos, tales como cavidades llenas de aire y llenas de aceite, por lo tanto, el tubo de paso debe sellarse contra sus componentes circundantes para proteger contra contaminación y fugas.

Los enfoques conocidos para sellar las superficies de rodadura de los árboles de rotación incluyen sellos de reborde anular y sellos laberínticos. Estos son dos ejemplos, pero se conocen otros. En ambos enfoques, es importante que el árbol de rotación esté soportado en una orientación concéntrica precisa con respecto al sello anular. Una tolerancia excesiva da como resultado un mayor desgaste y una funcionalidad de sellado menos efectiva. En el caso de un tubo de paso, puede darse el caso de que la posición de sellado en el árbol se desplace a lo largo del eje de árbol a una distancia significativa desde donde el árbol está soportado rotacionalmente y esto puede conducir a problemas de concentricidad.

Es en este contexto que se ha ideado la invención. El documento US2016/003302A1 es un ejemplo relevante de la técnica anterior.

40 **Sumario de la invención**

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un aparato que comprende un primer árbol y un segundo árbol soportados en una relación sustancialmente concéntrica de modo que pueden rotar uno con respecto al otro alrededor de un eje rotacional; en el que uno de los árboles primero y segundo pasa a través de un orificio definido en el otro de los árboles primero y segundo. Una disposición de sello está ubicada entre los árboles primero y segundo, comprendiendo dicha disposición de sello un elemento de sello y un cojinete, estando bloqueado el elemento de sello con respecto al movimiento rotacional con respecto al primer árbol, y comprende una primera porción que está montada de manera rotatoria en el segundo árbol por el cojinete y una segunda porción que está configurada para sellarse contra una superficie de rodadura definida por el segundo árbol.

Ventajosamente, dado que la disposición de sello está montada de manera rotatoria en el mismo árbol contra el cual forma un sello, la disposición de sellado se adapta a errores de alineación entre los árboles primero y segundo. Este puede ser particularmente el caso en el que ambos árboles son rotatorios. Pero también puede ser el caso en el que el árbol exterior es estacionario y, en efecto, forma un alojamiento para el árbol interior. En cualquier situación, el movimiento lateral del árbol interior transversal al eje rotacional puede ser significativo, particularmente donde ese árbol está soportado por cojinetes que son remotos con respecto al punto de sellado.

La invención tiene un uso particular en una aplicación de turbina eólica, donde el primer árbol es un árbol de salida de caja de engranajes y el segundo árbol es un tubo de paso que pasa a través del árbol de salida de caja de engranajes.

En una realización, la disposición de sello comprende una superficie radial que es opuesta al primer árbol, definiendo de ese modo un hueco anular. El hueco anular proporciona, en efecto, una almohadilla que se adapta a errores de alineación entre los árboles primero y segundo. Con el fin de cerrar este hueco, la disposición de sello puede incluir un sello anular flexible. El sello anular puede adoptar diversas formas adecuadas para cerrar el hueco y evitar fugas de fluidos a través del mismo. Sin embargo, en una realización, el sello anular toma la forma de un anillo de sellado que se aplanan en forma para parecerse a una membrana anular.

El sello anular flexible puede extenderse entre una superficie del primer árbol y una superficie de la disposición de sello para cerrar el hueco anular. De esta manera, el sello anular flexible bloquea, en efecto, el movimiento rotacional de la disposición de sello con respecto al movimiento rotacional del primer árbol. Esto puede ser particularmente ventajoso en circunstancias en las que el primer árbol tiene una velocidad rotacional relativamente alta con respecto al segundo árbol ya que la alta velocidad rotacional impartida a la disposición de sello puede mejorar el funcionamiento del sello.

Para no afectar a la rotación de ninguno de los dos árboles, el cojinete en el que la primera porción de la disposición de sello está montada en el primer segundo árbol proporciona preferiblemente una superficie de contacto de muy baja fricción. En una realización, el cojinete puede ser un cojinete de rodillos, aunque los cojinetes de fricción y los cojinetes de bolas son otras opciones.

De manera notable, en algunas realizaciones, el cojinete que soporta la disposición de sellado en el árbol respectivo es diferente de, es decir, no es el mismo que la disposición de cojinete que soporta de manera rotatoria ese árbol con respecto al otro árbol.

La disposición de sello puede seleccionarse para proporcionar un sello efectivo para la aplicación particular para la que el aparato está destinado a usarse. En algunas circunstancias, puede ser preferible usar un tipo de sello laberíntico. Este puede ser el caso en el que el diferencial de velocidad entre los dos árboles es alto, por ejemplo, entre 300 y 400 r. p. m., y, por lo tanto, es particularmente deseable un sello de baja fricción. En otras circunstancias, otros sellos rotacionales pueden ser apropiados, por ejemplo, sellos de reborde.

En el aparato anterior, la primera porción y la segunda porción de la disposición de sello pueden estar definidas por un elemento de sello. Adecuadamente, el elemento de sellado puede estar definido por una sola parte y puede estar conformado para adaptar el cojinete dentro del mismo, por lo tanto, proporcionando una configuración compacta y elegante particular.

De manera notable, la disposición de sello es compacta y, por lo tanto, no ocupa un espacio excesivo entre los árboles. Por ejemplo: en una realización, la segunda porción de la disposición de sellado está separada del cojinete por una distancia axial a lo largo del eje rotacional que es menor que la distancia radial de un volumen anular definido entre el primer árbol y el segundo árbol; en una realización, la longitud axial de la disposición de sellado tomada a lo largo del eje rotacional es sustancialmente la misma que una distancia radial de un volumen anular definido entre el primer árbol y el segundo árbol.

En otro aspecto, la invención proporciona un aparato que comprende un alojamiento que define un orificio interno, un árbol que se extiende a través del orificio interno y que está montado de manera rotatoria con respecto al alojamiento para rotar alrededor de un eje rotacional (R); una disposición de sello entre el orificio interno del alojamiento y el árbol, bloqueada con respecto al movimiento rotacional relativo a dicho alojamiento; en el que la disposición de sello comprende un elemento de sello que está separado del orificio interno del alojamiento e incluye una primera porción que está soportada de manera rotatoria en el árbol por un cojinete y una segunda porción que está configurada para sellar contra una superficie de rodadura definida por el árbol.

De manera notable, en esta realización, el cojinete que soporta la disposición de sellado en el árbol respectivo puede ser diferente a, es decir, no es el mismo que la disposición de cojinete que soporta de manera rotatoria ese árbol con respecto al alojamiento.

Se apreciará que características preferidas y/u opcionales del primer aspecto de la invención pueden combinarse con los otros aspectos de la invención. La invención en sus diversos aspectos se define en las reivindicaciones independientes a continuación y características ventajosas se definen en las reivindicaciones dependientes a continuación.

### Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirán los aspectos anteriores y otros de la invención, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista frontal de una turbina eólica en la que pueden implementarse realizaciones de la invención;

la figura 2 es una vista en perspectiva de un ejemplo de un tren de potencia de turbina eólica que puede alojarse dentro de la turbina eólica de la figura 1, y al que realizaciones de la invención son aplicables;

la figura 3 es una vista lateral esquemática del tren de potencia mostrado en la figura 2,

la figura 4 es una vista esquemática de una porción del tren de potencia en la figura 3 que ilustra un aparato

para sellar componentes del tren de potencia según una realización de la invención;

la figura 5 es una vista en sección en perspectiva de un elemento de sello según una realización de la invención;

la figura 6 es una vista en perspectiva de un sello anular según una realización de la invención;

la figura 7 es una vista esquemática del sello anular de la figura 6 que se muestra estirado asimétricamente; y

la figura 8 es una vista como la de la figura 4, pero mostrando una realización alternativa de la invención.

Obsérvese que las características que son iguales o similares en diferentes dibujos se indican con signos de referencia similares.

### Descripción detallada de realizaciones de la invención

La invención se refiere a una disposición de un árbol que rota en un alojamiento que está dotado de un sello dinámico. El alojamiento puede ser estacionario, pero la invención tiene un uso particular en realizaciones en las que el alojamiento es en sí mismo un árbol de rotación de modo que la disposición comprende un par de árboles coaxiales y anidados que rotan a diferentes velocidades con un sello entre los mismos. En una disposición de este tipo, proporcionar un sello adecuado entre los árboles puede ser un desafío, particularmente si uno u otro de los árboles tiene errores de tolerancia que comprometen la concentricidad mutua de los árboles.

Tales disposiciones de sellado pueden aplicarse en muchas industrias diferentes, pero con el fin de dar a la invención un contexto en el que se comprenderá mejor, la tecnología se describirá ahora con más detalle con referencia a una turbina eólica donde un denominado tubo de paso se extiende axialmente a través de un árbol de rotación hueco. Como es conocido por el experto en la técnica, un tubo de paso es un árbol hueco que pasa a través de una o más secciones del tren de potencia de turbina eólica para proporcionar un conducto protegido para servicios hidráulicos y eléctricos entre el marco de referencia estacionario de la góndola y el marco de referencia rotatorio del buje. Sin embargo, sellar el tubo de paso de manera fiable y donde sea necesario dentro del interior de los componentes de tren de potencia es un desafío.

Para poner las realizaciones de la invención en un contexto adecuado, se hará referencia en primer lugar a la figura 1, que ilustra una turbina eólica de eje horizontal (HAWT) habitual 2 que incluye una disposición de generación de energía eléctrica, como se muestra en la figura 2. Aunque esta imagen particular representa una turbina eólica en tierra, se entenderá que también se encontrarán características equivalentes en turbinas eólicas en alta mar. Además, aunque tales turbinas eólicas se denominan "de eje horizontal", el experto en la técnica apreciará que, para fines prácticos, el eje generalmente está ligeramente inclinado para evitar el contacto entre las palas de rotor y la torre de turbina eólica en caso de vientos fuertes.

La turbina eólica 2 comprende una torre 4, una góndola 6 acoplada de manera rotatoria a la parte superior de la torre 4 mediante un sistema de guiñada (no mostrado), un buje de rotación o "rotor" 8 montado en la góndola 4 y una pluralidad de palas de rotor de turbina eólica 10 acopladas al buje 8. La góndola 4 y las palas de rotor 10 se giran y se dirigen hacia la dirección del viento por el sistema de guiñada.

Como se mencionó anteriormente, la góndola 6 aloja una disposición de generación de energía eléctrica 20, que incluye un tren de potencia o tren de accionamiento. Ambos términos se usan en la técnica, y "tren de potencia" se usará de ahora en adelante por consistencia. Como entenderán los expertos en la técnica, el tren de potencia de turbina eólica comprende una caja de engranajes 22, y un generador 24 que son accionados por un árbol principal 26.

El árbol principal 26 está soportado por un alojamiento de cojinete principal 28 y está conectado a, y accionado por, el rotor 8 que proporciona de ese modo un accionamiento de entrada a la caja de engranajes 22. La caja de engranajes 22 aumenta la velocidad rotacional del árbol principal de baja velocidad 26 a través de engranajes internos (no mostrados) y acciona un árbol de salida de caja de engranajes (no mostrado en la figura 2). El árbol de salida de caja de engranajes a su vez acciona el generador 24, que convierte la rotación del árbol de salida de caja de engranajes en electricidad. La electricidad generada por el generador 24 puede convertirse mediante otros componentes (no mostrados) según sea necesario antes de suministrarse a un consumidor apropiado, por ejemplo, un sistema de distribución de red eléctrica.

Haciendo referencia, en general, a la caja de engranajes 22, su alojamiento 30 es generalmente de forma cilíndrica, lo que se debe al tipo específico de caja de engranajes que se usa en esta disposición de tren de potencia particular. Como sabrá el experto en la técnica, una caja de engranajes epicíclica comprende una serie de engranajes planetarios que están dispuestos alrededor de un engranaje solar central, y que colectivamente están dispuestos dentro de un engranaje de anillo circundante. Una caja de engranajes de este tipo puede incluir más de una etapa de engranajes planetarios. La relación del número de dientes entre el engranaje anular, el engranaje planetario y los engranajes

solares pueden usarse para determinar la relación de engranajes de la caja de engranajes. Para mayor claridad, no se describirán detalles precisos de la caja de engranajes con más detalle en este caso ya que la caja de engranajes no es el objeto principal de la invención. Es suficiente decir que también se podrían usar otras configuraciones de caja de engranajes.

Se describirán ahora detalles adicionales del tren de potencia con referencia también a la figura 3, que muestra algunos componentes más claramente. Debe observarse aquí que la figura 3 tiene forma esquemática y, por lo tanto, por brevedad y claridad, algunos componentes del generador no se muestran o se describen para no restar valor al enfoque de esta discusión.

Como se puede ver, el árbol principal 26 está soportado en el alojamiento de cojinete principal 28 por un cojinete delantero 32 y un cojinete trasero 34. Los cojinetes axialmente espaciados 32, 34 garantizan que el árbol principal 26 esté soportado de manera segura para rotar alrededor del eje rotacional principal, mostrado en el presente documento como R, a pesar de las altas cargas que se imponen sobre el mismo. Dado que la caja de engranajes 22 es una caja de engranajes epicíclica, el árbol principal 26, la caja de engranajes 22 y el generador 24 están todos centrados y comparten el mismo eje rotacional R.

El árbol principal 26 está acoplado a la caja de engranajes 22 en un árbol de entrada de caja de engranajes 36. De manera similar, la caja de engranajes 22 está acoplada al generador 24 por un árbol de salida de caja de engranajes 38. Más específicamente, el árbol de salida de caja de engranajes 38 está acoplado a un rotor 40 del generador 24, a continuación en el presente documento "rotor de generador".

Volviendo ahora al generador 24, en la disposición mostrada, es una máquina eléctrica IPM (imán permanente interior) que tiene un estátor externo 50 que rodea el rotor de generador 40. Por "externo", se entiende que el estátor de generador 50 está en una posición radialmente exterior con respecto al rotor de generador 40 y rodea el mismo en comparación con los diseños de generador en los que el rotor es externo al estátor. Los componentes magnéticamente activos del generador 24 están contenidos dentro de un alojamiento de generador 53 que en esta disposición tiene forma cuboidal, como se puede ver en la figura 2.

Un paquete de imanes cilíndricos 55 está soportado en el rotor de generador 40 y está dispuesto para rotar alrededor del eje rotacional R. El paquete de imanes 55 está soportado por un buje de rotor de generador 56 y una brida de soporte 58. La configuración estructural exacta del buje de rotor de generador 56 y la brida de soporte 58 no es crítica. Sin embargo, funcionalmente, estos componentes sirven para transmitir el accionamiento desde el buje de rotor de generador 56, según se transmite desde la caja de engranajes, a través de la brida de soporte 58 al paquete de imanes 55, garantizando de ese modo que las partes magnéticamente activas del rotor de generador 40 estén acopladas al árbol de salida de caja de engranajes 38.

Como es común en muchos diseños de tren de potencia de turbina eólica, se proporciona un conducto o árbol hueco alargado en forma de un "tubo de paso" 60 para transferir servicios hidráulicos y eléctricos desde el marco estacionario de la góndola al marco rotatorio del buje de rotor principal. Como se muestra en las figuras, el tubo de paso 60 se extiende a lo largo del eje rotacional R y pasa a través del generador 24, la caja de engranajes 22 y se extiende al interior del árbol principal 26. La forma exacta del tubo de paso no es crucial para la invención y, por lo tanto, se omite una explicación adicional.

Aunque el tubo de paso 60 pasa a través de componentes de tren de potencia que rotan a una frecuencia rotacional relativamente alta, tal como el árbol de salida de caja de engranajes 38 y el rotor de generador 40, el tubo de paso 60 rota a la misma frecuencia que el árbol principal 26. Por lo tanto, el tubo de paso 60 debe estar soportado rotacionalmente con respecto al rotor de generador 40 y el árbol de salida de caja de engranajes 38. Para este propósito, el tubo de paso 60 está soportado rotacionalmente por cojinetes adecuados en varios puntos a lo largo de su longitud axial. La configuración exacta de los cojinetes no es crítica pero, como se muestra en la figura 3, en esta disposición, el tubo de paso 60 está soportado en un primer cojinete (trasero) 62 y un segundo cojinete (delantero) 64. El cojinete trasero 62 está ubicado en una abertura central proporcionada en una cara trasera 54 del alojamiento de generador 53, y el cojinete delantero 64 está definido dentro de la caja de engranajes 24, y se muestra esquemáticamente en la figura 3. Los dos cojinetes 62, 64 juntos funcionan para soportar el tubo de paso 60 en una relación concéntrica con respecto a la caja de engranajes 24 y el generador 22 alrededor del eje rotacional R. El experto apreciará que son aceptables otras configuraciones.

Dado que el tubo de paso 60 se extiende a través de diferentes componentes del tren de potencia, son necesarios sellos adecuados para garantizar que los entornos ambientales del tren de potencia no se contaminen por entornos llenos de aceite. Por ejemplo, es necesario que el entorno interno del generador esté protegido contra aceite y grasa dentro de la caja de engranajes. Sin embargo, las demandas de sellado pueden ser difíciles de satisfacer porque puede ser difícil garantizar que el tubo de paso sea verdaderamente concéntrico con el árbol de salida de caja de engranajes. En circunstancias en las que el tubo de paso está ligeramente desalineado, la efectividad de los sellos rotacionales convencionales puede verse comprometida, lo que puede conducir a la entrada de niebla de aceite en el generador y al aumento del desgaste en la superficie de rodadura del tubo de paso.

Para este fin, las realizaciones de la invención proporcionan una disposición de sello 70 que sirve para sellar el tubo de paso 60 contra el árbol de salida de alta velocidad 38 de la caja de engranajes. Una realización de la disposición de sello 70 se indica generalmente en la figura 3. Sin embargo, debido a la escala del dibujo, una vista más detallada de la región rodeada A de la figura 3 se muestra esquemáticamente en la figura 4.

En este punto, debe observarse que la figura 4 puede considerarse como una vista simplificada para enfocarse en las características principales del concepto inventivo sin oscurecerlos con detalles innecesarios. En este caso, el árbol de salida de caja de engranajes 38 se puede ver en una posición radialmente exterior con respecto al tubo de paso 60. Debe indicarse que los detalles con respecto a cómo se soporta rotacionalmente el árbol de salida de caja de engranajes 38 no se muestran para mayor claridad en esta vista. Sin embargo, el experto entenderá que la caja de engranajes 22 estaría dotada de disposiciones de cojinete adecuadas para garantizar que el árbol de salida esté soportado adecuadamente.

El árbol de salida de caja de engranajes 38 es hueco y, como tal, define un orificio interno axial 72. El tubo de paso 60 pasa a través del orificio interno 72 y, de esta manera, se extiende a través de la caja de engranajes 22 desde el lado de generador hasta el lado de árbol principal. Como se ha mencionado, el tubo de paso 60 está soportado en los cojinetes respectivos 62, 64 independientes del árbol de salida de caja de engranajes 38 de modo que el tubo de paso 60 puede rotar con respecto al árbol de salida de caja de engranajes 38 alrededor del eje rotacional R. Por lo tanto, el árbol de salida de caja de engranajes 38 y el tubo de paso 60 están soportados en orientaciones mutuamente concéntricas de modo que el tubo de paso 60 está anidado dentro del árbol de salida de caja de engranajes 38.

El tubo de paso 60 tiene un diámetro exterior que es más pequeño que el diámetro interno del árbol de salida de caja de engranajes 38, de modo que se define un volumen anular 74 entre estos dos componentes. Es este volumen anular 74 lo que debe sellarse para evitar la contaminación entre el entorno cargado de aceite dentro de la caja de engranajes 22 y el entorno ambiental del generador 24. Para este fin, la disposición de sello 70 está ubicada en el volumen anular 74 entre el tubo de paso 60 y el árbol de salida de caja de engranajes 38. Más específicamente, en esta realización, la disposición de sello 70 está ubicada en el volumen anular 74 en una posición próxima a la abertura 76 del orificio interno 72 del árbol de salida de caja de engranajes 38.

En un sello de árbol de rotación típico, un elemento de sello tal como un sello de reborde anular se montaría en el árbol de salida de caja de engranajes 38 y se sellaría contra una superficie de rodadura del tubo de paso 60. Sin embargo, una disposición convencional de este tipo sería vulnerable a errores de concentricidad entre los dos árboles, lo que podría conducir a un desgaste excesivo en la superficie de rodadura del tubo de paso y/o a una fuga aumentada desde el sello.

A diferencia de la disposición convencional como se discutió anteriormente, especialmente la disposición de sello 70 de la invención está montada, soportada o fijada de otro modo al tubo de paso 60. Más específicamente, la disposición de sellado 70 está montada de manera rotatoria en el tubo de paso 60 de modo que pueda rotar con respecto al mismo. Como se puede ver en las figuras, la disposición de sellado 70 está montada directamente en el tubo de paso 60 porque no hay otros árboles o componentes de alojamiento entre los mismos. Por lo tanto, la disposición de sellado 70 está fijada al tubo de paso 60 de tal manera que puede rotar mientras está fijada al tubo de paso. Expresado de otra manera, el tubo de paso 60 porta la disposición de sellado 70. Además, y como se apreciará a partir de la siguiente discusión, debe observarse que el cojinete que soporta la disposición de sellado 70 sobre el tubo de paso 60 es diferente a la disposición de cojinetes que soporta de manera rotatoria el tubo de paso y el árbol de salida de caja de engranajes 38. Para evitar dudas, debe observarse que esta distinción se aplica a cada realización de la invención comentada a continuación.

En esta realización, la disposición de sello 70 incluye dos componentes; un cojinete 82 y un elemento de sello 84. El cojinete 82 se muestra en este caso como un cojinete de rodillos, ya que esta es una manera conveniente de proporcionar una superficie de contacto de baja fricción entre el tubo de paso 60 y el elemento de sello 84. Sin embargo, se prevé que otros tipos de cojinetes sean aceptables, por ejemplo, diferentes tipos de cojinetes de bolas, cojinetes de rodillos y cojinetes de fricción.

Mientras que la figura 4 muestra una vista lateral del elemento de sello 84, la figura 5 muestra una vista en perspectiva en la que se puede apreciar mejor el detalle.

El elemento de sello 84 en esta realización es un componente anular que generalmente es cilíndrico en forma exterior. La forma interior del elemento de sello 84 está conformada para definir dos secciones: una primera sección 86 cumple una función de conexión para conectar o fijar el elemento de sello 84 al cojinete 82; mientras que una segunda sección 88 cumple la función de sellado. Cada una de las dos secciones 86, 88 define aproximadamente la mitad de la longitud axial del elemento de sello 84.

En la realización ilustrada, la primera sección 86 del elemento de sello 84 incluye un receptáculo circular 90 definido por una pared interior cilíndrica 92, cuyo diámetro interior es comparable al del diámetro exterior del cojinete 82 en el que está montado. En la disposición mostrada, el receptáculo 90 tiene una base o suelo troncocónico 94 en cuyo punto la primera sección 86 se fusiona en la segunda sección 88. Por lo tanto, la segunda sección 88 tiene una sección de

pared más gruesa en comparación con la primera sección 86.

El elemento de sello 84 puede montarse en el cojinete 82 por medio de un ajuste a presión ya que el diámetro interno del receptáculo 90 es comparable al diámetro exterior del cojinete 82. Se pueden tomar medidas adicionales o alternativas para garantizar una fijación segura. Por ejemplo, se puede aplicar un agente de unión adecuado a las superficies de contacto de uno o ambos de estos componentes. Además, una disposición de arandelas de ajuste, tornillos de fijación o pasadores adecuada puede integrarse en la disposición de sello 70 para garantizar que el elemento de sello 84 esté conectado de manera segura al cojinete 82. También se prevé que la contracción por calor pueda ser una opción adecuada para asegurar el elemento de sello en el cojinete.

La segunda sección 88 del elemento de sello 84 proporciona la función de sellado. En esta realización, la segunda sección 88 define un sello laberíntico 98. Debe apreciarse en este punto que la forma exacta del sello no es crucial. Como se ilustra, el sello laberíntico 98 se representa como un sello laberíntico radial simple no aislante que presenta una pluralidad de aletas de sellado anulares espaciadas axialmente 100 que están definidas por la segunda sección 88 del elemento de sello. De la manera habitual, el elemento de sello 84 está configurado de tal manera que las aletas de sellado 100 definen un hueco muy pequeño con la superficie de rodadura subyacente del tubo de paso 60 para proporcionar un sello sin contacto. Los canales de drenaje 101 se proporcionan en el elemento de sello 84 para que el fluido capturado entre las aletas 100 pueda expulsarse radialmente hacia el exterior. Otros tipos de sellos laberínticos también serían aceptables en esta aplicación, tales como sellos laberínticos axiales y sellos laberínticos aislantes. Por ejemplo, el tubo de paso podría estar dotado de contraaletas que se extienden radialmente en una dirección en sentido contrario del tubo de paso y se intercalan con las aletas del elemento de sellado. Además, podrían usarse otros tipos de sello tales como sellos de reborde. También se pueden usar combinaciones de tipos de sello. El experto en la técnica entendería, sin embargo, que diferentes tipos de sello pueden aumentar la complejidad de la disposición.

El elemento de sello 80 puede estar hecho de cualquier material adecuado. Diferentes materiales pueden ser más adecuados para diferentes aplicaciones. Por ejemplo, tipos de plásticos y cauchos de ingeniería (por ejemplo, nailon, PEEK, FKM o EPDM) pueden ser adecuados para algunas aplicaciones, al igual que los sellos metálicos (por ejemplo, acero).

Ventajosamente, dado que la disposición de sello 70 está montada de manera rotatoria en el tubo de paso 60, las aletas de sellado 100 del elemento de sello 84 se colocan de manera precisa con respecto a la superficie de rodadura opuesta independientemente de la precisión con la que se monte el tubo de paso 60 con respecto al árbol de salida de caja de engranajes 38. Esto garantiza que se establezca un sello preciso.

Con referencia específica a la figura 4, se observará que el diámetro exterior de la disposición de sello 70 es menor que el diámetro interno del árbol de salida de caja de engranajes 38. Esto garantiza que la disposición de sello 70 pueda discurrir libremente dentro del volumen anular 74 y también proporciona espacio para acomodar el montaje excéntrico entre el tubo de paso 60 y el árbol de salida de caja de engranajes 38. Debido a la diferencia en los diámetros, se define un hueco anular 102 entre la superficie radialmente exterior 103 del tubo de paso 60 y el orificio interno 72. Expresado de otra manera, el elemento de sello 84 está separado del orificio interno 72. Se observará que cualquier excentricidad en cómo el tubo de paso 60 está montado con respecto al árbol de salida de caja de engranajes 38 hará que el hueco anular 102 no sea uniforme alrededor de su circunferencia. En efecto, por lo tanto, puede considerarse que cualquier tolerancia entre el tubo de paso 60 y el árbol de salida de caja de engranajes 38 se transfiere radialmente hacia el exterior al hueco anular 102 entre la disposición de sello 70 y el árbol de salida de caja de engranajes 38.

Con el fin de sellar el hueco anular 102, la disposición de sello 70 incluye una cubierta en forma de un sello anular flexible 104 que cierra el hueco anular 102. El sello anular flexible 104 también se muestra en la figura 6 en vista en perspectiva.

En la realización ilustrada, el sello anular flexible 104 tiene la forma de un sello de anillo o membrana. El sello de anillo 104 está conformado para ser generalmente plano en sección transversal. Cuando se instala en el hueco anular 102, el plano del sello anular 104 es transversal al eje rotacional R. La forma plana del sello anular 104, junto con el material del que está hecho, proporciona resistencia radial para que pueda estirarse en la dirección radial con el fin de adaptarse a la falta de uniformidad en el hueco anular 102. Aunque se prevé que un anillo plano sería aceptable para el sello anular 104, la realización ilustrada está conformada para proporcionar un mayor grado de flexibilidad.

Para este fin, el sello anular 104 comprende bridas o rebordes radialmente interiores y exteriores 106, 108 que están conectados por una cresta, nervadura o puente intermedio 110. La forma curvada del puente 110 une las bridas interiores y exteriores 106, 108 fuera del plano general del sello anular 104 y, por lo tanto, proporciona un mayor grado de flexibilidad para permitir que las bridas interiores y exteriores 106, 108 se acerquen y se alejen entre sí. Esto se ilustra esquemáticamente en la figura 7, que representa el sello anular 104 que se adapta a un hueco anular no uniforme 102 en el que la parte inferior del sello anular 104, en la orientación mostrada en el diagrama, se estira con respecto a la parte superior, en donde la mayor parte del estiramiento se acomoda por el puente 110.

Las dos bridas radiales 106, 108 del sello anular pueden fijarse a sus superficies de montaje respectivas de cualquier manera adecuada. Aunque no se muestra en este caso, se prevé que las bridas 106, 108 podrían unirse adhesivamente o sujetarse mecánicamente a las superficies a las que se requiere que se unan. Con referencia a la figura 4, se puede ver que el sello anular 104 está posicionado de modo que se extiende entre una superficie del árbol de salida de caja de engranajes 38 y una superficie de la disposición de sellado 70 y, como tal, cierra el hueco anular 102. Más específicamente, en la realización ilustrada, el sello anular 104 se extiende entre las respectivas superficies adyacentes orientadas axialmente 112, 114 del árbol de salida de caja de engranajes 38 y la disposición de sellado 102. Las superficies de orientación axial adyacentes 112, 114 están alineadas en la dirección axial a lo largo del eje rotacional R.

El sello anular 104 puede estar unido a las superficies de montaje asociadas por cualquier medio adecuado, incluyendo anillos y pernos de sujeción, según sea apropiado y como sería evidente para el experto en la técnica.

Además de cerrar el hueco anular 102, el sello anular 104 sirve como una unión radial entre el elemento de sello 84 y el árbol de salida de caja de engranajes 38. Dado que el elemento de sello 84 está montado en el cojinete 82, el sello anular 104 actúa como un soporte de par de torsión y, como tal, hace que el elemento de sello 84 rote en sincronización con el árbol de salida de caja de engranajes 38. Dado que el árbol de salida de caja de engranajes 38 rota a una velocidad más alta que el tubo de paso 60, esto ayuda a garantizar que el sello laberíntico funcione de manera óptima ya que tales sellos tienden a ser más efectivos para capturar fluidos que se fugan debido a las fuerzas radiales más altas.

A partir de la discusión anterior, se observará que la disposición de sello 70 es relativamente compacta en la dirección axial a lo largo del eje rotacional R. Esto significa que la función de sellado del elemento de sello 84 es predecible y fiable y no ocupa un espacio excesivo en el volumen anular 74 entre los dos árboles 38, 60. De manera notable, la segunda porción 88 del elemento de sello 84 está posicionada cerca del cojinete, como se muestra por la dimensión D1 en la figura 4. Más específicamente, la dimensión D1 es menor que la distancia radial del volumen anular 74 entre el árbol de salida de caja de engranajes 38 y el tubo de paso 60, que se indica en la figura 4 como la dimensión D2. La dimensión D1 también es menor que el diámetro del tubo de paso 60, que se indica como la dimensión D3. También se observará que la profundidad del elemento de sello 84, es decir, la longitud axial del elemento de sello 84 cuando está orientado como se muestra en la figura 4, como se indica por la dimensión D4, es sustancialmente igual a la de la dimensión D2. Es más, debido a la provisión del receptáculo 92, el cojinete (82) está alojado dentro de la longitud axial del elemento de sello 84 y, en esta realización, no sobresale del receptáculo 92. Esto contribuye al empaquetamiento espacial eficiente de la disposición de sello 70.

El experto apreciará que las realizaciones ilustradas se proporcionan como una indicación de una forma en la que se puede implementar el concepto inventivo. Algunas variantes se han descrito anteriormente, pero otras serán evidentes. Por lo tanto, el alcance de la invención debe determinarse por los términos de las reivindicaciones adjuntas en lugar de las características de las realizaciones ilustradas.

En las realizaciones discutidas anteriormente, la disposición de sello 70 está configurada para montarse directamente en el tubo de paso 60 y también para sellar contra una superficie de rodadura en el tubo de paso 60. Expresado de otra manera, la disposición de sello 70 proporciona un sello orientado radialmente hacia el interior. Sin embargo, se prevé que los principios de la invención se apliquen también a una disposición de sello que puede configurarse para proporcionar un sello radialmente exterior entre dos árboles de rotación. Una configuración de este tipo se representa en la figura 8, en la que se observará que los componentes son comunes con las figuras anteriores, y, por lo tanto, se utilizarán los mismos números de referencia para mayor claridad. No se proporcionará una descripción detallada de esta disposición y solo se explicarán las diferencias.

En esta realización, la disposición de sello 70 está ubicada en la misma posición que en la figura 4, concretamente en el volumen anular 74 entre el tubo de paso 60 y el árbol de salida de generador 38 en una posición axial adyacente al extremo abierto del árbol de salida de caja de engranajes 38. Sin embargo, será evidente que la orientación de la disposición de sello 70 se ha invertido de modo que el cojinete 82 se fija al orificio interno 72 del árbol de salida de caja de engranajes 38 y el elemento de sello 84 es opuesto a y, por lo tanto, sella contra una superficie de rodadura en el árbol de salida de caja de engranajes 38. Se deduce, por lo tanto, que el hueco anular 102 que está cerrado por el sello anular 104 está ahora definido por la superficie radialmente hacia dentro de la disposición de sello 70 y la superficie exterior del tubo de paso 60. En particular, en esta realización se proporciona un conjunto opcional de contraaletas 116 montadas en un soporte 118. Las contraaletas 116 son opuestas a las aletas del elemento de sellado laberíntico 84 y, por lo tanto, proporcionan aislamiento adicional para la disposición de sello 70. Más específicamente, las contraaletas 116 están intercaladas con las aletas del elemento de sellado 84 como entenderá el experto en la técnica. Las contraaletas 116 y el soporte asociado 118 pueden formar un componente anular que podría recibirse sobre el elemento de sellado 84 y el cojinete 82. El conjunto combinado de las contraaletas 116/soporte 118, por lo tanto, el elemento de sellado 84 y el cojinete 82 podrían instalarse como un solo componente.

Se podría proporcionar un canal de drenaje adecuado 120 en el árbol exterior 38 para drenar el fluido de fuga desde la disposición de sello 70 a través de un drenaje o sumidero adecuado.



En la discusión anterior, la disposición de sello 70 está ubicada en el espacio entre árboles de rotación anidados, de tal manera que el árbol radialmente exterior 38 en efecto es un alojamiento rotatorio para el árbol interior/tubo de paso 60. Sin embargo, la invención también puede ser ventajosa en aplicaciones en las que el árbol radialmente interior se extiende a través de un alojamiento estacionario.

## REIVINDICACIONES

1. Aparato que comprende:
  - 5 un primer árbol (38) y un segundo árbol (60) soportados en una relación sustancialmente concéntrica de modo que pueden rotar uno con respecto al otro alrededor de un eje rotacional (R); en el que uno de los árboles primero y segundo (38, 60) pasa a través de un orificio (72) definido en el otro de los árboles primero y segundo (38, 60);
  - 10 una disposición de sello (70) entre los árboles primero y segundo (38, 60), comprendiendo dicha disposición de sello (70) un elemento de sello (84) y un cojinete (82), estando bloqueado el elemento de sello (84) con respecto al movimiento rotacional con respecto a dicho primer árbol (38);
  - 15 en el que la disposición de sello (70) comprende una primera porción (86) que está montada de manera rotatoria en el segundo árbol (60) mediante el cojinete (82) y una segunda porción (88) que está configurada para sellarse contra una superficie de rodadura definida por el segundo árbol (60).
2. El aparato según la reivindicación 1, en el que la disposición de sello (70) comprende una superficie radial (103) que es opuesta al primer árbol (38) definiendo de ese modo un hueco anular (102).
- 20 3. El aparato según la reivindicación 2, en el que la disposición de sello (70) incluye un sello anular flexible (104) que cierra el hueco anular (102).
4. El aparato según la reivindicación 3, en el que el sello anular flexible (104) se extiende entre una superficie (112) del primer árbol (38) y una superficie (114) de la disposición de sello (70) para cerrar el hueco anular (102).
- 25 5. El aparato según las reivindicaciones 3 o 4, en el que el sello anular flexible (104) se extiende entre las respectivas superficies de orientación axial adyacentes del primer árbol y la disposición de sellado.
- 30 6. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que el sello anular flexible (104) es un sello de membrana.
7. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el cojinete (82) en el que está montada la primera porción (86) de la disposición de sello (70) en el primer segundo árbol (60) es un cojinete de rodillos.
- 35 8. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la segunda porción de la disposición de sello (70) incluye uno o más sellos de reborde.
- 40 9. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la segunda porción de la disposición de sello (70) incluye un sello laberíntico.
10. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer árbol (38) es un árbol radialmente exterior a través del cual pasa el segundo árbol (60).
- 45 11. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la primera porción (86) y la segunda porción (88) están definidas por un elemento de sello (84).
- 50 12. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer árbol (38) puede rotar y en el que el segundo árbol (60) puede rotar.
13. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la segunda porción (88) de la disposición de sellado (70) está separada del cojinete (82) por una distancia axial (D1) a lo largo del eje rotacional (R) que es menor que una distancia radial (D2) de un volumen anular (74) definido entre el primer árbol (38) y el segundo árbol (60).
- 55 14. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la longitud axial (D4) de la disposición de sellado (70) tomada a lo largo del eje rotacional (R) es sustancialmente la misma que una distancia radial (D2) de un volumen anular (74) definido entre el primer árbol (38) y el segundo árbol (60).
- 60 15. Aparato que comprende:
  - 65 un alojamiento (38) que define un orificio interno (72);
  - un árbol (60) que se extiende a través del orificio interno (72) y que está montado de manera rotatoria

con respecto al alojamiento (38) para rotar alrededor de un eje rotacional (R);

una disposición de sello (70) entre el orificio interno (72) del alojamiento (38) y el árbol (60), comprendiendo dicha disposición de sello (70) un elemento de sello (84) y un cojinete (82), estando bloqueado el elemento de sello (84) con respecto al movimiento rotacional relativo a dicho alojamiento (38); en el que la disposición de sello (70) comprende un elemento de sello (84) que está separado del orificio interno (72) del alojamiento (38) e incluye una primera porción (86) que está soportada de manera rotatoria en el árbol por el cojinete (82) y una segunda porción (88) que está configurada para sellarse contra una superficie de rodadura definida por el árbol (60).

5

10

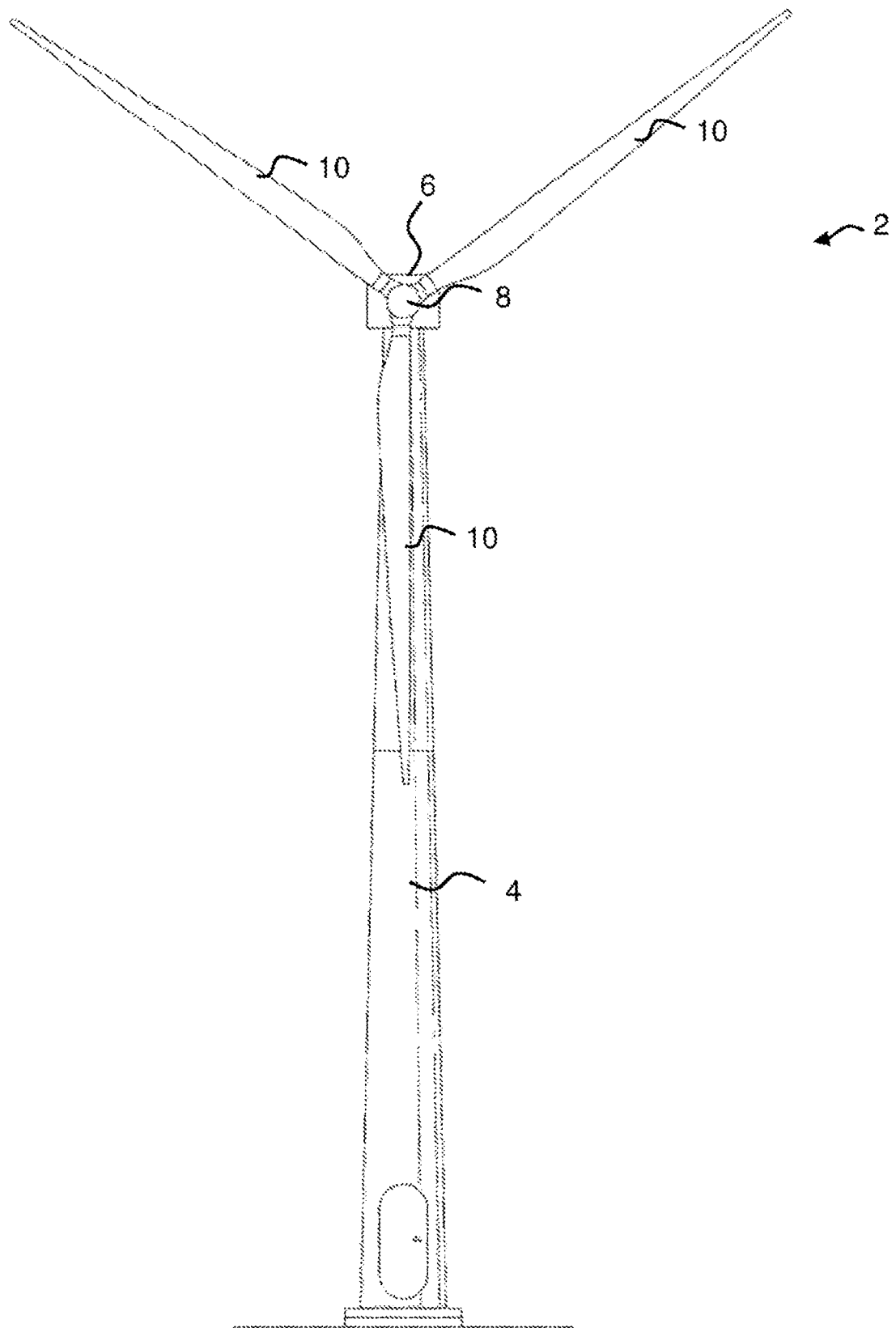


FIG. 1

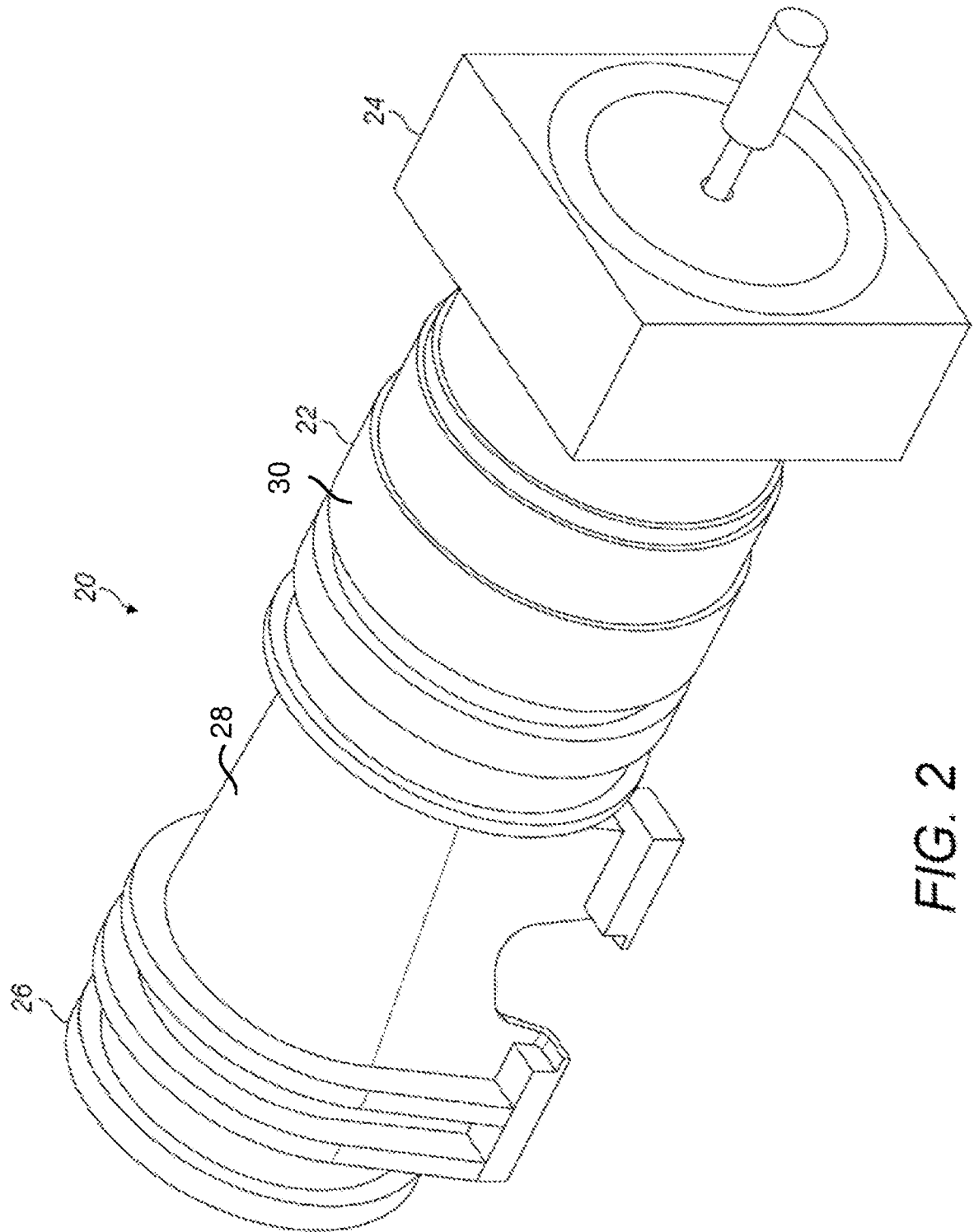


FIG. 2

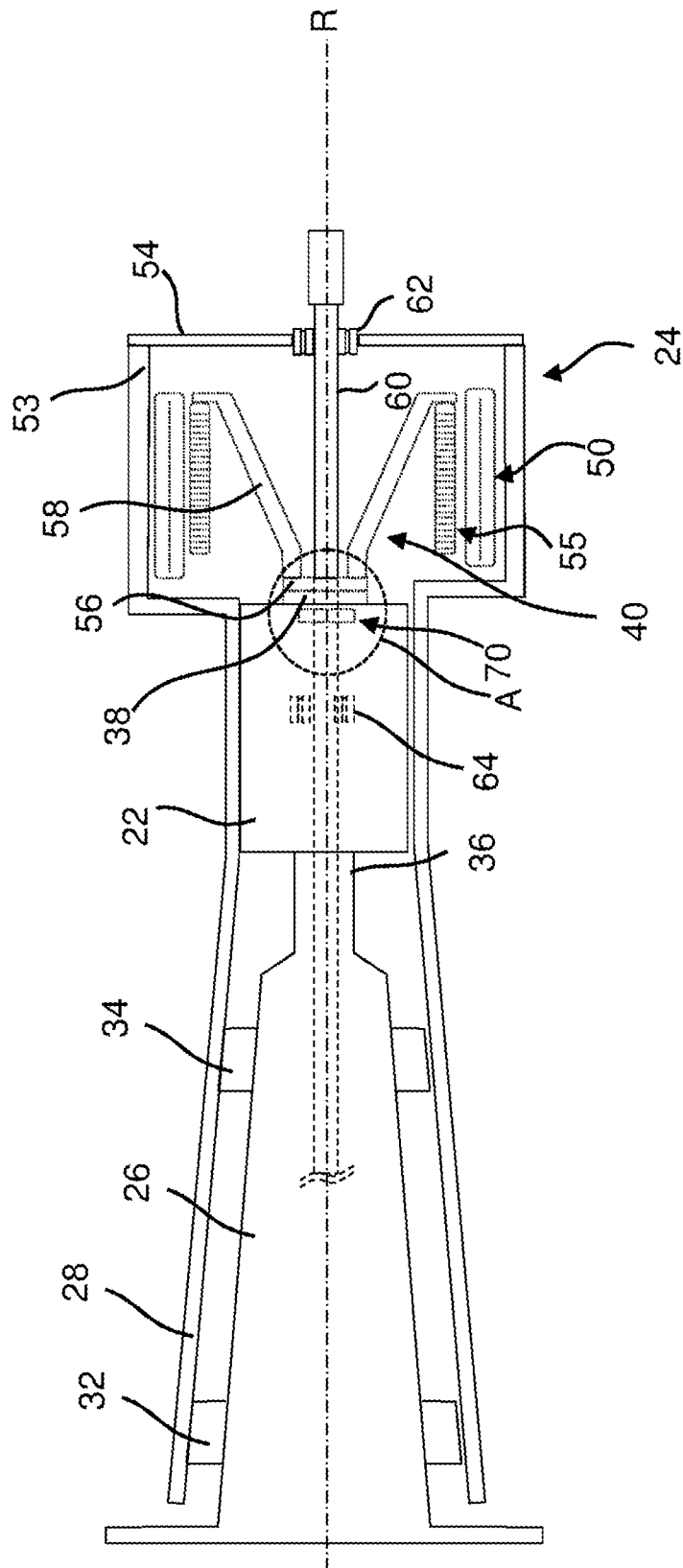


FIG. 3 52

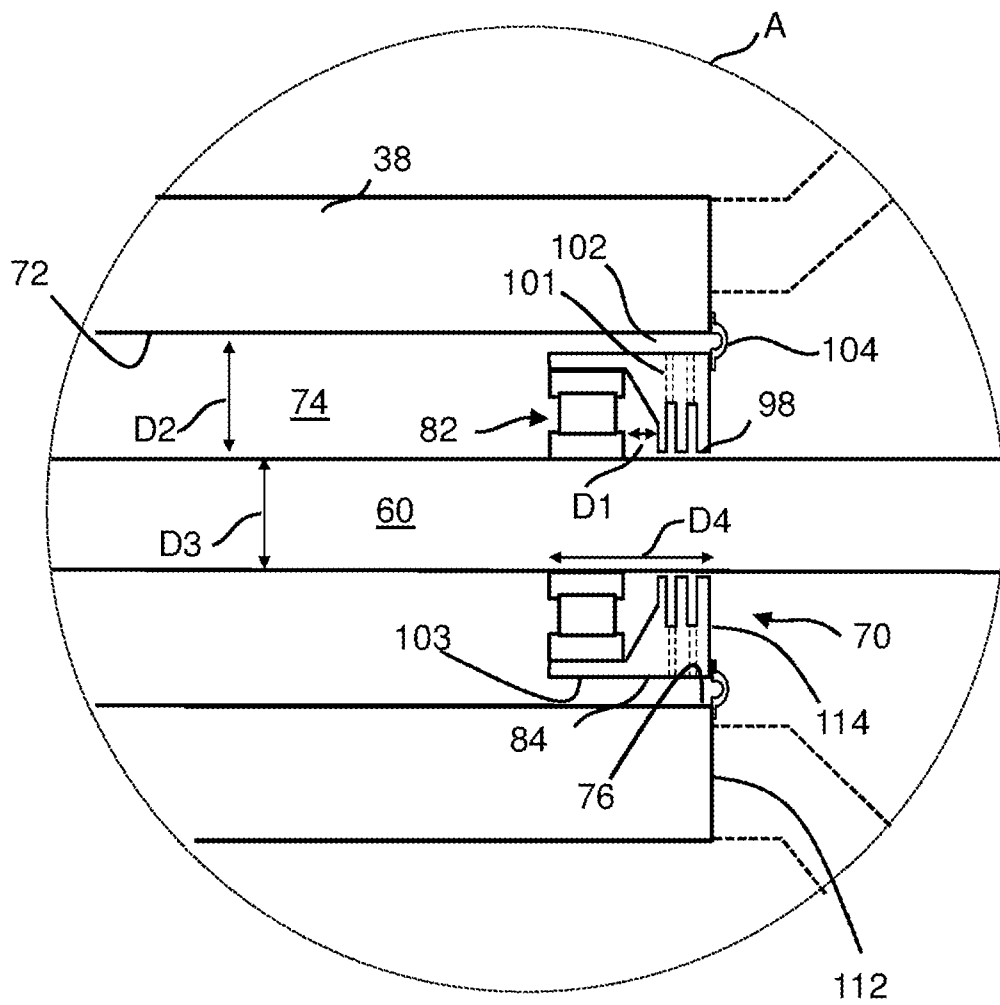


FIG. 4

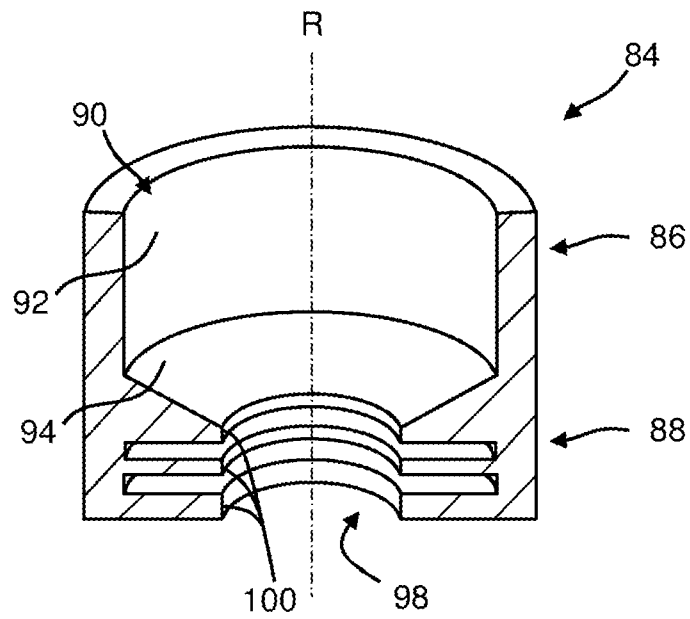


FIG. 5

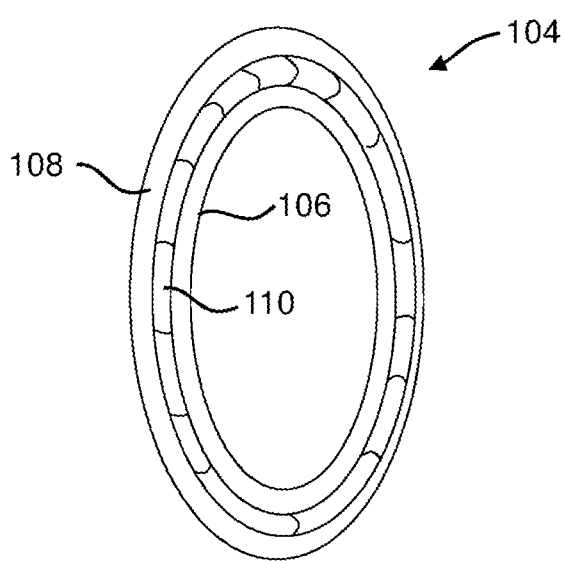


FIG. 6

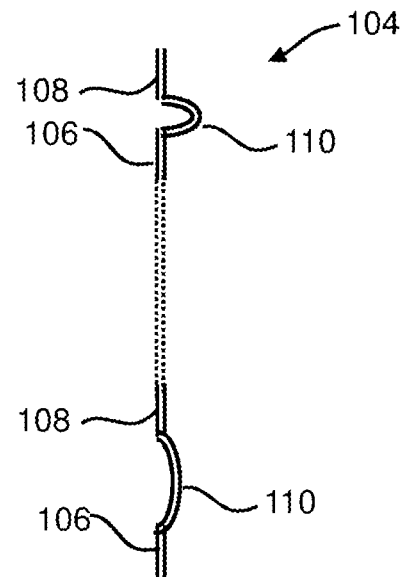


FIG. 7



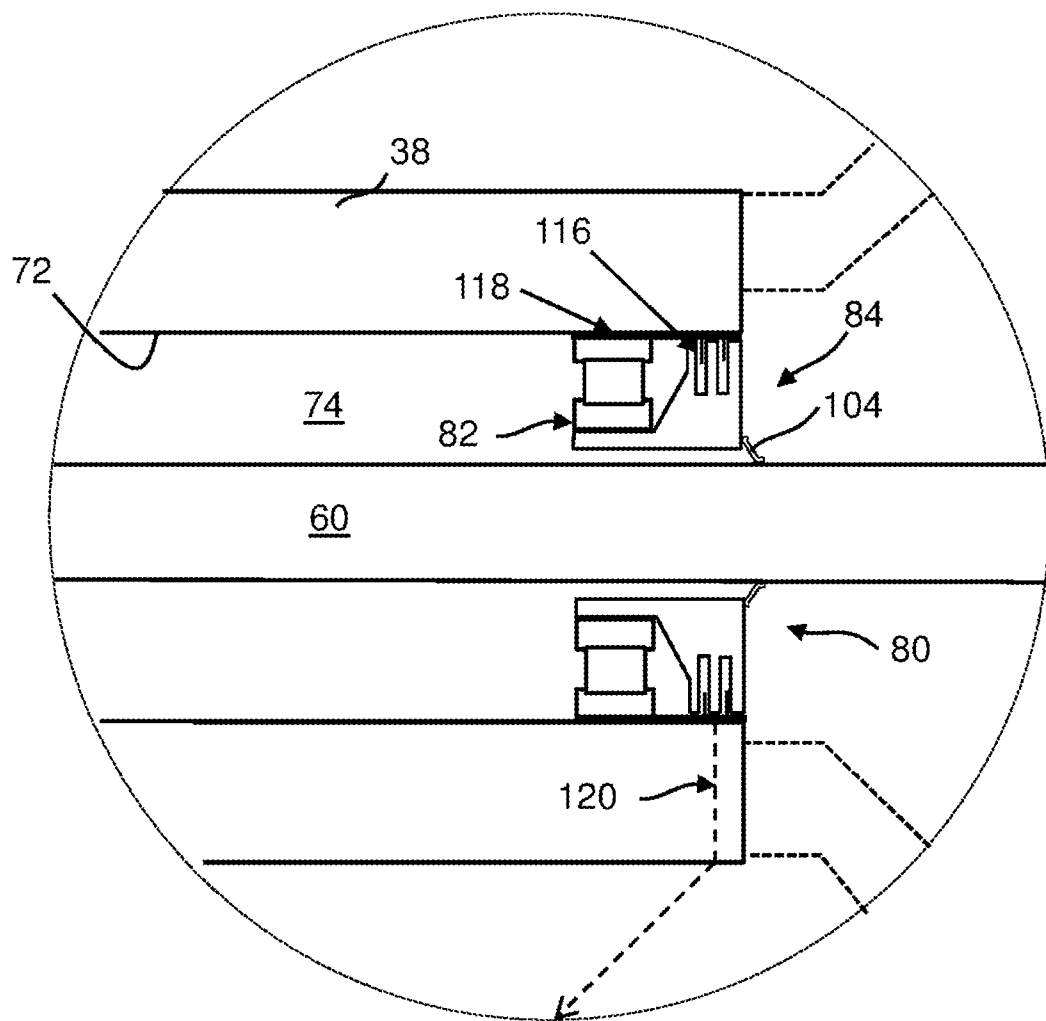


FIG. 8