

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 974 197**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 80/70 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.04.2020** **E 20172167 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2023** **EP 3736438**

54 Título: **Conjunto de rotor que tiene un rodamiento de *pitch* con un anillo de refuerzo**

30 Prioridad:

10.05.2019 US 201916408883

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
26.06.2024

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC RENOVABLES ESPAÑA,
S.L. (100.0%)
Calle Roc Boronat 78
08005 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:

RIEKEN, STEFAN

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 2 974 197 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

Conjunto de rotor que tiene un rodamiento de *pitch* con un anillo de refuerzo

5 Campo

[0001] La presente divulgación se refiere, en general, a turbinas eólicas y, más en particular, a un conjunto de rotor para una turbina eólica que tiene uno o más rodamientos de *pitch* con un anillo de refuerzo ("stiffener ring") para proporcionar una rigidez uniforme al mismo.

10 Antecedentes

[0002] La energía eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y más respetuosas con el medioambiente disponibles en la actualidad, y las turbinas eólicas han obtenido una creciente atención a este respecto. Una turbina eólica moderna incluye típicamente una torre, un generador, una multiplicadora, una góndola y una o más palas de rotor. Las palas de rotor capturan energía cinética del viento usando principios de perfil alar conocidos y transmiten la energía cinética a través de energía de rotación para hacer girar un eje que acopla las palas de rotor a una multiplicadora o, si no se usa una multiplicadora, directamente al generador. A continuación, el generador convierte la energía mecánica en energía eléctrica que se puede distribuir en una red de suministro.

[0003] Para garantizar que la energía eólica siga siendo una fuente de energía viable, se han realizado esfuerzos para incrementar la producción de energía modificando el tamaño y la capacidad de las turbinas eólicas. Una de dichas modificaciones ha sido incrementar la longitud de las palas de rotor. Sin embargo, como se entiende en general, la carga en una pala de rotor es una función de la longitud de pala, junto con la velocidad del viento y los estados de funcionamiento de la turbina. Por tanto, las palas de rotor más largas pueden estar sujetas a una carga incrementada, en particular cuando una turbina eólica está funcionando en condiciones de viento de alta velocidad.

[0004] Durante el funcionamiento de una turbina eólica, las cargas que actúan sobre una pala de rotor se transmiten a través de la pala y hacia la raíz de pala. Después de esto, las cargas se transmiten a través de un rodamiento de *pitch* dispuesto en la interfaz entre la pala de rotor y el buje de turbina eólica. Típicamente, el buje tiene una rigidez mucho mayor que las palas de rotor. Por tanto, debido al diferencial de rigidez entre el buje y las palas de rotor, los rodamientos de *pitch* a menudo están sujetos a cargas extremas, variables y/u opuestas. Por ejemplo, la pista interior de cada rodamiento de *pitch* (es decir, la parte típicamente acoplada a las palas de rotor) puede estar sujeta a cargas variables localizadas resultantes de la flexión de las palas de rotor en el sentido perpendicular al eje entre el borde de ataque y salida ("flapwise") o en el sentido del eje entre el borde de ataque y salida ("edgewise"), mientras que la pista exterior de cada rodamiento de *pitch* (es decir, la parte típicamente acoplada al buje) puede estar sujeta a cargas menores y/o diferentes. Esta variación en la carga a través de las pistas interiores y exteriores puede dar como resultado daños y/o deformación sustanciales a los rodamientos de *pitch* provocados por altos niveles de empuje, altas tensiones de contacto de rodamiento, altos momentos resultantes de raíz de pala y zonas de presión fuerte. El documento US 7 874 800 B2 se refiere a una instalación de energía eólica con una carcasa de buje de rotor, que se puede conectar por medio de una unión a al menos un rodamiento de *pitch*, y con al menos una pala de rotor, de la que la pala de rotor está conectada al rodamiento de *pitch*, en la que en el lado de pala de rotor del rodamiento de *pitch* se proporciona un elemento de refuerzo en la pala de rotor. El documento EP 2 933 476 A1 se refiere a un rodamiento de *pitch* reforzado de una turbina eólica. El documento US 2014/0377069 A1 se refiere a un conjunto de rodamiento de *pitch* con un refuerzo.

[0005] En consecuencia, sería ventajoso un conjunto de rotor mejorado para una turbina eólica que tenga un rodamiento de *pitch* con un anillo de refuerzo para reducir los niveles de tensión.

50 Breve descripción

[0006] Los aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden ser obvios a partir de la descripción, o se pueden aprender a través de la práctica de la invención.

[0007] En un aspecto, la presente divulgación está dirigida a un conjunto de rotor para una turbina eólica. El conjunto de rotor incluye una pala de rotor que se extiende entre una raíz de pala y una punta de la pala, un buje rotatorio, un rodamiento de *pitch* dispuesto entre la pala de rotor y un buje de la turbina eólica, y un anillo de refuerzo. El rodamiento de *pitch* tiene una pista exterior, una pista interior rotatoria en relación con la pista exterior, y una pluralidad de elementos de rodillo dispuestos entre la pista exterior y la pista interior. El anillo de refuerzo está dispuesto entre una de la pista interior o la pista exterior del rodamiento de *pitch* y la raíz de pala. Además, el anillo de refuerzo tiene una forma simétrica para proporcionar rigidez uniforme al rodamiento de *pitch*.

[0008] En un modo de realización, la pista interior puede estar acoplada a la raíz de pala de la pala de rotor y la pista exterior está acoplada a un buje de la turbina eólica. En otro modo de realización, el anillo de refuerzo puede estar acoplado entre la pista interior del rodamiento de *pitch* y la raíz de pala de la pala de rotor.

[0009] En otro modo de realización, el anillo de refuerzo puede estar acoplado entre la pista interior del rodamiento de *pitch* y la raíz de pala de la pala de rotor por medio de una pluralidad de pernos de raíz o un ajuste por presión. En otros modos de realización, el anillo de refuerzo puede extenderse radialmente hacia adentro de la pista interior del rodamiento de *pitch*.

[0010] En un modo de realización, el anillo de refuerzo puede definir un diámetro exterior y un diámetro interior. En dichos modos de realización, el diámetro exterior del anillo de refuerzo puede ser igual a o menor que un diámetro exterior de la pista interior, mientras que el diámetro interior del anillo de refuerzo puede ser menor que un diámetro interior de la pista interior del rodamiento de *pitch*. En un modo de realización, el diámetro interior puede definir una abertura central del anillo de refuerzo.

[0011] En varios modos de realización, el anillo de refuerzo puede incluir además un primer reborde circunferencial situado en y rodeando circunferencialmente la abertura central. En modos de realización particulares, el primer reborde circunferencial puede extenderse hacia la punta de pala de la pala de rotor.

[0012] En un modo de realización, el anillo de refuerzo puede incluir un segundo reborde circunferencial situado en y rodeando circunferencialmente el diámetro exterior del anillo de refuerzo. Aún en otro modo de realización, el anillo de refuerzo también puede incluir al menos una nervadura de refuerzo ("stiffener rib") en una posición radial entre los diámetros exterior e interior del anillo de refuerzo.

[0013] En un modo de realización, la abertura central puede incluir una cubierta extraíble que forma un mamparo. En otro modo de realización, la cubierta extraíble puede estar construida con una pluralidad de segmentos.

[0014] En otro aspecto, la presente divulgación está dirigida a una turbina eólica. La turbina eólica incluye una torre, una góndola montada encima de la torre y un rotor montado en la góndola. El rotor incluye un buje rotatorio que tiene una pluralidad de palas de rotor aseguradas al mismo. Cada una de las palas de rotor se extiende entre una raíz de pala y una punta de pala. La turbina eólica también incluye un rodamiento de *pitch* dispuesto entre cada una de la pluralidad de palas de rotor y el buje rotatorio. Cada uno de los rodamientos de *pitch* incluye una pista exterior, una pista interior rotatoria en relación con la pista exterior y una pluralidad de elementos de rodillo dispuestos entre la pista exterior y la pista interior. La turbina eólica también incluye un anillo de refuerzo dispuesto entre cada uno de los rodamientos de *pitch* y cada una de las raíces de pala de las palas de rotor. Además, cada uno de los anillos de refuerzo tiene una forma simétrica para proporcionar una rigidez uniforme al rodamiento de *pitch*.

[0015] Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y constituyen parte de esta memoria descriptiva, ilustran modos de realización de la invención y, conjuntamente con la descripción, sirven para exponer los principios de la invención.

Breve descripción de los dibujos

[0016] Una divulgación completa y suficiente de la presente invención, incluyendo el mejor modo de la misma, dirigida a un experto en la técnica, se expone en la memoria descriptiva, que hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 2 ilustra una vista en perspectiva de una de las palas de rotor de la turbina eólica mostrada en la FIG. 1;

la FIG. 3 ilustra una vista en sección transversal de un modo de realización del buje de la turbina eólica de acuerdo con aspectos de la presente divulgación;

la FIG. 4 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización del buje con uno de los anillos de refuerzo dispuestos en cada una de las aberturas del buje de acuerdo con la presente divulgación, con las palas del rotor retiradas para ilustrar los detalles del mismo;

la FIG. 5 ilustra una vista en sección transversal de un modo de realización de una de las palas de rotor asegurada al buje con uno de los anillos de refuerzo de acuerdo con la presente divulgación dispuesto entre ellos;

la FIG. 6 ilustra una vista en sección transversal de otro modo de realización de una de las palas de rotor asegurada al buje con uno de los anillos de refuerzo de acuerdo con la presente divulgación dispuesto entre ellos;

la FIG. 7 ilustra una vista frontal de un modo de realización del anillo de refuerzo de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 8 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización del anillo de refuerzo de acuerdo con la presente divulgación;

5 la FIG. 9 ilustra una vista lateral de un modo de realización del anillo de refuerzo de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 10 ilustra una vista frontal de otro modo de realización del anillo de refuerzo de acuerdo con la presente divulgación;

10 la FIG. 11 ilustra una vista en perspectiva de otro modo de realización del anillo de refuerzo de acuerdo con la presente divulgación, que ilustra en particular una cubierta dispuesta con una abertura central del anillo de refuerzo.

Descripción detallada

15 **[0017]** Ahora se hará referencia en detalle a modos de realización de la invención, de los que se ilustran uno o más ejemplos en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De hecho, será evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, se pueden usar características ilustradas o descritas como parte de un modo de realización con otro modo de realización para proporcionar todavía otro modo de realización. Por tanto, se pretende que la presente invención cubra dichas modificaciones y variaciones como vengan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

25 **[0018]** En general, la presente divulgación está dirigida a un conjunto de rotor para una turbina eólica que tiene una pala de rotor, un rodamiento de *pitch* y un anillo de refuerzo fijado entre el rodamiento de *pitch* y la pala de rotor. Además, el anillo de refuerzo tiene una geometría uniforme que proporciona rigidez a las pistas interiores y/o exteriores de forma uniforme, posibilitando, de este modo, niveles de tensión reducidos y deformación reducida en el anillo de rodamiento. Como tal, el anillo de refuerzo también posibilita que los elementos de rodillo de rodamiento proporcionen la trayectoria de carga y la carga requeridas en circunstancias operativas extremas de la turbina eólica. Además, el anillo de refuerzo posibilita que el personal de servicio entre en la pala de rotor desde el buje, pero también posibilita una función de mamparo para la pala de rotor.

35 **[0019]** En referencia ahora a los dibujos, la FIG. 1 ilustra una vista lateral de un modo de realización de una turbina eólica 10 de acuerdo con la presente divulgación. Como se muestra, la turbina eólica 10, en general, incluye una torre 12, una góndola 14 montada en la torre 12 y un rotor 16 acoplado a la góndola 14. El rotor 16 incluye un buje rotatorio 18 y al menos una pala de rotor 20 acoplada a y que se extiende hacia afuera desde el buje 18. Por ejemplo, en el modo de realización ilustrado, el rotor 16 incluye tres palas 20 de rotor. Sin embargo, en un modo de realización alternativo, el rotor 16 puede incluir más o menos de tres palas de rotor 20. Cada pala de rotor 20 puede estar espaciada alrededor del buje 18 para facilitar la rotación del rotor 16 para posibilitar que la energía cinética se transfiera desde el viento para convertirse en energía mecánica utilizable y, posteriormente, energía eléctrica. Por ejemplo, el buje 18 se puede acoplar de forma rotatoria a un generador eléctrico (no mostrado) situado dentro de la góndola 14 para permitir que se produzca energía eléctrica.

45 **[0020]** En referencia ahora a la FIG. 2, se ilustra una vista en perspectiva de una de las palas de rotor 20 mostradas en la FIG. 1 de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. Como se muestra, la pala de rotor 20 incluye una raíz de pala 22 configurada para montar la pala de rotor 20 en el buje 18 de la turbina eólica 10 (FIG. 1) y una punta de pala 24 dispuesta opuesta a la raíz de pala 22. Un cuerpo 26 de la pala de rotor 20 puede extenderse longitudinalmente entre la raíz de pala 22 y la punta de pala 24 y, en general, puede servir de concha exterior de la pala de rotor 20. Como se entiende en general, el cuerpo 26 puede definir un perfil aerodinámico (por ejemplo, definiendo una sección transversal conformada como perfil alar, tal como una sección transversal conformada como perfil alar simétrico o arqueado) para posibilitar que la pala de rotor 20 capture energía cinética del viento usando principios aerodinámicos conocidos. Por tanto, el cuerpo 26 puede incluir, en general, un lado de presión 28 y un lado de succión 30 que se extienden entre un borde de ataque 32 y un borde de salida 34. Adicionalmente, la pala de rotor 20 puede tener una envergadura 36 que define la longitud total del cuerpo 26 entre la raíz de pala 22 y la punta de pala 24 y una cuerda 38 que define la longitud total del cuerpo 26 entre el borde de ataque 32 y el borde de salida 34. Como se entiende en general, la cuerda 38 puede variar en longitud con respecto a la envergadura 26 a medida que el cuerpo 26 se extiende desde la raíz de pala 22 hasta la punta de pala 24.

60 **[0021]** Además, como se muestra, la pala de rotor 20 también puede incluir una pluralidad de pernos en T o conjuntos de fijación de raíz 40 para acoplar la raíz de pala 20 al buje 18 de la turbina eólica 10. En general, cada conjunto de fijación de raíz 40 puede incluir una tuerca pasador ("barrel nut") 44 montada dentro de una parte de la raíz de pala 22 y un perno de raíz 42 acoplado a y que se extiende desde la tuerca pasador 44 para sobresalir hacia afuera desde un extremo de raíz 46 de la raíz de pala 22. De forma alternativa, la tuerca pasador 44 se puede eliminar del conjunto de fijación de raíz 40. Por ejemplo, cada uno de los conjuntos de fijación de raíz 40 puede incluir simplemente un perno de raíz roscado 42 que sobresale hacia afuera desde el extremo de raíz 46 de la raíz de pala 22. Al sobresalir hacia afuera desde el extremo de raíz 46, los pernos de raíz 42, en general, se pueden usar para acoplar la raíz de pala 22

al buje 18 (por ejemplo, por medio de un rodamiento de *pitch* 52 (véase, por ejemplo, la FIG. 5)), como se describirá con mayor detalle a continuación.

[0022] En referencia ahora a la FIG. 3, se ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización del buje 18 de la FIG. 1. Como se muestra, el buje 18 tiene un cuerpo hueco 21 hecho de un material fundido adecuado que es básicamente conocido por los expertos en la técnica. También se pueden usar otros materiales que proporcionen la rigidez requerida. El cuerpo hueco 21 puede incluir un primer extremo 23 y un segundo extremo 25 en el que el eje hueco (no mostrado) de la turbina eólica 10 está montado en el primer extremo 23 del cuerpo hueco 21.

[0023] Además, como se muestra, se pueden disponer una pluralidad de rebordes 27 en el exterior del cuerpo hueco 21, estando los rebordes 27 desplazados aproximadamente 120°. Además, cada reborde 27 puede definir un área de reborde 29 o abertura dentro del respectivo reborde 27 y que se extiende en un plano. Por tanto, como se muestra, dentro de cada área de reborde 29 o abertura, el buje 18 puede incluir una o más almas ("webs") de refuerzo 35 formadas solidariamente ("integrally formed") con la pared del cuerpo hueco 21 del buje 18 y que se extienden desde el reborde 27 radialmente hacia adentro hasta el centro 37 del área de reborde 29. Además, como se muestra, las almas de refuerzo 35 pueden estar solidariamente conectadas entre sí. De forma alternativa, se debe entender que las almas de refuerzo 35 pueden estar separadas fijadas al buje 18 en lugar de ser solidarias con el buje 18.

[0024] En modos de realización adicionales, como se muestra en la FIG. 4, las partes de cada una de la pluralidad de aberturas 29 que permanecen abiertas pueden estar al menos parcialmente alineadas con las aberturas centrales 55 de los anillos de refuerzo 50 descritos en el presente documento. De este modo, al alinear los orificios, el personal puede entrar a través tanto del buje 18 como de la pala de rotor 20 para procedimientos de reparación y/o mantenimiento.

[0025] Todavía en referencia a la FIG. 3, una de las almas de refuerzo 35 puede incluir una abertura 39 a través de la que puede extenderse el eje de rotor de un accionamiento de *pitch* de pala de rotor (no mostrados ninguno) para hacer rotar la pala de rotor 20. En consecuencia, el accionamiento de *pitch* puede estar montado en ese alma de refuerzo 35 específica.

[0026] En referencia ahora a la FIGS. 4 y 5, se ilustran diversas vistas del buje 18 y una de las palas de rotor 20 que tiene un anillo de refuerzo 50 dispuesto con el mismo de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. Como se muestra en particular en la FIG. 4, la pala del rotor 20 puede estar acoplada al buje 18 por medio de un rodamiento de *pitch* 52. Además, como se muestra, el rodamiento de *pitch* 52 incluye una pista de rodamiento exterior 54, una pista de rodamiento interior 56 y una pluralidad de elementos de rodillo (por ejemplo, rodamientos de bolas 58) dispuestos entre las pistas exterior e interior 54, 56.

[0027] En un modo de realización, la pista exterior 54 está configurada, en general, para montarse en el buje 18 usando una pluralidad de pernos de buje 62 y/u otros mecanismos de sujeción adecuados. De forma similar, la pista interior 56 está configurada, en general, para montarse en la raíz de pala 22 de la pala de rotor 20 usando una pluralidad de pernos de raíz 42. Por ejemplo, como se muestra en particular en la FIG. 5, el/los perno(s) de raíz 42 se extiende(n) entre un primer extremo 64 y un segundo extremo 66. El primer extremo 64 de cada perno de raíz 42 puede estar configurado para acoplarse a una parte de la pista interior 56, tal como acoplando el primer extremo 64 a la pista de rodamiento interior 56 usando una tuerca de fijación 68 y/u otro mecanismo de sujeción adecuado. El segundo extremo 66 de cada perno de raíz 42 puede estar configurado para acoplarse a la raíz de pala 22 por medio de una tuerca pasador 44.

[0028] Como se entiende en general, la pista interior 56 puede estar configurada para rotar en relación con la pista exterior 54 (por medio de los elementos de rodillo 58) para permitir que se ajuste el ángulo de *pitch* de cada pala de rotor 20. Como se muestra en la FIGS. 5 y 6, dicha rotación relativa de las pistas exterior e interior 54, 56 se puede lograr usando un mecanismo de ajuste de *pitch* 72 montado dentro de una parte del buje 18.

[0029] En general, el mecanismo de ajuste de *pitch* 72 puede incluir cualquier componente adecuado y puede tener cualquier configuración adecuada que permita que el mecanismo 72 funcione como se describe en el presente documento. Por ejemplo, como se muestra en el modo de realización ilustrado, el mecanismo de ajuste de *pitch* 72 puede incluir un motor de accionamiento de *pitch* 74 (por ejemplo, un motor eléctrico), una caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 76 y un piñón de accionamiento de *pitch* 78. En un modo de realización de este tipo, el motor de accionamiento de *pitch* 74 puede estar acoplado a la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 76 de modo que el motor 74 confiera fuerza mecánica a la caja de engranajes 76. De forma similar, la caja de engranajes 76 puede estar acoplada al piñón de accionamiento de *pitch* 78 para su rotación con el mismo. El piñón 78, a su vez, puede estar engranado de forma rotatoria con la pista interior 56.

[0030] Por ejemplo, como se muestra en la FIGS. 5 y 6, se puede formar una pluralidad de dientes de engranaje 80 a lo largo de una circunferencia interior 86 de la pista interior 56 (o una superficie exterior de la pista exterior 54, estando configurados los dientes de engranaje 80 para engranarse con los correspondientes dientes de engranaje 82 formados en el piñón 78. Por tanto, debido al engranaje de los dientes de engranaje 80, 82, la rotación del piñón de

accionamiento de *pitch* 78 da como resultado la rotación de la pista interior 56 en relación con la pista exterior 54 o viceversa y, por tanto, la rotación de la pala de rotor 20 en relación con el buje 18.

[0031] En referencia ahora a la FIGS. 4-9, se ilustran diversas vistas detalladas del anillo de refuerzo 50 de acuerdo con la presente divulgación. Además, como se muestra, el anillo de refuerzo 50 tiene una forma simétrica para proporcionar rigidez uniforme al rodamiento de *pitch* 52. Por ejemplo, la FIG. 4 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización del buje 18 con uno de los anillos de refuerzo 50 dispuesto en cada una de las aberturas 29 del buje 18, con las palas de rotor 20 retiradas para ilustrar los detalles del mismo. Las FIGS. 5 y 6 ilustran vistas en sección transversal de múltiples modos de realización de una de las palas de rotor 20 asegurada al buje 18 con uno de los anillos de refuerzo 50 dispuesto entre ellos. La FIG. 7 ilustra una vista frontal de un modo de realización del anillo de refuerzo 50 de acuerdo con la presente divulgación. La FIG. 8 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización del anillo de refuerzo 50 de acuerdo con la presente divulgación. La FIG. 9 ilustra una vista lateral de un modo de realización del anillo de refuerzo 50 de acuerdo con la presente divulgación.

[0032] El anillo de refuerzo 50 puede estar dispuesto entre una de la pista interior 56 o la pista exterior 54 del rodamiento de *pitch* 52 y la raíz de pala 22. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 5, el anillo de refuerzo 50 está dispuesto entre la pista interior 56 del rodamiento de *pitch* 52 y la raíz de pala 22. Más específicamente, en un modo de realización, el anillo de refuerzo 50 puede estar acoplado entre la pista interior 56 y la raíz de pala 22 por medio de la pluralidad de pernos de raíz 42 (como se muestra) o un ajuste por presión. En otro modo de realización, como se muestra, la pista interior 56 puede estar acoplada a la raíz de pala 22 de la pala de rotor 20 y la pista exterior 54 puede estar acoplada al buje 18.

[0033] De forma alternativa, como se muestra en la FIG. 6, el anillo de refuerzo 50 está dispuesto entre la pista exterior 54 del rodamiento de *pitch* 52 y la raíz de pala 22. Más específicamente, en un modo de realización, el anillo de refuerzo 50 puede estar acoplado entre la pista exterior 54 y la raíz de pala 22 por medio de la pluralidad de pernos de raíz 42 (como se muestra) o un ajuste por presión.

[0034] Además, como se muestra en la FIGS. 4 y 5, el anillo de refuerzo 50 puede extenderse radialmente hacia adentro de la pista interior 56 del rodamiento de *pitch* 52. Además, como se muestra en la FIGS. 5-8, el anillo de refuerzo 50 puede definir un diámetro exterior 51 y un diámetro interior 53. En dichos modos de realización, como se muestra en particular en la FIG. 5, el diámetro exterior 51 puede ser igual a o menor que un diámetro exterior 57 de la pista interior 56, mientras que el diámetro interior 53 puede ser menor que un diámetro interior 59 de la pista interior 56. En otro modo de realización, como se muestra, el diámetro interior 53 del anillo de refuerzo 50 puede definir una abertura central 55. Por tanto, la abertura central 55 permite que el personal pase fácilmente a través del anillo de refuerzo 50, mientras que mantiene suficiente rigidez en el rodamiento de *pitch* 52 para evitar una deformación excesiva o inadmisibles o una concentración de tensión durante el funcionamiento de la turbina eólica 10.

[0035] En referencia, en particular, a la FIGS. 5 y 8-9, el anillo de refuerzo 50 puede incluir además un primer reborde circunferencial 60 situado en y rodeando circunferencialmente la abertura central 55. Por tanto, el primer reborde circunferencial 60 está configurado para proporcionar rigidez uniforme adicional al anillo de refuerzo 50. En varios modos de realización, como se muestra en la FIG. 5, el primer reborde circunferencial 60 puede extenderse hacia la punta de pala 24 de la pala de rotor 20.

[0036] En referencia ahora a la FIG. 10, se ilustra una vista frontal de otro modo de realización del anillo de refuerzo 50 de acuerdo con la presente divulgación. Como se muestra, el anillo de refuerzo 50 puede incluir cualquier combinación de características descritas en el presente documento. Además, como se muestra, el anillo de refuerzo 50 también puede incluir al menos una nervadura de refuerzo 65 en una posición radial entre los diámetros exterior e interior 51, 53 del anillo de refuerzo 50. En otras palabras, se debe entender que se puede proporcionar cualquier número de nervaduras y/o rebordes en el anillo de refuerzo 50 para proporcionar la rigidez uniforme deseada al mismo. Además, las diversas nervaduras y/o rebordes pueden ser concéntricas entre sí. Además, las nervaduras y/o rebordes pueden tener cualquier forma adecuada, tal como una forma en L, una forma en T o una forma en O.

[0037] En referencia ahora a la FIG. 11, en determinados modos de realización, el anillo de refuerzo 50 también puede incluir una cubierta extraíble 70 que cubre la abertura central 55 para formar un mamparo para que lo use el personal, por ejemplo, durante reparaciones y/o procedimientos de mantenimiento. Por ejemplo, como se muestra, la cubierta 70 puede estar dispuesta en un lado interior del anillo de refuerzo 50 de modo que se pueda acceder a la cubierta 70 desde el interior del buje 18. Por tanto, en un modo de realización, la cubierta 70 se puede formar con cualquier material adecuado, tal como acero, aluminio o plástico reforzado con fibra. La cubierta extraíble 70 puede ser una cubierta unitaria o puede estar construida con una pluralidad de segmentos 71. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 10, la cubierta extraíble 70 se puede construir con una pluralidad de segmentos 71. Por tanto, en dichos modos de realización, la cubierta extraíble 70 puede tener bisagras para formar una puerta por la que el personal pueda entrar y salir fácilmente.

[0038] Además, como se muestra, el anillo de refuerzo 50 puede tener una pluralidad de orificios (por ejemplo, debajo de la cubierta 70 y, por lo tanto, no mostrados) configurados para alojar una pluralidad de elementos de sujeción 75 (por ejemplo, tuercas remachables, pernos, pasadores, etc.) que aseguran la cubierta 70 al anillo 50. En

consecuencia, la cubierta 70 se puede diseñar para transferir cargas durante el funcionamiento de la turbina eólica 10. Con dicha capacidad de soporte de carga, el anillo de refuerzo 50 puede tener un espesor reducido o puede tener menos nervaduras/rebordes de refuerzo como se describe en el presente documento.

- 5 **[0039]** Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el mejor modo, y también para posibilitar que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo fabricar y usar cualquier dispositivo o sistema y realizar cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica. Se pretende que dichos otros ejemplos estén dentro del alcance de las reivindicaciones si incluyen elementos estructurales que no
- 10 difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales del lenguaje literal de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de rotor para una turbina eólica (10), comprendiendo el conjunto de rotor:
 - 5 una pala de rotor (20) que se extiende entre una raíz de pala (22) y una punta de pala (24);
un buje rotatorio (18);
un rodamiento de *pitch* (52) dispuesto entre la pala de rotor (20) y el buje rotatorio (18), comprendiendo el rodamiento de *pitch* (52) una pista exterior (54), una pista interior (56) rotatoria en relación con la pista exterior (54), y una pluralidad de elementos de rodillo (58) dispuestos entre la pista exterior (54) y la pista interior (56); y
10 un anillo de refuerzo (50) dispuesto entre una de la pista interior (56) o la pista exterior (54) del rodamiento de *pitch* (52) y la raíz de pala (22), comprendiendo el anillo de refuerzo (50) una forma simétrica para proporcionar una rigidez uniforme al rodamiento de *pitch* (52), en el que el anillo de refuerzo (50) comprende un diámetro exterior (51) y un diámetro interior, siendo el diámetro exterior (51) igual a o menor que un diámetro exterior (57) de la pista interior (56), siendo el diámetro interior (53) menor que un diámetro interior (59) de la pista interior (56) del rodamiento de *pitch* (52), definiendo el diámetro interior una abertura central del anillo de refuerzo, en el que el anillo de refuerzo (50) comprende además un primer reborde circunferencial (60) situado en y rodeando circunferencialmente la abertura central (55).
 - 20 2. El conjunto de rotor de la reivindicación 1, en el que la pista interior (56) está acoplada a al menos uno de la raíz de pala (22) de la pala de rotor (20) o el buje rotatorio (18) y la pista exterior (54) está acoplada al otro de la raíz de pala (22) de la pala de rotor (20) o el buje rotatorio (18).
 3. El conjunto de rotor de la reivindicación 2, en el que el anillo de refuerzo (50) está acoplado entre la pista interior (56) del rodamiento de *pitch* (52) y la raíz de pala (22) de la pala de rotor (20).
 - 25 4. El conjunto de rotor de la reivindicación 1 o 2, en el que el anillo de refuerzo (50) está acoplado entre la pista interior (56) del rodamiento de *pitch* (52) y la raíz de pala (22) de la pala de rotor (20) por medio de una pluralidad de pernos de raíz (42) o un ajuste por presión.
 - 30 5. El conjunto de rotor de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el anillo de refuerzo (50) se extiende radialmente hacia adentro de la pista interior (56) del rodamiento de *pitch* (52).
 6. El conjunto de rotor de la reivindicación 1, en el que el primer reborde circunferencial (60) se extiende hacia la punta de pala (24) de la pala de rotor (20).
 - 35 7. El conjunto de rotor de la reivindicación 1 o 6, en el que el anillo de refuerzo (50) comprende además un segundo reborde circunferencial situado en y rodeando circunferencialmente el diámetro exterior (51) del anillo de refuerzo (50).
 - 40 8. El conjunto de rotor de cualquiera de las reivindicaciones 1, 6 o 7, en el que el anillo de refuerzo (50) comprende además al menos una nervadura de refuerzo (65) en una posición radial entre los diámetros exterior e interior (51, 53) del anillo de refuerzo (50).
 - 45 9. El conjunto de rotor de cualquiera de las reivindicaciones 1, 6 o 7, en el que la abertura central (55) comprende además una cubierta extraíble (70).
 10. El conjunto de rotor de la reivindicación 9, en el que la cubierta extraíble (70) está construida con una pluralidad de segmentos (71).
 - 50 11. Una turbina eólica (10), que comprende:
 - una torre (12);
una góndola (14) montada encima de la torre (12);
55 el conjunto de rotor de la reivindicación 1, estando montado el conjunto de rotor en la góndola (14).
 12. La turbina eólica (10) de la reivindicación 11, en la que el anillo de refuerzo (50) está acoplado entre al menos una de la pista interior (56) o la pista exterior (54) del rodamiento de *pitch* (52) y la raíz de pala (22) de la pala de rotor (20) por medio de una pluralidad de pernos de raíz (42) o un ajuste por presión.
 - 60 13. La turbina eólica (10) de la reivindicación 12, en la que el anillo de refuerzo (50) se extiende radialmente hacia adentro de las pistas interiores (56) de los rodamientos de *pitch* (52).

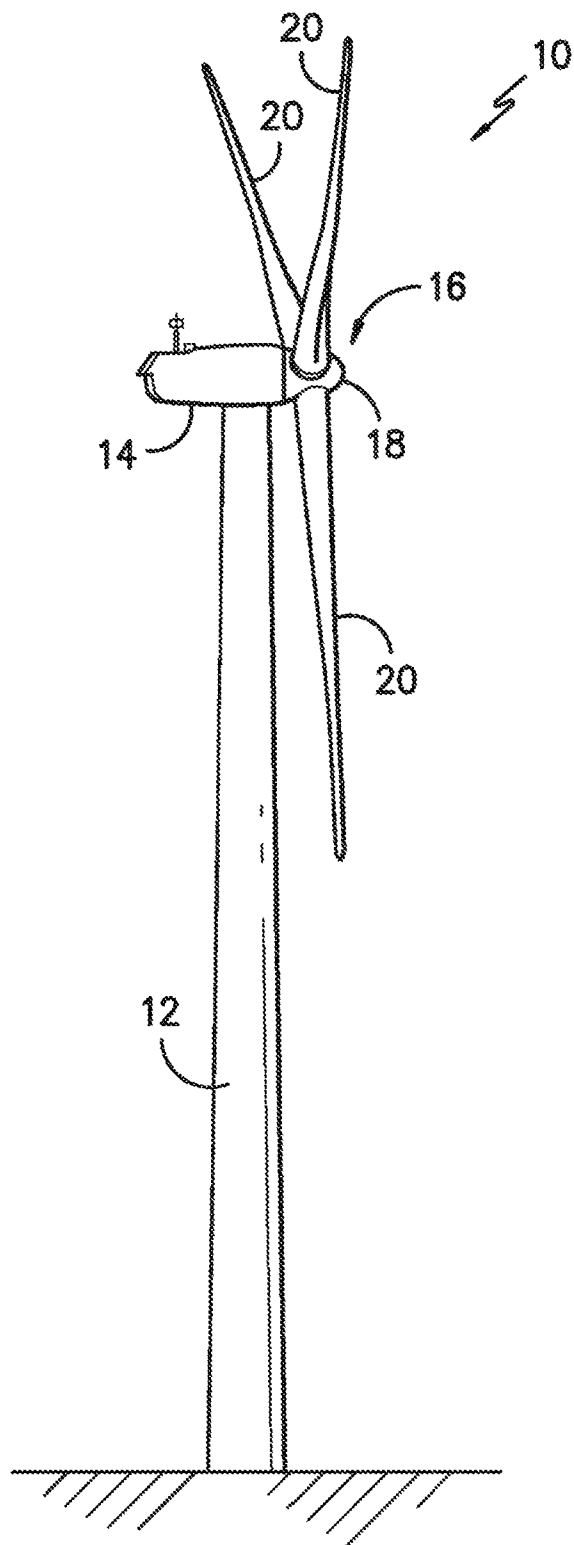


FIG. -1-

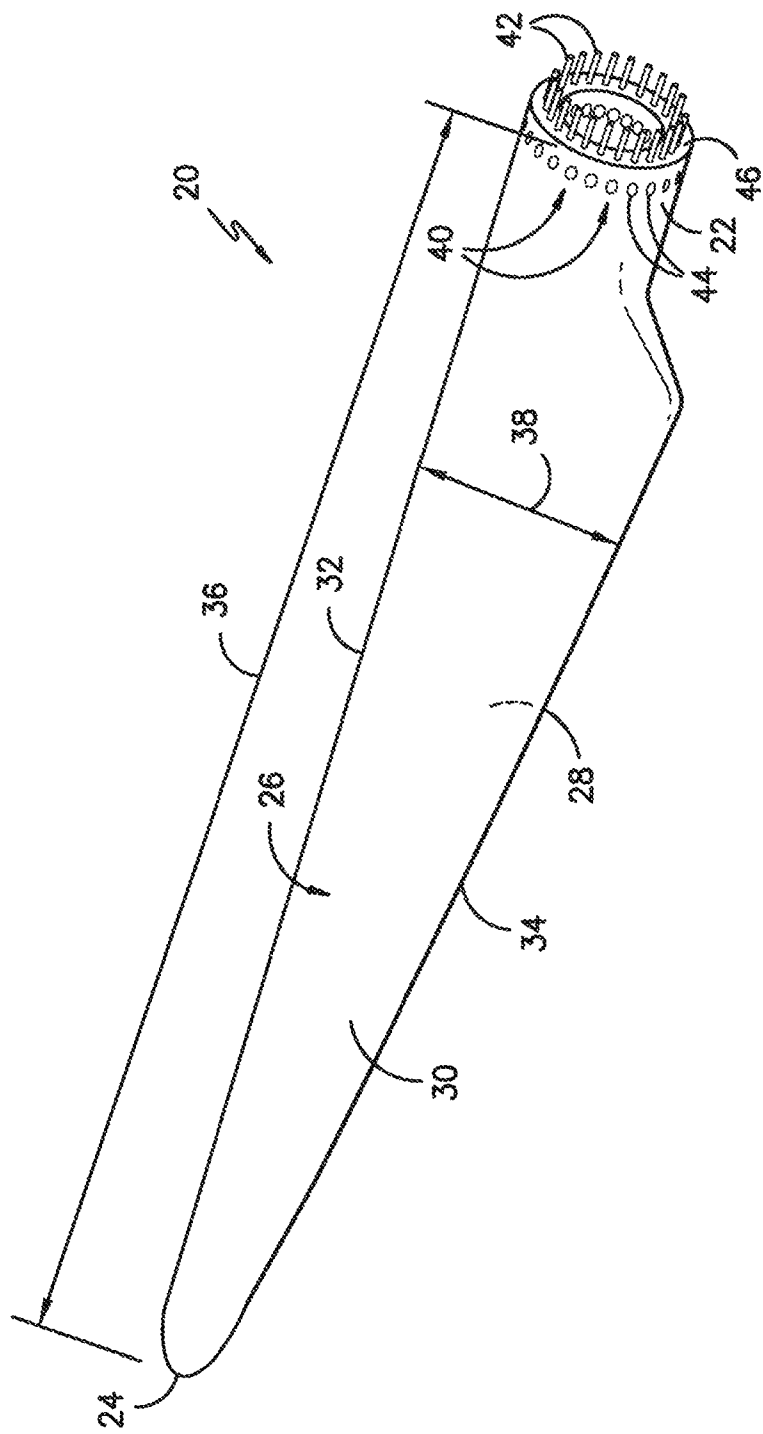


FIG. -2-

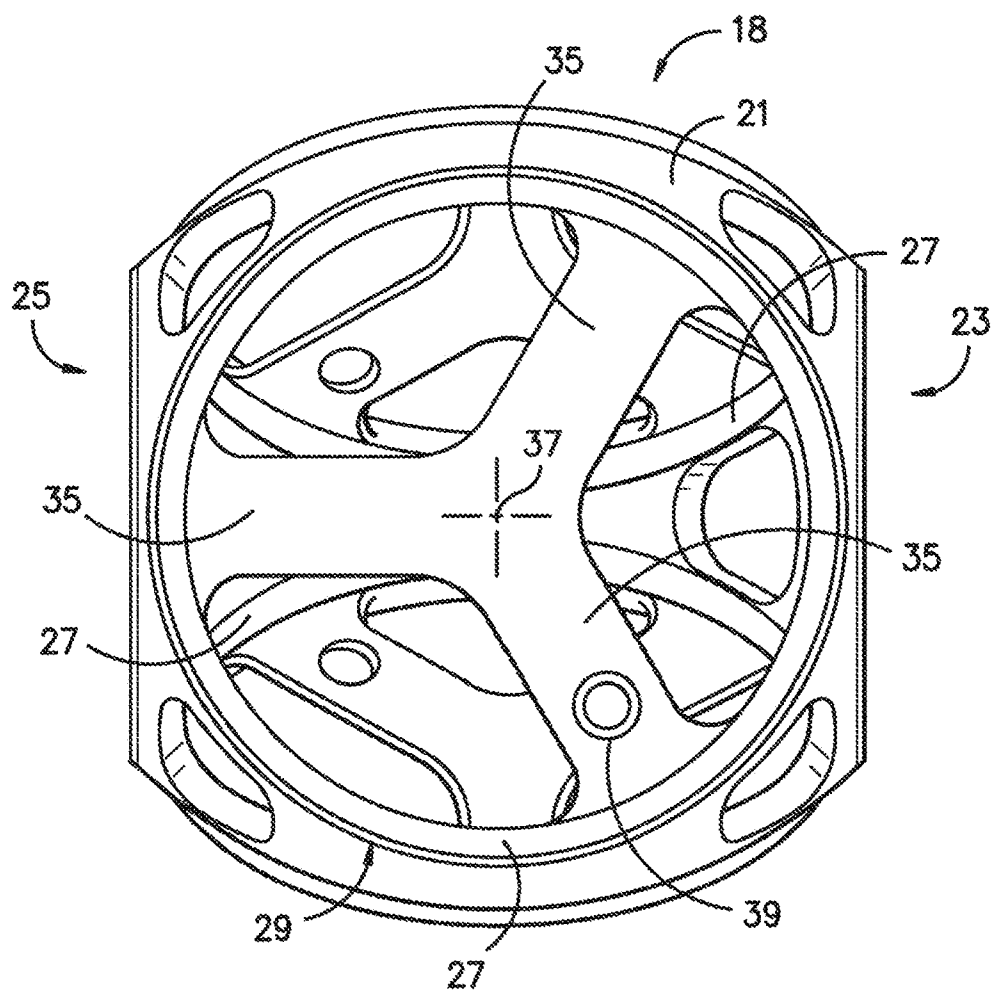


FIG. -3-

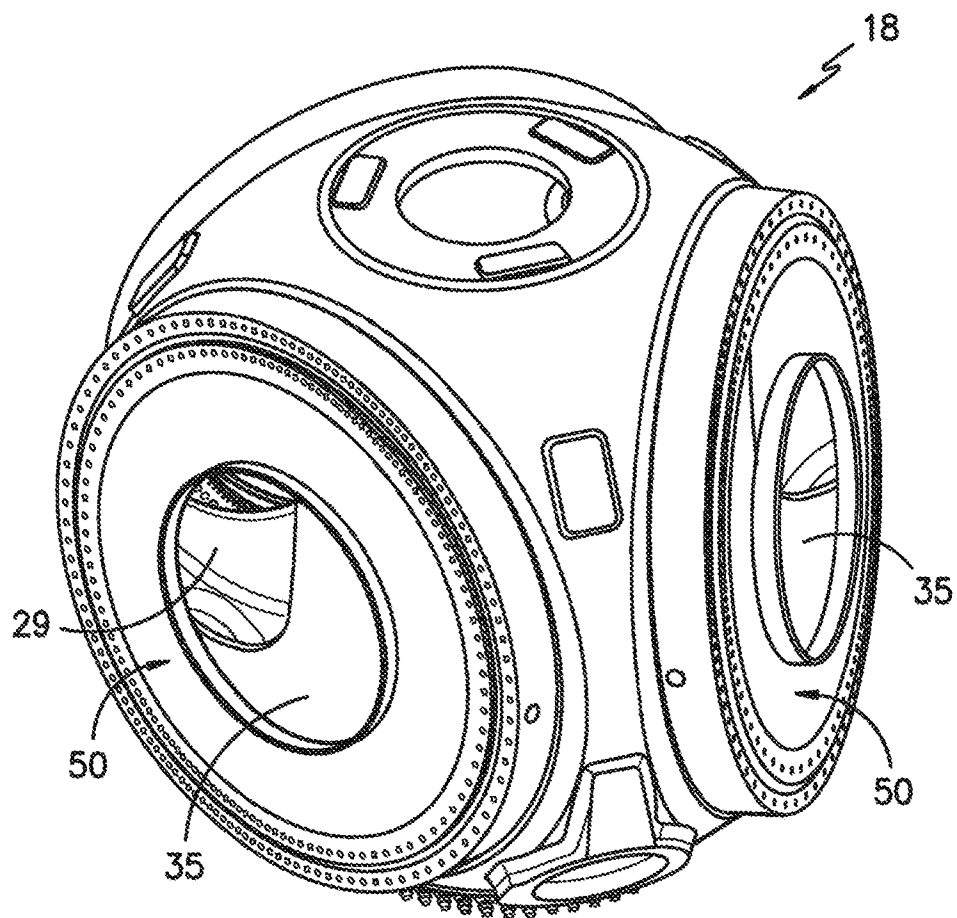
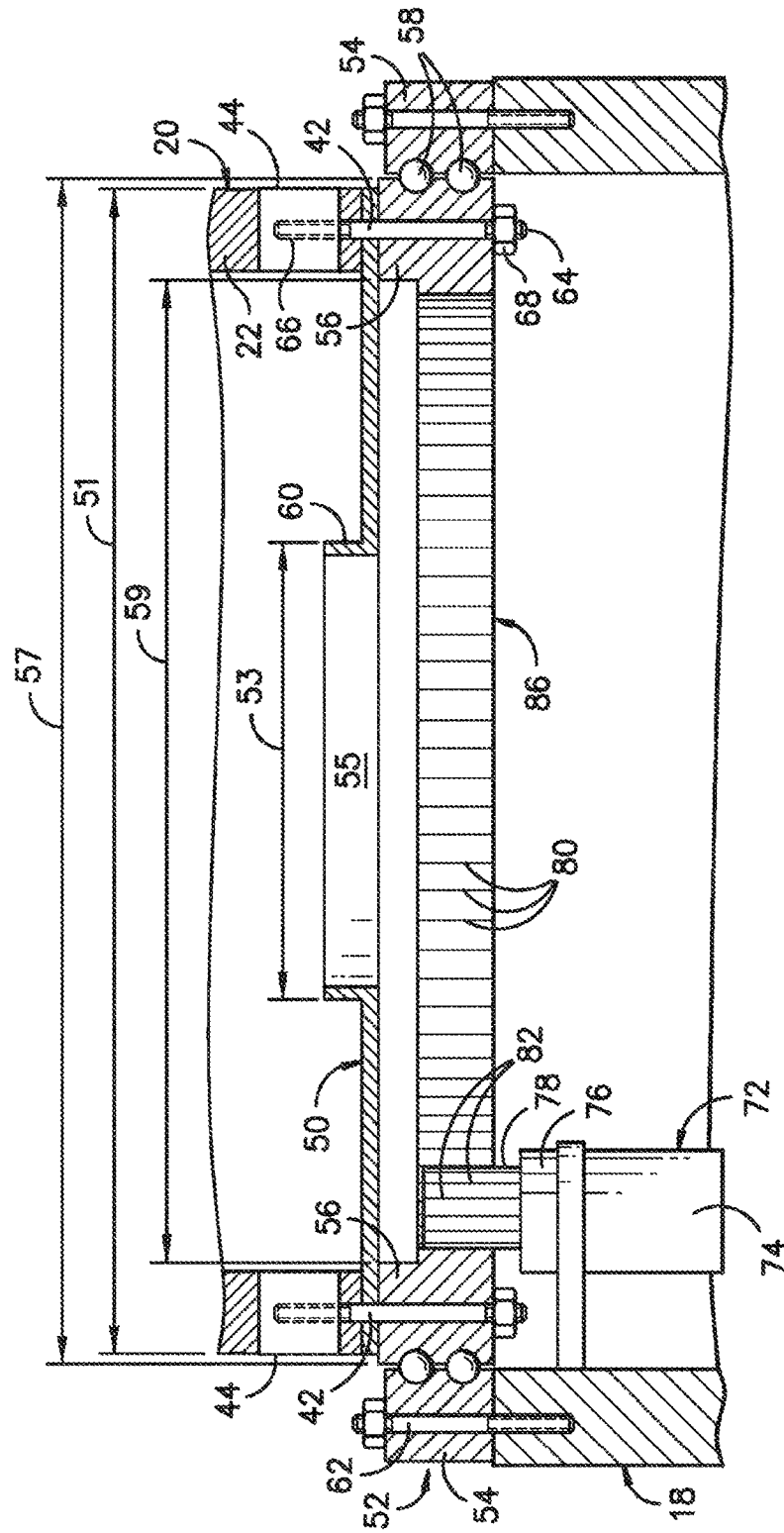
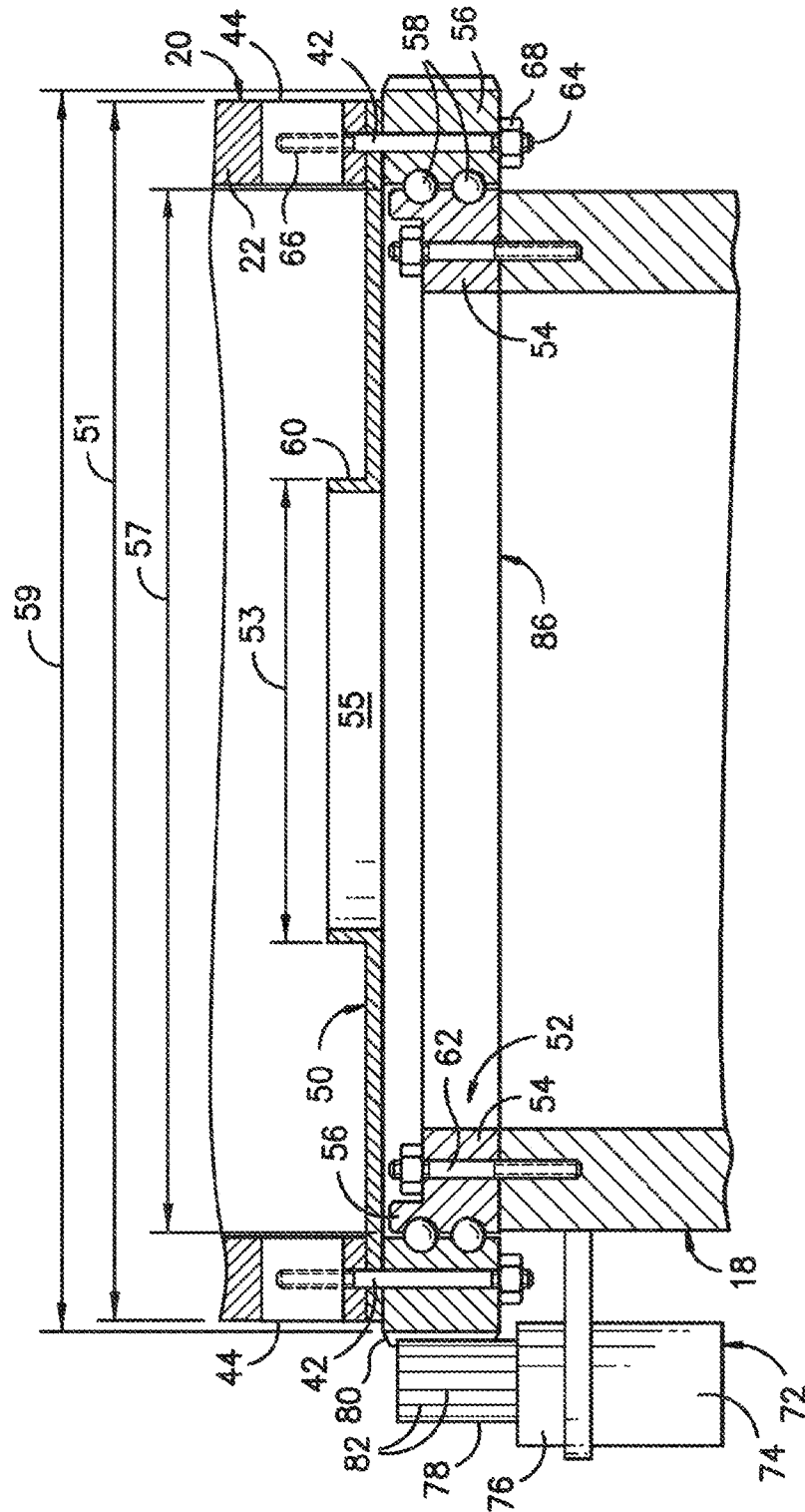


FIG. -4-





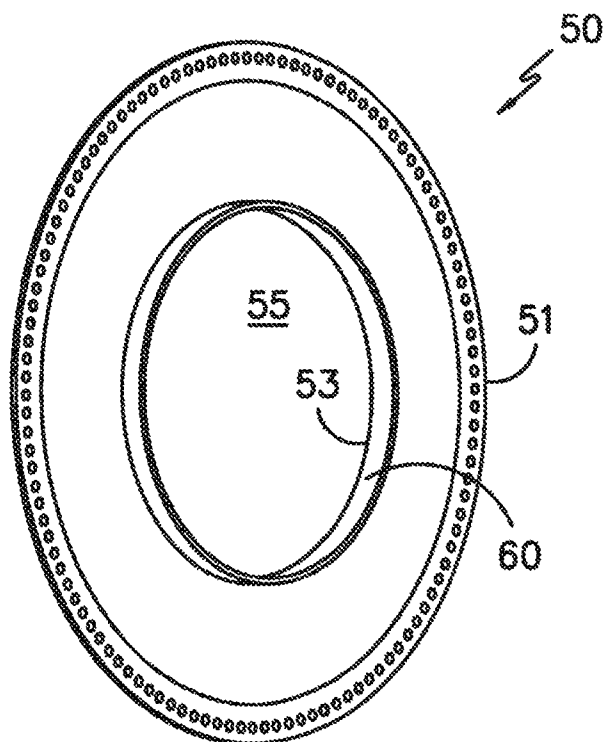
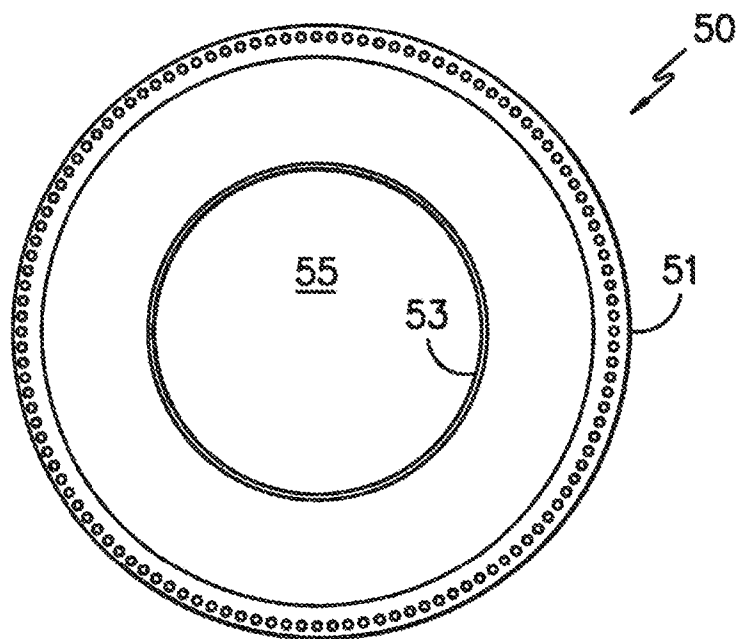




FIG. -9-

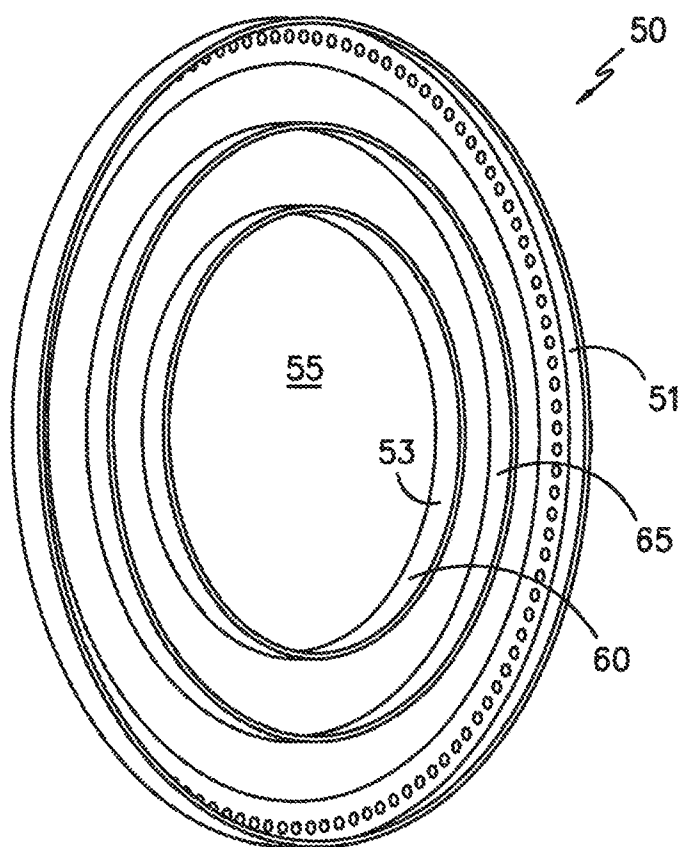


FIG. -10-

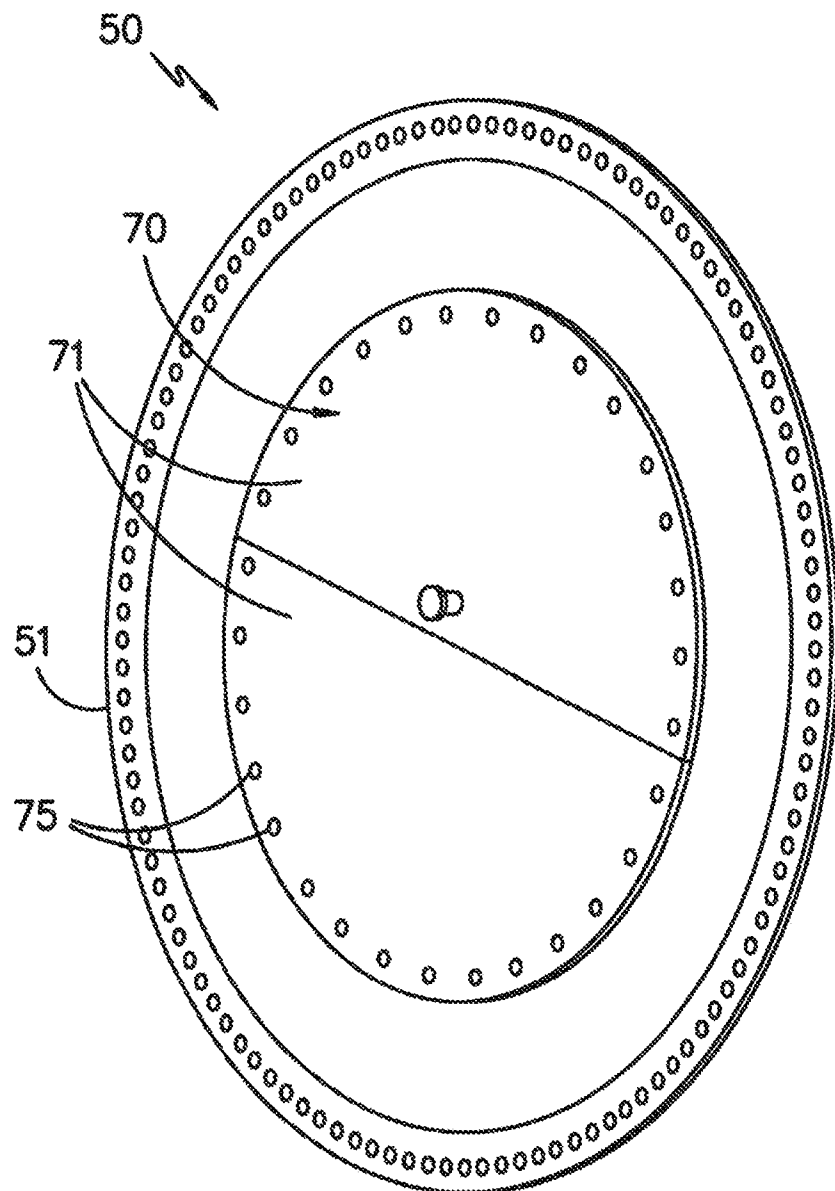


FIG. -11-