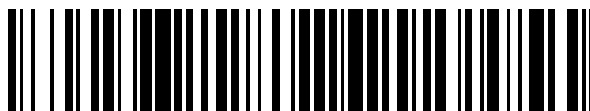


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 738 486**

51 Int. Cl.:

F03D 80/70 (2006.01)

F03D 80/80 (2006.01)

F16C 19/54 (2006.01)

F16C 35/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.03.2012 PCT/DK2012/050071**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.09.2012 WO12119603**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.03.2012 E 12710123 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2019 EP 2683940**

54 Título: **Estructura de soporte del árbol del rotor de turbina eólica**

30 Prioridad:

08.03.2011 US 201161450151 P
09.09.2011 US 201161532595 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.01.2020

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

MARKUSSEN, ERIK

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 738 486 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

Estructura de soporte del árbol del rotor de turbina eólica

5 **Campo**

Los aspectos de la invención se refieren a estructuras para soportar un árbol del rotor de una turbina eólica. Más en particular, los aspectos de la invención se refieren a una carcasa que soporta uno o más cojinetes que a su vez soportan el árbol del rotor, y/o a una estructura que soporta la carcasa del cojinete.

10

Antecedentes

Las turbinas eólicas convencionales incluyen un rotor 16 que tiene dos o más palas centralmente montadas en un buje, como se muestra en la Fig. 1. Se extiende un árbol de rotor 10 desde el buje a lo largo de un eje del rotor 13 y está soportado por cojinetes del rotor en una carcasa de cojinete 20 que se localiza dentro de la góndola 11 de la turbina eólica 12. Los cojinetes permiten que el rotor 16 gire alrededor del eje del rotor 13 (también referido en el presente documento como el eje y) mientras impiden que el rotor gire alrededor de un eje 15 que se dispone perpendicular y sustancialmente vertical al eje del rotor (referido en el presente documento como eje "z") o un eje 14 que se dispone perpendicular y horizontal al eje del rotor (referido en el presente documento como el eje "x"). Se ha de apreciar que los cojinetes también impiden que el árbol del rotor se mueva en traslación a lo largo de cualquier dirección, distinta potencialmente a lo largo del eje del rotor 13 en una cantidad nominal.

15

20

25

30

En turbinas eólicas convencionales, los cojinetes del rotor se montan dentro de una carcasa que incluye un asiento de cojinete de rotor delantero y un asiento de cojinete de rotor posterior. Hablando en general, el planteamiento de diseño convencional que se ha tomado lo ha sido para proporcionar una construcción de carcasa muy rígida para impedir cualquier movimiento o flexión de los asientos de cojinete, y por ello dentro de los cojinetes. El presente solicitante ha apreciado, sin embargo, que permitir algún grado limitado de flexibilidad en áreas de la carcasa del cojinete puede fomentar una vida útil de cojinete incrementada. El documento DE 10 2008 052412 A desvela una carcasa de cojinete de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Sumario

Los aspectos de la presente invención se refieren a estructuras de soporte de una turbina eólica. Una de dichas estructuras de soporte incluye una carcasa de cojinete que soporta los cojinetes lo que permite a un árbol del rotor girar alrededor de un eje del rotor. La carcasa del cojinete puede construirse para minimizar las fuerzas en los cojinetes en respuesta a momentos que actúan sobre el árbol del rotor alrededor de ejes distintos al eje del rotor. Las estructuras de soporte de la turbina eólica pueden incluir también una base en la que puede montarse la carcasa del cojinete. La base puede incluir características que minimicen las tensiones dentro de la estructura de la turbina eólica y/o un mecanismo de orientación de la turbina eólica en respuesta a momentos que actúen dentro de la turbina eólica alrededor de ejes distintos al eje del rotor.

35

40

45

50

De acuerdo con un aspecto, una estructura de soporte de una turbina eólica incluye una carcasa que tiene un primer asiento de cojinete ubicado en una porción delantera de la carcasa y un segundo asiento de cojinete ubicado hacia atrás del primer asiento de cojinete. El primer y segundo asientos de cojinete reciben y soportan primeros y segundos cojinetes, respectivamente, que soportan un árbol del rotor en rotación alrededor de un eje que se extiende entre las porciones delantera y trasera de la carcasa. Un primer par de soportes laterales se extienden generalmente hacia abajo desde los lados laterales de la carcasa y se colocan hacia la porción delantera de la carcasa. Cada uno del primer par de soportes laterales define un pie de montaje adaptado para montarse en una base que se separa del otro pie de montaje del primer par de soportes laterales. Un intersticio estructural se define entre cada uno del par de soportes laterales y el primer asiento de cojinete.

55

60

65

De acuerdo con otro aspecto, una estructura de soporte de una turbina eólica incluye una carcasa que tiene un primer asiento de cojinete ubicado en una porción delantera de la carcasa y un segundo asiento de cojinete ubicado hacia atrás del primer asiento de cojinete. El primer y segundo asientos de cojinete reciben y soportan primeros y segundos cojinetes, respectivamente, que soportan un árbol del rotor en rotación alrededor de un eje que se extiende entre las porciones delantera y trasera de la carcasa. Una porción más inferior del primer asiento del cojinete tiene una primera rigidez y segundas porciones del primer asiento de cojinete que descansan hacia arriba y lateralmente lejos de la porción más inferior con una segunda rigidez, menor que la primera rigidez.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, una estructura de soporte de una turbina eólica incluye una carcasa que tiene un primer asiento de cojinete ubicado en una porción delantera de la carcasa y un segundo asiento de cojinete ubicado hacia atrás del primer asiento de cojinete. El primer y segundo asientos de cojinete reciben y soportan primeros y segundos cojinetes, respectivamente, que soportan un árbol del rotor en rotación alrededor de un eje que se extiende entre las porciones delantera y trasera de la carcasa. Un primer anillo de rigidez se extiende al menos parcialmente alrededor de una circunferencia del primer cojinete. Una estructura de rigidez se extiende al menos parcialmente alrededor de la carcasa en una posición hacia atrás del primer anillo de rigidez y hacia delante

del segundo asiento de cojinete. El primer anillo de rigidez y la estructura de rigidez definen un intersticio entre medias que se extiende al menos parcialmente alrededor de una circunferencia de la carcasa.

5 De acuerdo con otro aspecto que no es parte de la invención, una estructura de soporte de la turbina eólica incluye una base que tiene un montaje para al menos una parte de un mecanismo de orientación que conecta la base a una torre de turbina eólica y que permite el giro de la base alrededor de un eje vertical que se extiende a través de la torre de la turbina eólica. La base incluye una abertura a ser posicionada sobre la torre de la turbina eólica. Una pluralidad de plataformas de montaje sobre la base reciben pies de montaje de una carcasa de cojinete que soporta un árbol del rotor. Se extiende una primera traviesa entre un primer par de la pluralidad de plataformas de montaje y a través de la abertura. Se extiende una segunda traviesa entre el segundo par de la pluralidad de plataformas de montaje y se interseca con la primera traviesa.

15 De acuerdo con otro aspecto que no es parte de la invención reivindicada, una estructura de soporte de una turbina eólica incluye una base que tiene un montaje para al menos una porción de un mecanismo de orientación que conecta la base a una torre de turbina eólica y que permite la rotación de la base alrededor de un eje vertical que se extiende a través de la torre de turbina eólica. La base incluye una abertura a colocar sobre la torre de turbina eólica. Una pluralidad de plataformas de montaje en la base reciben pies de montaje de la carcasa de cojinete que soporta un árbol del rotor en rotación alrededor de un eje del rotor. Una primera traviesa se extiende a través de la abertura y entre una primera porción lateral de la base en un primer lado del eje del rotor y a una porción trasera de la base cerca del eje del rotor. Una segunda traviesa se extiende a través de la abertura y entre una segunda porción lateral de la base en un segundo lado del eje del rotor, opuesto al primer lado, y a una porción trasera de la base cerca del eje del rotor.

25 De acuerdo con otro aspecto que no es parte de la invención reivindicada, una estructura de soporte de una turbina eólica incluye una base que tiene una forma correspondiente a una sección transversal circular de una porción superior de la torre de turbina eólica. Una primera pluralidad de áreas de montaje en la base reciben pies de montaje de una carcasa de cojinete que soporta un árbol del rotor en rotación. Una segunda pluralidad de áreas de montaje en la base reciben una estructura de esqueleto de una góndola de la turbina eólica. La primera pluralidad de áreas de montaje reciben sustancialmente todas las cargas asociadas con el árbol del rotor y la segunda pluralidad recibe sustancialmente todas las cargas asociadas con la estructura de esqueleto.

Estos y otros aspectos de la invención se apreciarán a partir de la siguiente descripción y reivindicaciones.

35 Breve descripción de las figuras

No se pretende que los dibujos adjuntos estén dibujados a escala. En los dibujos, cada componente idéntico o casi idéntico que se ilustra en diversas figuras puede representarse por una igual numeración. A efectos de claridad, puede no etiquetarse cada componente en cada dibujo. En los dibujos:

40 La Fig. 1 es una vista esquemática de una turbina eólica, mostrando en general el posicionamiento de una carcasa de cojinete y los ejes alrededor de los que pueden actuar fuerzas y/o momentos con relación a la carcasa del cojinete.

La Fig. 2 es una vista en perspectiva lateral de una carcasa de cojinete y una base, de acuerdo con una realización.

45 La Fig. 3 es una vista en sección transversal de la carcasa de cojinete y base de la Fig. 2, tomada a lo largo de un plano definido por el eje x y el eje y tal como se muestra en la Fig. 2.

50 La Fig. 4 es un gráfico de diferentes curvas de fuerzas del cojinete representativas de las fuerzas experimentadas por un rodillo de un cojinete de tipo de rodillos soportado en diferentes tipos de carcasas de cojinete.

La Fig. 5 es una vista en perspectiva de la carcasa del cojinete, tomada desde una posición superior, delantera de la carcasa, de acuerdo con una realización.

55 La Fig. 6 es una vista esquemática que muestra, en una forma exagerada, la flexión que puede tener lugar en un árbol del rotor.

La Fig. 7 es una vista en perspectiva del lado inferior de una carcasa de cojinete, de acuerdo con una realización, tomada desde un punto desplazado por debajo de la carcasa.

60 La Fig. 8 es una vista en perspectiva de una base, de acuerdo con una realización, tomada desde un punto de vista hacia atrás y lateral.

65 Descripción detallada de las figuras y diversas realizaciones

Un árbol de rotor 10 de turbina eólica puede estar soportado dentro de la góndola 11 de una turbina eólica 12

mediante dos o más cojinetes de rotor 21, 22 separados a lo largo del eje de rotación 13 del rotor dentro de una carcasa de cojinete 20, tal como se representa esquemáticamente en la Fig. 1. Los cojinetes 21, 22 permiten el giro del rotor alrededor del eje del rotor 13 cuando el viento impulsa el rotor 16 de la turbina eólica de modo que pueda transferirse potencia corriente abajo a una caja de engranajes y/u otros componentes del tren de accionamiento de la turbina eólica. Los cojinetes 21, 22 resisten también momentos que actúan alrededor del eje x 14 y del eje z 15 y fuerzas que actúan a lo largo de cualquiera de entre el eje x, eje y, y/o eje z de modo que se impida un movimiento no deseado. El presente solicitante ha apreciado que la carcasa del cojinete puede construirse, de acuerdo con las diversas formas inventivas descritas en el presente documento, para minimizar la presión sobre los cojinetes del rotor a todo lo largo de la operación, incluyendo modos de operación normal y modos de operación en los que el rotor experimenta momentos de flexión alrededor del eje z y/o el eje x. Esto puede fomentar un reducido desgaste de cojinete y un incremento de la vida útil del cojinete.

De acuerdo con algunos aspectos de la invención, la carcasa del cojinete incluye un primer asiento de cojinete para un primer cojinete en un extremo delantero de la carcasa (a la que se hace referencia de modo intercambiable en el presente documento como un "asiento de cojinete delantero"). Tal como se usa en el presente documento, el término "delantero" se refiere a la dirección a lo largo del eje y, que se dispone frente al viento cuando la turbina eólica está en posición para operación. Los soportes laterales se extienden hacia abajo desde los laterales de la carcasa del cojinete, cerca del soporte de cojinete delantero (área estructural alrededor del primer asiento de cojinete), dejando uno o más intersticios estructurales posicionados entre los soportes laterales y el área por debajo del primer soporte de cojinete. El (los) intersticio(s) estructural(es) permite(n) que el primer asiento de cojinete se flexione en zonas cerca de la interfaz con los soportes laterales. La flexión en esta zona puede ayudar a reducir las presiones de pico globales que podrían en caso contrario darse como resultado durante la operación normal a partir de la rigidez asociada a la interfaz con los soportes laterales, ayudando a extender la vida útil del cojinete.

De acuerdo con algunos aspectos de la invención, el primer asiento de cojinete puede incluir una zona localmente rigidizada dentro del primer soporte de cojinete, en o cerca de la parte más inferior del asiento. Como se ha mencionado anteriormente, la inclusión de intersticios estructurales cerca de los soportes laterales puede permitir también la flexión en la parte más inferior del primer asiento de cojinete, en donde las fuerzas de operación normales aplicadas por el rotor pueden ser típicamente las mayores. La rigidez añadida en la parte más inferior del primer soporte de cojinete puede, sin embargo, impedir la flexión excesiva en esta localización y fomentar presiones más consistentes sobre el primer cojinete a todo lo largo del giro del árbol del rotor/cojinete. En este sentido, la rigidez incrementada en la parte inferior del primer asiento de cojinete puede ayudar a extender la vida útil del cojinete.

De acuerdo con algunos aspectos adicionales de la invención, la carcasa del cojinete puede construirse para permitir alguna flexibilidad en respuesta a los momentos que actúan alrededor del eje z y/o del eje x. En este sentido, el primer cojinete y un segundo cojinete, localizado hacia atrás del primer cojinete, pueden permanecer sustancialmente en línea con las partes del árbol del rotor soportadas por el primer y segundo cojinetes, respectivamente. La flexión en esta forma puede impedir una presión incrementada que podría tener lugar en caso contrario debido al efecto de borde de los cojinetes, u otros factores. Impedir estas presiones incrementadas puede ayudar a extender la vida útil del cojinete.

De acuerdo con algunos aspectos de la invención, la carcasa del cojinete puede montarse en una base de soporte en pies de montaje que se disponen por debajo del eje del rotor, por debajo del árbol del rotor, o incluso separados por debajo del soporte del cojinete. El posicionamiento de los pies de montaje separados del eje y puede reducir las fuerzas que actúan en los pies de montaje en respuesta a momentos alrededor del eje x. Los pies de montaje pueden, adicional o alternativamente, extenderse lateralmente separados del eje y para reducir las fuerzas que actúan en los pies de montaje en respuesta a los momentos alrededor del eje z.

Pasando ahora a las figuras, e inicialmente a las Figs. 2 y 3 que muestran una vista lateral en perspectiva de una carcasa de cojinete 20 montada sobre la base 40, y un árbol de rotor 10 soportado por los cojinetes 21, 22 de la carcasa, y una vista en sección transversal de los mismos. Como se muestra, la carcasa del cojinete 20 incluye un primer asiento de cojinete 23 sustancialmente cilíndrico en un extremo delantero (lado del rotor) de la carcasa que soporta un primer cojinete 21. La carcasa 20 incluye también un segundo asiento de cojinete 24 para soportar un segundo cojinete 22, también de forma sustancialmente cilíndrica, y posicionado hacia atrás del primer cojinete 21. La carcasa incluye primeros y segundos soportes de cojinete o zonas de soporte 25, 29 que rodean cada uno del primer y segundo asientos de cojinete y que pueden incluir un soporte estructural espesado, como se describe en el presente documento. Juntos, el primer y segundo cojinete 21, 22 soportan el árbol del rotor 10 en su giro alrededor del eje y 13. La carcasa tiene una forma cilíndrica o incluso cónica que se extiende entre el primer y segundo cojinetes 21, 22. Se extienden soportes laterales 26 desde los laterales de la carcasa, adyacentes al primero o segundo asientos de cojinete, y hacia abajo de los pies de montaje 28. Los pies de montaje reposan sobre y se montan en una base 40 que recibe la carcasa del cojinete 20.

En condiciones de operación normales el peso del rotor (por ejemplo, el árbol del rotor, buje y palas) puede crear un momento de fuerza descendente que actúa alrededor del eje x 14, tirando adicionalmente de la parte delantera del árbol de rotor 10 hacia abajo contra la parte inferior del primer cojinete 21 y primer asiento de cojinete 23. La distribución uniforme de esta carga, que pueden ser las mayores cargas recibidas por el primer cojinete 21 durante

la operación típica, puede fomentar una vida útil de cojinete incrementada. Una forma en la que puede distribuirse esta carga uniformemente y/o suavemente se muestra gráficamente en la Fig. 4 por la curva 31, que representa las fuerzas (o presión promedio) experimentadas en un rodillo de un cojinete de tipo de rodillos, cuando el rodillo se mueve a lo largo de 360° de giro alrededor del primer cojinete 21. Se toman cero (0) grados / 360 grados como el punto más superior del cojinete y 180 grados como el punto más inferior mientras que 180 grados y 270 grados representan los laterales del primer cojinete. Como se muestra, las fuerzas son nominales o incluso cero cuando los rodillos se mueven a través del punto más superior, debido a que la masa del rotor, posicionada delante del cojinete, tira del árbol del rotor hacia abajo. Las fuerzas se incrementan suavemente hasta una presión máxima 27 que se mantiene relativamente constante cuando el rodillo se mueve a través de las partes más inferiores del cojinete, desde al menos aproximadamente 150 grados a 210 grados. La curva de fuerza 31 suavizada de la Fig. 3 representa un óptimo que pueden conseguir realizaciones de la carcasa 20 descritas en el presente documento.

La Figura 4 muestra también las curvas 32 y 33 que representan la fuerza (o presión promedio) que actúa sobre un rodillo de un cojinete del tipo de rodillos cuando el rodillo se traslada a través de un giro completo y en el que la carga descendente primaria sobre el primer cojinete no se ha distribuido uniformemente y/o suavemente. La curva 32 muestra una fuerza de pico 34 central elevada y representa la curva de fuerza que pueda asociarse con un primer soporte de cojinete en una carcasa que proporcione soporte desde abajo mediante una estructura excesivamente rígida. Como se muestra, esto puede dar como resultado una fuerza de pico 34 muy alta distribuida estrechamente cerca de la parte más inferior del primer cojinete y del primer soporte de cojinete. También se muestra en la Fig. 4 una curva de fuerza 33 que puede asociarse con una carcasa que proporciona excesiva flexibilidad en las partes más inferiores del primer cojinete / soporte de cojinete, al menos con relación a partes adyacentes del primer soporte de cojinete. Como se muestra, la curva 33 incluye unos valores de máximo local 35 y un valor de mínimo local 36, que pueden asociarse con una pobre distribución de fuerzas, una fuerza máxima global mayor, y transiciones de fuerzas más bruscas, en relación con la curva 31.

Además para tener una estructura que fomente una distribución uniforme de la fuerza primaria, descendente sobre el primer cojinete 21, la carcasa 20 y el primer soporte de cojinete 23 pueden construirse para resistir fuerzas que actúen en otras direcciones y/o momentos que actúen alrededor del eje x o el eje z. Por ejemplo, los pies de montaje 28 pueden posicionarse para reducir las tensiones en la unión entre los pies de montaje y la base, como se muestra en la Fig. 5. De acuerdo con algunas realizaciones, los pies de montaje 28 se posicionan más bajos que una línea central 13 del árbol del rotor (coincidente con el eje y) para incrementar la fuerza de palanca contra cualquier momento que actúe alrededor del eje x. Como se ha de apreciar, el incremento del brazo de palanca en una unión contra momentos puede dar como resultado fuerzas reducidas en la unión. La reducción de fuerzas puede ayudar a impedir el movimiento y/u otros tipos de efectos no deseables, tales como fatiga y/o corrosión por rozamiento. De acuerdo con algunas realizaciones, la cara de unión de los pies de montaje 28 a la carcasa se posiciona totalmente por debajo del eje y, o incluso más allá. En algunas realizaciones, la cara de unión de los pies de montaje puede posicionarse totalmente por debajo del árbol del rotor 10 o incluso totalmente por debajo del primer asiento de montaje 23 de la carcasa. La cara de unión de los pies de montaje 28 puede incluso separarse desde la parte más inferior el primer asiento del cojinete en una distancia no cero, que en algunas realizaciones puede ser de hasta 25 cm o mayor, 100 cm o mayor, o incluso 250 cm o mayor.

Las caras de unión de los pies de montaje 28 pueden posicionarse adicionalmente lateralmente separadas del plano en el que se sitúa el eje z y el eje y para proporcionar un brazo de palanca mejorado contra momentos que actúen alrededor del eje z, como también se muestra en la Fig. 5. El posicionamiento de los pies de montaje en esta forma puede proporcionar un brazo de palanca incrementado y por ello fuerzas reducidas en los pies de montaje, por similares razones a las descritas anteriormente con respecto al posicionamiento de los pies de montaje por debajo del eje y. De acuerdo con algunas realizaciones, unas partes de los pies de montaje 28 se extienden lateralmente fuera de una proyección del primer cojinete, tal como se ve desde la parte superior a lo largo del eje z. De acuerdo con otras realizaciones, los pies de montaje 28 se disponen totalmente fuera de la proyección. En otras realizaciones, los pies de montaje pueden incluso separarse lateralmente de la proyección del árbol del rotor. Se ha de apreciar que la expresión "pies de montaje" tal como se usa en el presente documento, se refiere a partes de interfaz de la carcasa de cojinete que hacen contacto y a través de las que se proporciona toda o una parte sustancial del soporte a la carcasa por parte de la base.

Los pies de montaje 28 pueden posicionarse, como se ha descrito anteriormente, mediante soportes laterales 26 que se extienden desde la carcasa del cojinete 20 hacia abajo y/o lateralmente separados del eje y, como se muestra en la Fig. 5. Los soportes laterales que se extienden desde partes laterales del primer soporte de cojinete pueden ayudar a proporcionar una trayectoria de fuerza más directa entre los pies de montaje por debajo del eje y, en respuesta a fuerzas que actúan paralelas al eje x y/o a momentos que actúan alrededor del eje z. Dicha construcción puede ayudar también a dar rigidez al primer asiento de cojinete 23 en una forma que fomente un ensanchamiento de la curva de fuerza del cojinete (véase la Fig. 4) ayudando a distribuir mejor las fuerzas a través de una parte más amplia del primer cojinete 21. Se ha de apreciar también que la rigidez incrementada en partes laterales del primer soporte de cojinete puede asociarse con estructuras distintas a los soportes laterales que posicionan los pies de montaje 28. Por ejemplo, de acuerdo con algunas realizaciones, la estructura del primer soporte de cojinete en sí puede tener un espesor incrementado para proporcionar dicha rigidez.

La conexión a la base a través de partes laterales del primer soporte de cojinete puede proporcionar también una reducción en la fuerza global en el primer cojinete. Los soportes laterales 26 pueden permitir que una parte más inferior del primer soporte de cojinete se flexione hacia abajo en un grado mayor, al menos con respecto a un cojinete que esté soportado directamente por debajo por una columna que se extiende hacia la base. Los soportes laterales 26 proporcionan rigidez en los puntos de interfaz con el primer asiento de cojinete 23, lo que puede ayudar a ensanchar y reducir las fuerzas máximas que podrían estar presentes en caso contrario alrededor de la parte más inferior de la curva de fuerza del cojinete.

De acuerdo con algunas realizaciones, los soportes laterales 26 pueden proporcionar también la inclusión de intersticios estructurales o refuerzos 30 posicionados entre los soportes laterales 26 y las partes más inferiores del primer soporte de cojinete 25, como se muestra en la Fig. 5. Estos intersticios o refuerzos 30 pueden proporcionar flexibilidad en las partes más inferiores del primer asiento de cojinete 21, conduciendo a una reducción del valor de la fuerza máxima del cojinete. En la realización de la Fig. 5, los intersticios estructurales o refuerzos 30 se definen por espacios o intersticios actuales entre soportes laterales y otras partes de la carcasa del cojinete 20 o de la base 40. Se ha de apreciar que los intersticios estructurales, tal como el término se usa en el presente documento, pueden referirse también a partes de la carcasa del cojinete que son relativamente flexibles, en comparación con partes adyacentes de la carcasa del cojinete. A modo de ejemplo, en la Fig. 5 los intersticios estructurales se asocian con un espesor radial reducido del primer soporte de cojinete 25 y dicho espesor reducido puede conseguirse en otras realizaciones sin proporcionar realmente un espacio entre los soportes laterales y el primer asiento de cojinete.

El primer soporte de cojinete 25 incluye características que proporcionen una rigidez incrementada en o por debajo de la parte inferior del primer asiento de cojinete 23. Como se ha de apreciar, las partes inferiores del primer cojinete y del primer asiento de cojinete pueden estar en línea directa con la fuerza primaria asociada con el peso descendente del buje y palas. Como se describe en el presente documento, puede ser deseable algún grado de flexibilidad en o cerca de las partes inferiores del primer asiento de cojinete 21, mediante los intersticios estructurales o refuerzos, para proporcionar una reducción en la fuerza máxima de cojinete y/o un ensanchamiento de la curva de fuerza. Demasiada flexibilidad directamente en la parte más inferior puede, sin embargo, dar como resultado un mínimo de fuerza local asociado con una distribución de fuerza irregular, como se muestra en la curva 33 de la Fig. 3. De acuerdo con la invención, la carcasa incluye una rigidez incrementada en o cerca de las partes inferiores del primer soporte de cojinete 25 para impedir que tenga lugar un mínimo local.

Puede darse rigidez a las partes inferiores del primer soporte de cojinete 25 en diferentes formas. Como se muestra en la realización de la Fig. 5, las partes inferiores 25 incluyen un labio ensanchado 43 de material. El labio se extiende desde aproximadamente 150 grados a aproximadamente 210 grados, aunque son posibles y se contemplan otros alcances. El labio 43 tiene espesores incrementados tanto en la dirección radial (separándose del eje y) como en la dirección axial (paralela al eje y) relativa a otras partes del primer asiento de cojinete 21. El labio se ilustra como fundido de modo integral con la primera parte del asiento de cojinete de la carcasa, pero de acuerdo con otras realizaciones, puede formarse por separado y fijarse a la misma.

Como se describe en el presente documento, diversas realizaciones de la carcasa del cojinete 20 pueden incluir un segundo asiento de cojinete 24 para un segundo cojinete (al que se hace referencia de modo equivalente en el presente documento como un cojinete posterior), posicionado hacia atrás a lo largo del eje y del primer cojinete. Hablando en general, las cargas soportadas por el primer cojinete pueden ser mayores que las soportadas por el segundo cojinete, debido a que el primer cojinete recibe el grueso de las fuerzas descendentes asociadas con el buje y palas que están en voladizo hacia adelante de la carcasa del cojinete. Así pues, el segundo cojinete puede ser de un diámetro más pequeño que el primer cojinete, aunque son posibles otras configuraciones. En cualquier caso, se ha de apreciar que cualquiera de las características descritas en el presente documento con respecto al primer asiento de cojinete puede ser aplicable a y utilizarse en diversas realizaciones del asiento de cojinete posterior, y estas características se describen en el presente documento con respecto al primer cojinete y al primer asiento de cojinete meramente por razones de conveniencia.

La carcasa de cojinete puede tener una estructura cilíndrica o cónica que se extiende entre el primer y el segundo asientos de cojinete 21, 22 y que alojan el árbol de rotor posicionado a través de ellos, como se muestra en general en las figuras. La conexión estructuralmente del primer y segundo asientos de cojinete entre sí, en este sentido, puede reforzar la estructura global de la carcasa, particularmente en los modos de flexión. Debe apreciarse que no todas las realizaciones de las carcasas pueden incluir una estructura cilíndrica o cónica que conecte el primer y segundo asientos de cojinete, y que, de acuerdo con algunas realizaciones, el primer y segundo asientos de cojinete pueden formarse en estructuras separadas y/o en estructuras que están conectadas entre sí en otras formas.

Las realizaciones de la carcasa del cojinete 20 pueden incluir características que impiden el efecto de borde del primer y/o segundo cojinetes, en respuesta a momentos que actúen alrededor del eje x o eje z. Como se ha de apreciar, el árbol del rotor puede flexionarse, incluso si es ligeramente, en respuesta a momentos de flexión. Esta flexión puede dar como resultado cargas incrementadas en el primer o segundo cojinetes, y/o partes correspondientes del árbol del rotor 10 como se muestra de forma exagerada en la Fig. 6, en la que la flexión del árbol del rotor da como resultado una presión incrementada allí donde los soportes de cojinete y cojinetes no son

capaces de moverse con el árbol del rotor, tal como se representa en las áreas de rayado cruzado 45 de la Fig. 6. La estructura de la carcasa puede incluir características que permitan algún grado de flexibilidad de los primeros y segundos asientos del cojinete globales, relativamente entre ellos, para impedir dicho efecto de borde.

- 5 El primer asiento de cojinete 21, tal como se muestra en la Fig. 5, se posiciona hacia adelante con relación a los pies de montaje 28 asociados en el extremo delantero de la carcasa. Este posicionamiento relativo puede verse también en la Fig. 7, que proporciona una vista inferior con ligero desplazamiento, de la carcasa del cojinete 20. El posicionamiento del primer asiento de cojinete 23 hacia adelante puede promover la flexibilidad del primer asiento de cojinete 23 global en la flexión, con relación al segundo asiento de cojinete 24. Esto puede actuar de modo efectivo para dar soporte al primer asiento de cojinete en una forma en voladizo con relación al pie de montaje, de modo que el primer asiento de cojinete pueda flexionar / girar alrededor del eje z o eje x, con relación al segundo asiento de cojinete, permitiendo que el árbol del rotor y asientos de cojinete se muevan juntos, como se muestra en la Fig. 6. De acuerdo con algunas realizaciones, esto puede llevarse a cabo mediante el posicionamiento del primer asiento de cojinete 23 en línea con el borde delantero 37 del pie de montaje 28. Otras configuraciones pueden conseguir también efectos similares, incluyendo realizaciones en las que el primer asiento de cojinete se posiciona en una posición que se extiende o bien parcialmente o bien totalmente hacia adelante desde el borde delantero de los pies de montaje. De acuerdo con otras realizaciones, el primer soporte de cojinete puede posicionarse simplemente por encima de la mitad más delantera del pie de montaje, o incluso en otras formas.
- 10
- 15
- 20 El primer asiento de cojinete y/o el segundo asiento de cojinete pueden incluir estructuras que proporcionan rigidez al asiento de cojinete, con mínimo impacto sobre la flexibilidad de partes adyacentes de la carcasa 20. Como puede verse en las Figs. 2, 3, 5 y 7, el primer y segundo asientos de cojinete 23, 24 están rodeados por soportes de cojinete que incluyen un anillo de rigidez 38 que se extiende conjuntamente en la dirección y con el asiento de cojinete correspondiente. Esto puede proporcionar rigidez al soporte de forma sustancialmente circular del cojinete, mientras permite alguna flexión del cojinete en su conjunto, en relación con la forma circular rígida, para adaptarse a alguna flexión del árbol del rotor. Como se muestra en las Figs. 2, 3, 5 y 7, puede posicionarse un anillo de rigidez 41 adicional hacia atrás del anillo de rigidez que se sitúa alrededor del primer asiento de cojinete para ayudar a dar rigidez a la carcasa mientras aún se permite que el primer asiento de cojinete se flexione como una estructura conjunta en respuesta a la flexión. Se crea un refuerzo o zona de flexión 39 entre el anillo de rigidez 38 asociado con el primer asiento de cojinete y el anillo de rigidez 41 adicional.
- 25
- 30

Los pies de montaje 28 que están separados entre sí pueden, adicional o alternativamente, permitir alguna flexibilidad en la flexión entre el primer y segundo asientos de cojinete 23, 24. Como se muestra en las Figs. 5 y 7, el primer asiento de cojinete 21 está soportado más directamente por un primer par 42 de pies de montaje 28 que se disponen hacia el extremo delantero de la carcasa 20 y que están separados de un segundo par 44 de pies de montaje 28 que se disponen hacia el extremo posterior de la carcasa 40, cerca del segundo asiento de cojinete 24. Los pies de montaje 28 de cada uno del primer y segundo par 42, 44 también están separados entre sí lateralmente (en la dirección x) disponiéndose sobre laterales opuestos de la carcasa de cojinete. Esta separación de los pies de montaje puede ayudar a permitir que el primer asiento de cojinete se mueva como una unidad, soportada por los anillos de rigidez, en relación con el segundo asiento de cojinete para impedir el efecto de borde.

35

40

Como se ilustra esquemáticamente en la Fig. 1, la carcasa de cojinete puede incorporarse en una turbina eólica 12, posicionada sobre la torre 17 de turbina eólica. El movimiento del rotor 10 de una turbina eólica más próxima a la torre 17 puede reducir las cargas de flexión globales sobre la torre 17 debido a la reducción en el brazo de palanca asociado con el peso descendente del rotor. Con este fin, la colocación de la carcasa del cojinete 20 sobre la torre 17 puede facilitar el posicionamiento del rotor 10 más próximo a la torre 17 para ayudar a reducir las cargas de flexión. En dicha disposición, la carcasa de cojinete 20 puede construirse para permitir el paso de equipo y/o personal desde el interior de la parte superior de la torre 17 al interior de la góndola 11. En la realización ilustrada, el paso puede realizarse entre los pies de montaje 28 que se disponen por debajo del primer y segundo asientos de cojinete y la base 40, como se muestra en la Fig. 2, aunque son posibles también otras construcciones.

45

50

La base 40, como se ilustra en la realización mostrada en la Fig. 8, puede tener la forma y/o dimensionarse consistentemente con la parte superior de la torre 17 de la turbina eólica, incluyendo características para el montaje de la base 40 y de cualquier componente soportado en ella (por ejemplo, la estructura global de la góndola) en la torre 17. Por ejemplo, puede posicionarse un montaje para un mecanismo de orientación en un extremo inferior de la base 40. El extremo inferior puede recibir las partes superiores de un cojinete de orientación u otros componentes de un mecanismo de orientación, incluyendo características que pueden usarse para sujetar juntas las partes superior e inferior del mecanismo de orientación.

55

Como se describe en el presente documento, una de las cargas mayores transferidas a la torre desde la góndola es la carga de flexión asociada con el peso descendente del rotor 10, que actúa a alguna distancia por delante de la torre 17. Las traviesas ensanchadas 46 que se extienden desde partes laterales de la base a una parte más posterior 47 de la base, formando una forma en "V", ayudan a distribuir las cargas recibidas en la parte posterior alrededor de la periferia de la base 40 en respuesta a estas cargas de flexión. Por ejemplo, el peso del rotor puede, bajo ciertas circunstancias, tirar de la parte delantera de la base hacia abajo e inclinar la parte posterior de la base hacia arriba. Esta inclinación hacia arriba de la parte posterior 47 puede tensar los mecanismos de sujeción que

60

65

sujetan la parte superior del cojinete de orientación asociada con la góndola a una parte inferior del cojinete de orientación asociada con la torre. Las traviesas 46 que se disponen directamente entre la parte posterior 47 y las partes laterales 48 pueden ayudar a distribuir las cargas asociadas con la inclinación hacia arriba de la parte posterior de la base, aliviando así tensiones sobre los mecanismos de sujeción más altamente cargados.

5 La base 40 puede configurarse para recibir todas las cargas desde la góndola y rotor de la turbina eólica, y para pasar estas cargas a la torre. Es decir, de acuerdo con algunas realizaciones, cualesquiera cargas mecánicas asociadas con el rotor que no se pasen a una caja de engranajes y/o alternador, pueden pasarse a la base 40 a través de pedestales de montaje 49 que reciben pies de montaje 28 de la carcasa de cojinete. La base puede incluir
10 adicionalmente pedestales de montaje separados 51, como se muestra en la Fig. 8, para soportar la estructura de la góndola, incluyendo la estructura del esqueleto de la góndola (no mostrada) y cualesquiera componentes soportados por el esqueleto de la góndola y/o una placa frontal de la góndola (no mostrada). De acuerdo con algunas realizaciones, la base puede actuar como la conexión primaria o incluso la única conexión estructural entre el
15 esqueleto de la góndola y los componentes del tren de accionamiento de la turbina eólica (es decir, rotor, carcasa de cojinete, caja de engranajes, alternador). Proporcionar trayectorias separadas a la base para las cargas asociadas con el tren de accionamiento y el esqueleto de la góndola puede minimizar el ruido y/o vibración en el esqueleto de la góndola que podrían ser el resultado en caso contrario de una conexión directa al tren de accionamiento.

Pueden incorporarse características dentro de la base 40 y/o la carcasa de cojinete 20 que impidan el movimiento en
20 las uniones entre los pies de montaje 28 y los pedestales de montaje 49, mientras se permite también alguna flexibilidad de la carcasa 20 descrita en el presente documento y/o se proporciona una vía de paso desde la torre al interior de la góndola. Como se muestra en la Fig. 7, pueden extenderse traviesas 52 entre cada uno de los pies de montaje de la carcasa de cojinete 20 para proporcionar líneas directas de soporte entre ellas. Las traviesas 53 pueden, adicional o alternativamente, extenderse entre cada uno de los pedestales de montaje 49 de la base 40
25 para proporcionar líneas directas de soporte. Las traviesas 52, 53 pueden incorporarse directamente en una estructura fundida de la carcasa de cojinete 20 o base 40, o fijarse a la misma después de que estén formados estos componentes. Las traviesas incluyen una configuración con forma de "X" que proporciona una línea directa entre pies de montaje 28 diagonalmente opuestos de la carcasa, y una configuración similar con forma de "X" en la base
30 40. Cada una de las traviesas con forma de X de la base y carcasa están separadas entre sí de modo que proporcionen una vía de paso a través de ellas para el personal y/o equipo. Las conexiones entre esquinas adyacentes de los pies de montaje en la carcasa pueden proporcionarse por los anillos de rigidez descritos en el presente documento y las paredes laterales de la carcasa en sí. En la base, la estructura circular puede proporcionar una línea de soporte entre plataformas de montaje adyacentes de la base, aunque son posibles otras
35 configuraciones.

Los pies de montaje 28 pueden fijarse a la base 40 con diferentes tipos de conexiones. Como se ilustra, los pies de montaje pueden incluir orificios pasantes para permitir el paso de fijaciones roscadas que se reciben por la estructura de soporte. Los pies de montaje pueden incluir características de tope positivo 54 para impedir el movimiento relativo
40 entre la carcasa de cojinete y la base en direcciones particulares. Como se muestra en la Fig. 8 la base incluye topes positivos 54 que sobresalen hacia arriba para hacer tope en superficies laterales de los pies de montaje, cuando la carcasa se monta en los mismos. Los topes positivos contactan con los pies de montaje para resistir el movimiento / fuerzas que actúan a lo largo del eje x o en rotación alrededor del eje z. Pueden usarse alternativamente otros tipos de resaltes o acoplamientos para proporcionar una característica de tope positivo, dado que aspectos de la
45 invención no están limitados a lo que se muestra.

Debería entenderse que aspectos de la invención se describen en el presente documento en referencia a las figuras, que muestran realizaciones ilustrativas de acuerdo con aspectos de la invención. Las realizaciones ilustrativas
50 descritas en el presente documento no se pretenden necesariamente que muestren todos los aspectos de la invención, sino que por el contrario se usan para describir unas pocas realizaciones ilustrativas. Por lo tanto, no se pretende que se interpreten los aspectos de la invención restrictivamente a la vista de las realizaciones ilustrativas. Además, debería entenderse que pueden usarse aspectos de la invención solamente o en cualquier combinación adecuada con otros aspectos de la invención.

Habiéndose descrito diversos aspectos de al menos una realización de la presente invención, se ha de apreciar que
55 se les ocurrirán fácilmente a los expertos en la materia alteraciones, modificaciones y mejoras. Dichas alteraciones, modificaciones y mejoras se pretenden que sean parte de la presente divulgación, y se pretende que estén dentro del alcance de la invención, como se define en las reivindicaciones adjuntas.

60 Por consiguiente, la anterior descripción y dibujos son únicamente a modo de ejemplo.

REIVINDICACIONES

1. Una estructura de soporte de cojinetes que soporta el árbol del rotor de una turbina eólica, comprendiendo:

5 una carcasa (20) que incluye un primer asiento de cojinete (23) ubicado en una porción delantera de la carcasa y un segundo asiento de cojinete (24) ubicado hacia atrás del primer asiento de cojinete, el primer y segundo asientos de cojinete adaptados para recibir y soportar primeros (21) y segundos (22) cojinetes, respectivamente, que soportan un árbol del rotor (10) en rotación alrededor de un eje que se extiende entre las porciones delantera y trasera de la carcasa (20), caracterizada por:
 10 un primer par de soportes laterales (26) que se extienden en general hacia abajo desde lados laterales de la carcasa y que se colocan hacia la porción delantera de la carcasa, soportando dichos soportes laterales dicha carcasa, definiendo cada uno del primer par de soportes laterales un pie de montaje (28) adaptado para montar dicha carcasa en una base (40) que recibe la carcasa (20), en el que dicho pie de montaje (28) se separa del otro pie de montaje del primer par de soportes laterales; y
 15 un intersticio estructural (30) definido entre cada uno del par de soportes laterales (26) y el primer asiento de cojinete (23), permitiendo dicho intersticio estructural (30) que el primer asiento de cojinete (23) se doble en regiones cerca de la interfaz con los soportes laterales (26), en el que una porción más inferior (30) del primer asiento de cojinete (23) tiene una rigidez incrementada en relación con porciones del primer asiento de cojinete (23) que se colocan lateralmente a la porción más inferior (25), y en el que los intersticios estructurales (30) se colocan entre los soportes laterales y la porción más inferior (25) del primer asiento de cojinete (23).

2. La estructura de soporte de cojinetes de la reivindicación 1, en la que la porción más inferior (25) del primer asiento de cojinete (23) tiene una extensión radial mayor que las porciones del primer asiento de cojinete (23) que se colocan lateralmente a la porción más inferior (25) para proporcionar rigidez incrementada.

3. La estructura de soporte de cojinetes de la reivindicación 1, que comprende además:

un primer anillo de rigidez (38) que se extiende al menos parcialmente alrededor de la circunferencia del primer asiento de cojinete.

4. La estructura de soporte de cojinetes de la reivindicación 3, en la que el primer anillo de rigidez (38) tiene una rigidez incrementada en la porción más inferior (25) del primer asiento de cojinete para proporcionar la rigidez incrementada.

5. La estructura de soporte de cojinetes de la reivindicación 1, en la que el pie de montaje (28) de cada uno del primer par de soportes laterales (26) se coloca por debajo de la porción más inferior (25) del primer soporte de cojinetes.

6. La estructura de soporte de cojinetes de la reivindicación 5, en la que el pie de montaje (28) de cada uno del primer par de soportes laterales (26) se extiende al menos lateralmente fuera de una proyección del primer asiento de cojinete, como se toma desde arriba de la carcasa de cojinete (20).

7. La estructura de soporte de cojinetes de la reivindicación 6, en la que el pie de montaje (28) de cada uno del primer par de soportes laterales (26) se extiende totalmente fuera de una proyección del primer asiento de cojinete, como se toma desde arriba de la carcasa de cojinete.

8. La estructura de soporte de cojinetes de la reivindicación 1, que comprende además:

un segundo par de soportes laterales (26) que se extienden generalmente hacia abajo desde lados laterales de la carcasa (20) y que se colocan hacia atrás del primer par de soportes laterales (26), cada uno del segundo par de soportes laterales (26) con una porción terminal que define un pie de montaje (28) adaptado para montarse en una base (40) y que se separa del otro pie de montaje de la carcasa.

9. La estructura de soporte de cojinetes de la reivindicación 3, en la que dicho primer anillo de rigidez (38) tiene un primer espesor en una dirección radialmente lejos de o en paralelo con el eje del rotor (13) en la porción más inferior (25) y un segundo espesor en una dirección radialmente lejos de o en paralelo con el eje del rotor (13) en las segundas porciones, siendo el segundo espesor menor que el primer espesor.

10. La estructura de soporte de cojinetes de la reivindicación 1, en la que las segundas porciones del primer asiento de cojinete (23) descansan por debajo de una intersección entre los lados laterales de la carcasa y el primer asiento de cojinete.

11. La estructura de soporte de cojinetes de la reivindicación 1, que comprende:

un primer anillo de rigidez (41) que se extiende al menos parcialmente alrededor de la circunferencia del primer asiento de cojinete (23) y que en parte define un intersticio que descansa en la dirección trasera del primer anillo

de rigidez (38) y otras porciones de la carcasa (20),

5 una estructura de rigidez que se extiende al menos parcialmente alrededor de una carcasa en una posición hacia atrás del primer anillo de rigidez (38) y hacia delante del segundo asiento de cojinete (26), definiendo el primer anillo de rigidez (38) y la estructura de rigidez un intersticio entre medias que se extiende al menos parcialmente alrededor de una circunferencia de la carcasa.

10 12. La estructura de soporte de cojinetes de la reivindicación 11, en la que la estructura de rigidez incluye un segundo anillo de rigidez (41), preferentemente el segundo anillo de rigidez se extiende completamente alrededor de la circunferencia de la carcasa.

13. La estructura de soporte de cojinetes de la reivindicación 3, en la que el primer anillo de rigidez (38) tiene un espesor radial que varía en diferentes posiciones circunferenciales alrededor de la carcasa.

15 14. La estructura de soporte de cojinetes de la reivindicación 13, que comprende además:

un anillo de rigidez trasero que se extiende al menos parcialmente alrededor de la circunferencia del segundo asiento de cojinete.

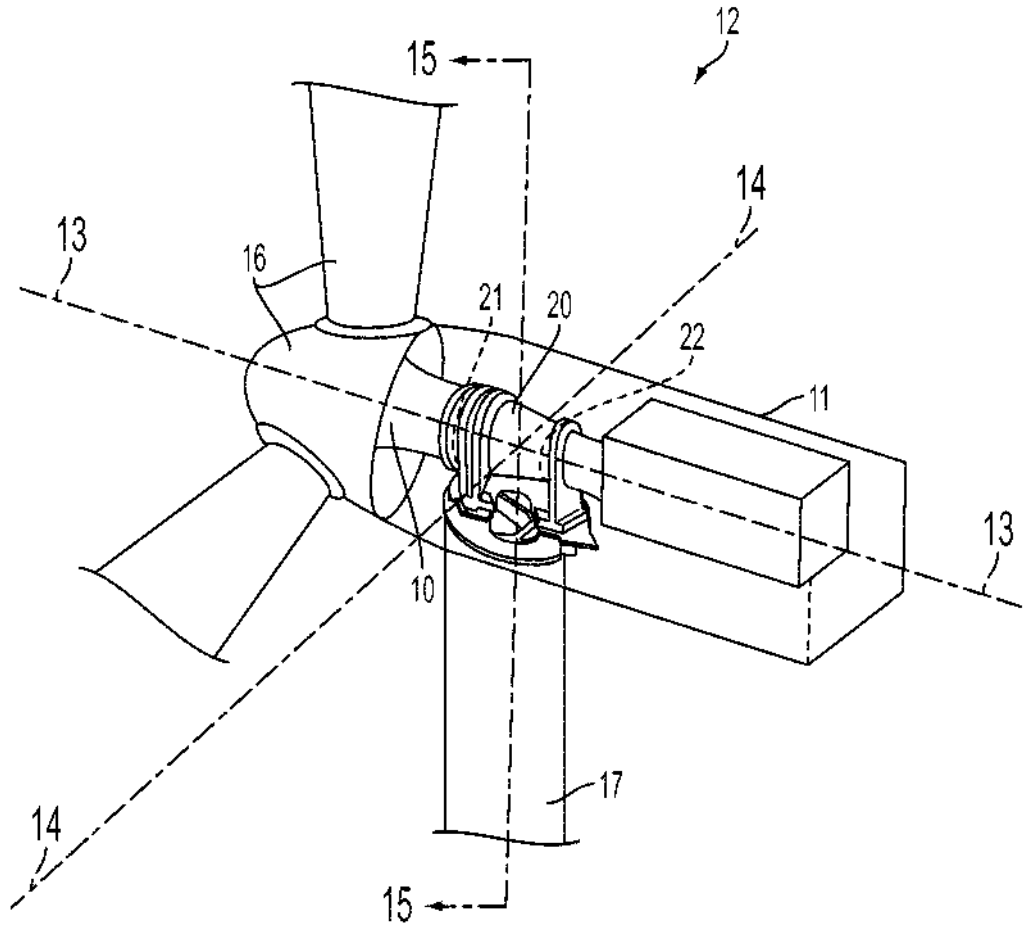


FIG. 1

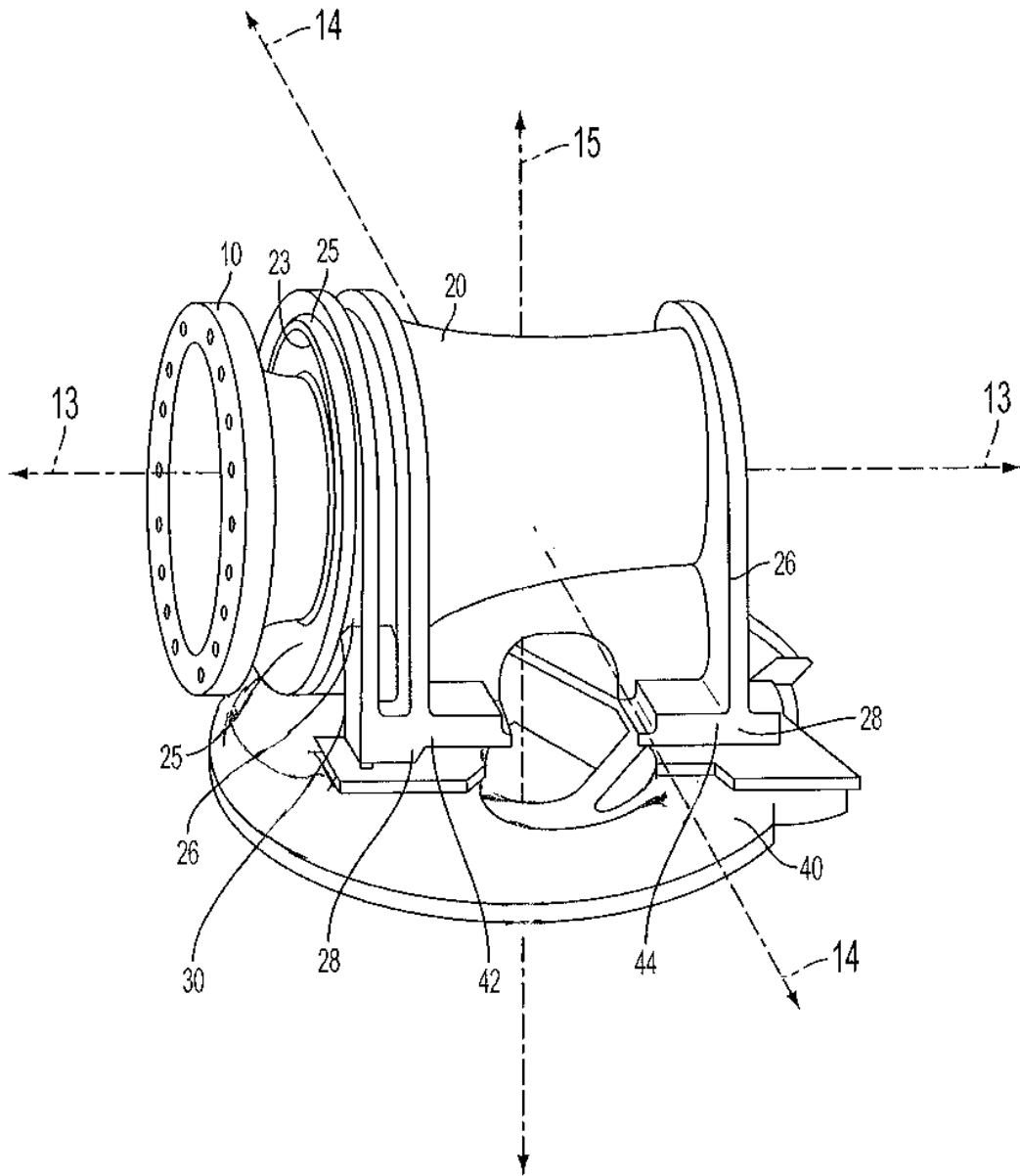
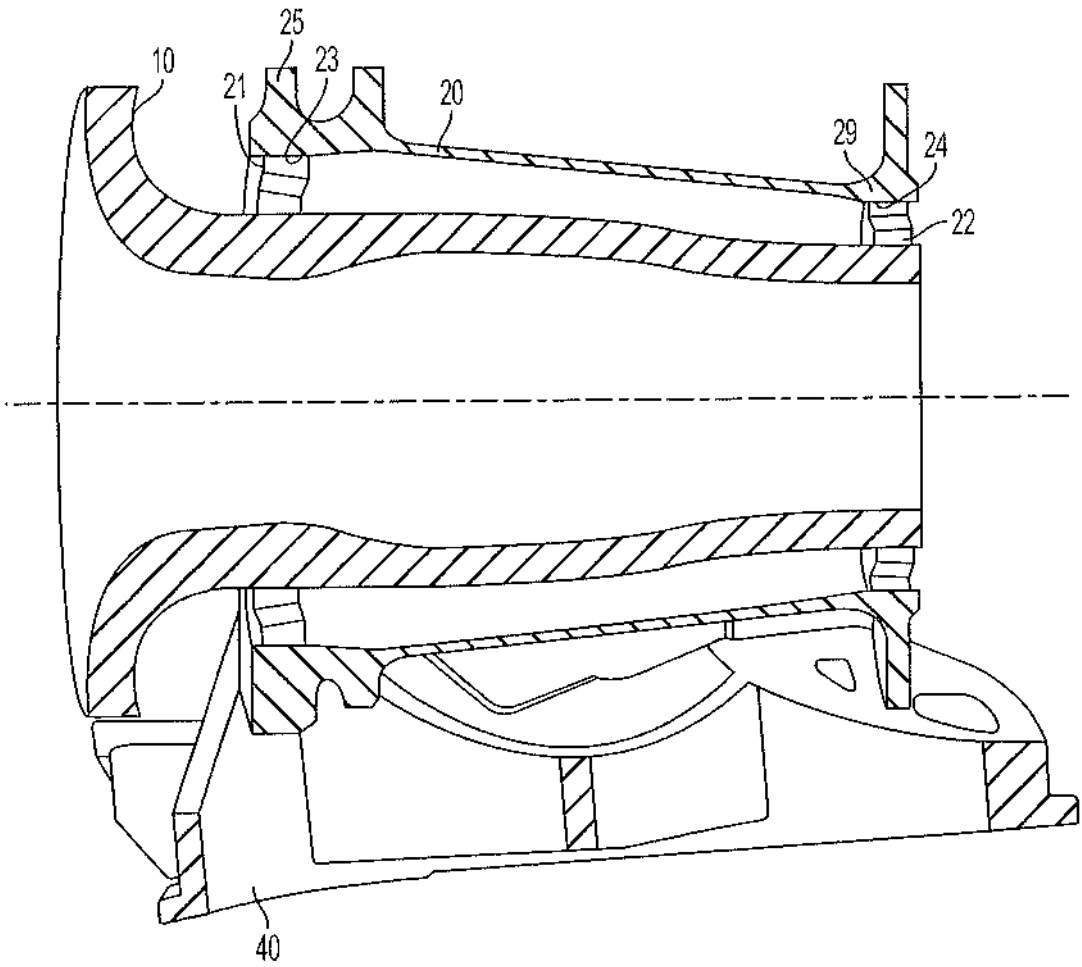


FIG. 2



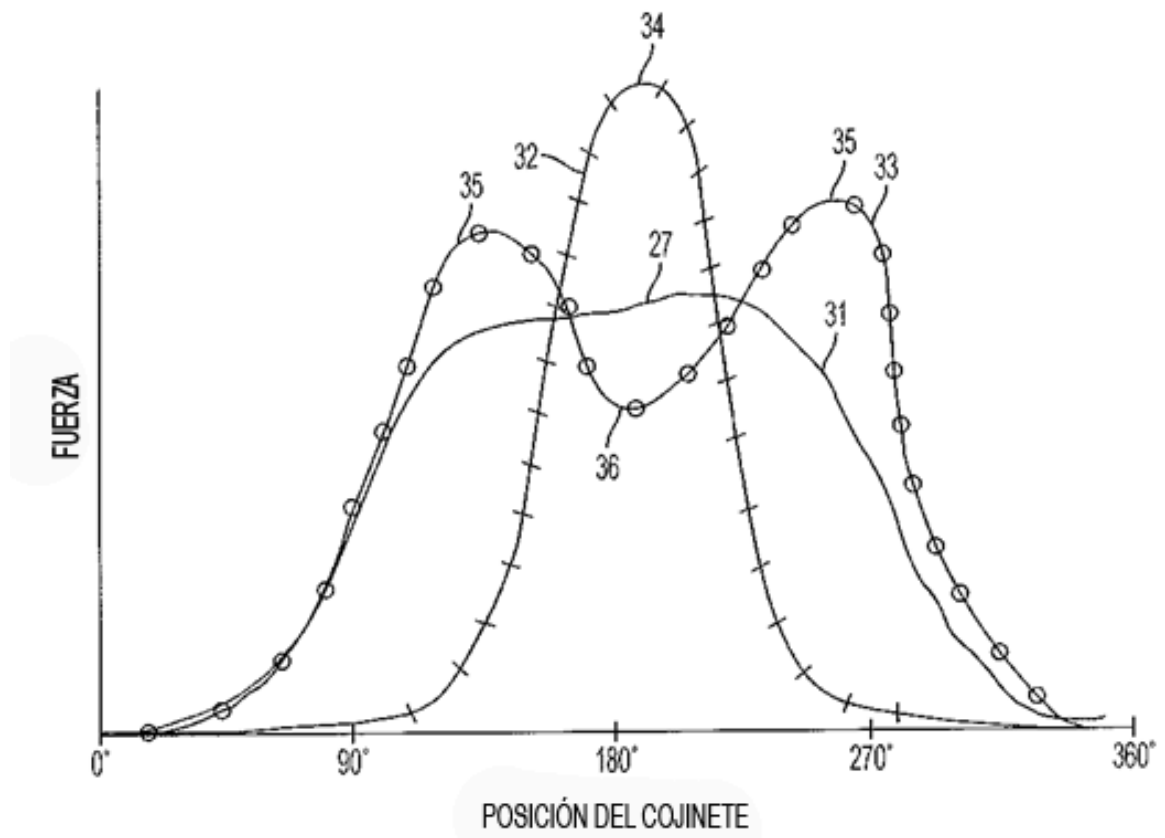


FIG. 4

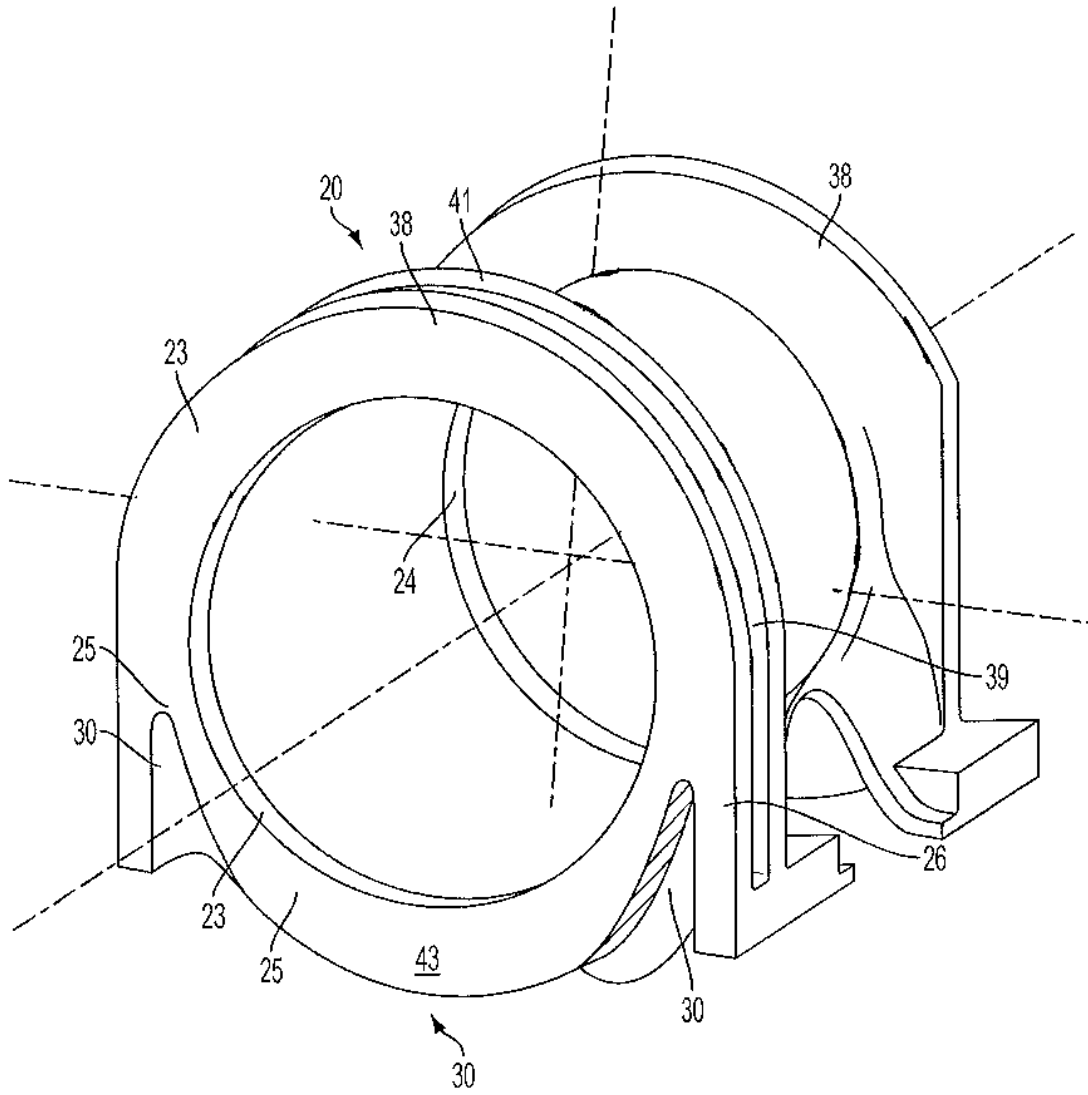


FIG. 5

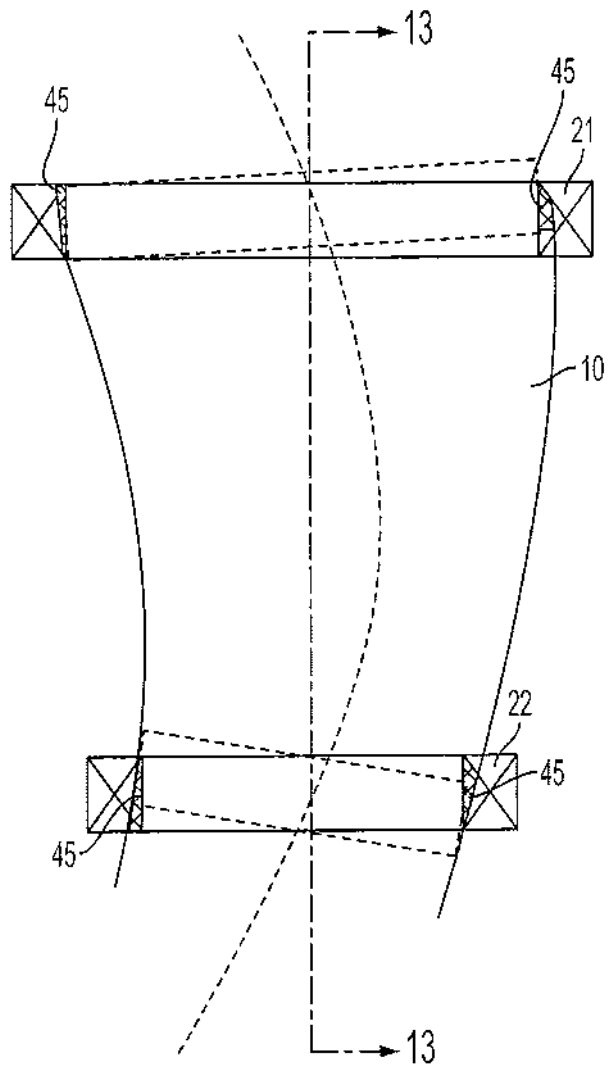


FIG. 6

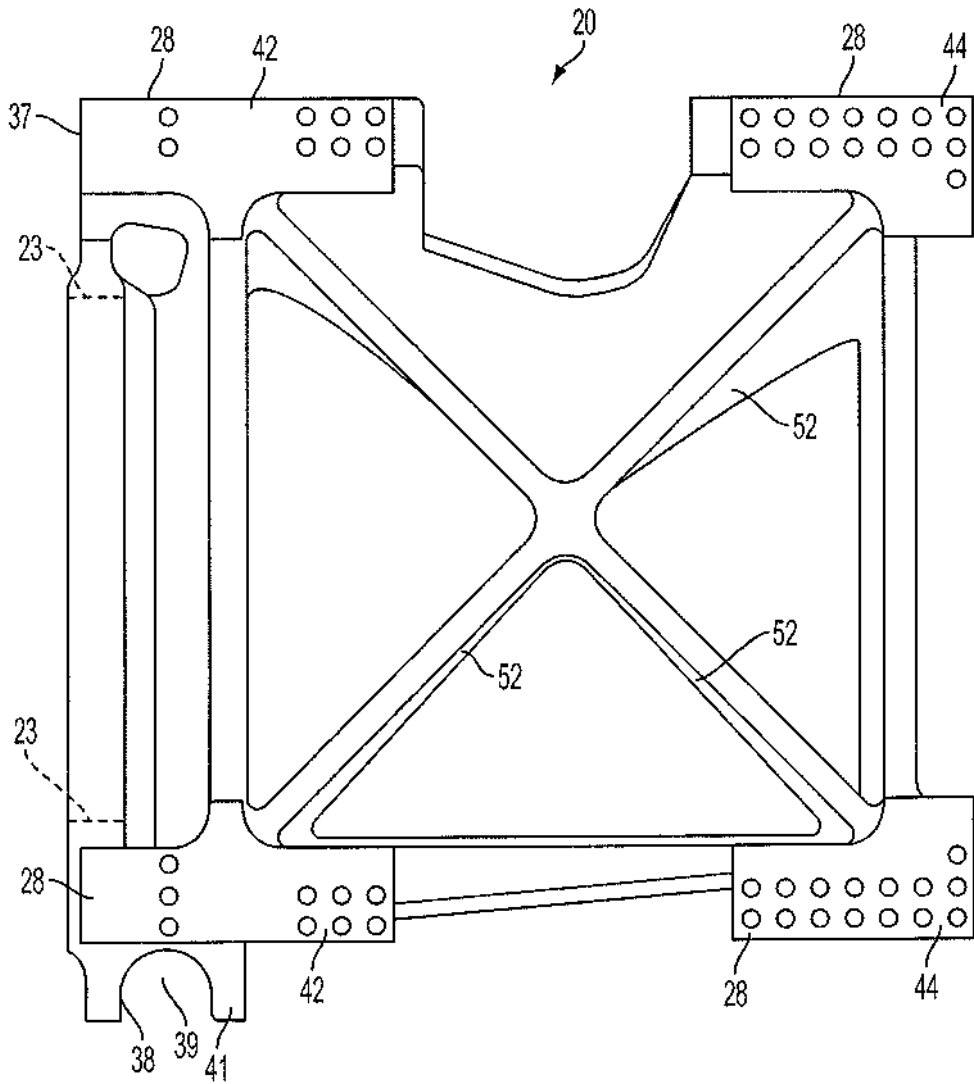


FIG. 7

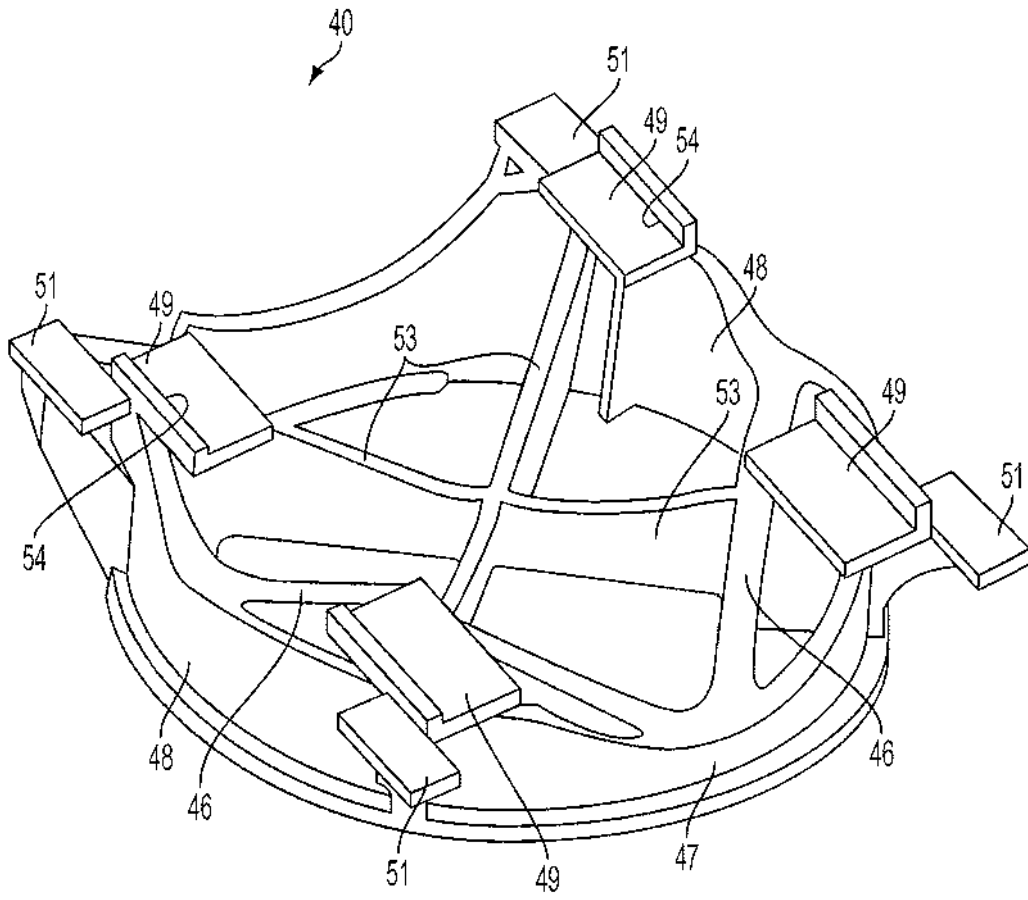


FIG. 8