

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 564 989**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2011 E 11192206 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.02.2016 EP 2463521**

54 Título: **Engranaje de cabeceo**

30 Prioridad:

08.12.2010 GB 201020834

08.12.2010 US 420936 P

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

30.03.2016

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

ANDERSEN, JESPER LYKKEGAARD y

BECH, ANTON

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 564 989 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

Engranaje de cabeceo

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere a turbinas eólicas y, más específicamente, a una disposición de engranaje de cabeceo para variar el cabeceo de una pala de turbina eólica.

Antecedentes de la invención

10 La figura 1 ilustra una turbina eólica 1, que comprende una torre 2 sobre la que se monta una góndola 3. Al menos una pala de turbina 5 está montada sobre un buje 6 para formar un rotor 4. El buje 6 está conectado a la góndola 3 por medio de un árbol de baja velocidad (no mostrado) que se extiende desde la parte delantera de la góndola. La turbina eólica ilustrada en la figura 1 puede ser un modelo pequeño destinado a un uso doméstico o de utilidad ligera, o puede ser un modelo grande, tal como los que son adecuados para usar en la generación de electricidad a gran escala en un parque eólico. En el último caso, el diámetro del rotor puede ser tan grande como de 150 metros o más.

15 Las palas del rotor de las turbinas eólicas están diseñadas para extraer energía del viento gracias a su forma aerodinámica y la posterior rotación inducida por el viento. Para las turbinas eólicas de eje horizontal, las palas giran alrededor de un buje de rotor, unido a una góndola montada en una torre de turbina eólica, y la rotación del rotor hace girar un eje de accionamiento conectado a su vez a un generador que produce electricidad. Para que las turbinas eólicas de eje horizontal operen eficientemente y extraigan la máxima potencia del viento, la góndola de la turbina eólica y el eje alrededor del cual gira el rotor de la turbina eólica están en ángulo hacia el viento en la mayor medida posible, de manera que el eje de rotación del rotor está alineado con la dirección del viento.

20 La solicitud de patente de Estados Unidos US 2005196280 describe un sistema de orientación para una turbina eólica, comprendiendo la turbina eólica una torre fijada al suelo y una góndola que aloja un generador de energía eléctrica. La torre y la góndola están unidas por el sistema de orientación, que permite la orientación de la góndola respecto a la torre de acuerdo con la dirección del viento y requiere 360 grados de rotación, que se consiguen mediante el sistema de orientación. El sistema de orientación comprende una corona dentada fijada a la torre para rotar la góndola respecto a la torre. La corona dentada se divide en segmentos circulares de tamaño uniforme engranados por dientes.

25 Las turbinas eólicas modernas controlan la carga sobre el rotor haciendo pasar las palas alrededor de su eje longitudinal dentro y fuera del viento entrante. La figura 2 muestra una disposición de cabeceo conocida entre un buje 3 y una pala (no mostrada). El cojinete de cabeceo 7 está situado entre el buje y la pala. Un engranaje 9 está formado en el cojinete de cabeceo 7 y se aplica un par al engranaje para girar el cojinete de cabeceo mediante un piñón 8. El piñón se gira mediante un accionador o motor, tal como un cilindro hidráulico o un motor eléctrico, para proporcionar el par para el paso de la pala y mantenerlo en una posición dada. Disposiciones de cabeceo conocidas, tales como la de la figura 2, utilizan una corona dentada de cabeceo formada en una sola pieza que se extiende
35 alrededor de la totalidad de la circunferencia del cojinete.

El paso de las palas de la turbina eólica puede ser usado para lograr dos objetivos. La tarea principal es controlar el ángulo de ataque dentro de lo que se llamará el "rango operativo" para controlar la potencia y la velocidad del rotor cuando la turbina está siendo usada para extraer energía a partir del viento en sentido contrario. Ajustando mecánicamente el ángulo de cabeceo de las palas del rotor controla el ángulo aerodinámico de ataque y, por lo tanto, la potencia de entrada al generador, como es bien conocido en el campo de las turbinas eólicas. La mayoría del cabeceo de las palas tiene lugar entre un estrecho rango de alrededor de 5°. Por ejemplo, si un ángulo de cabeceo se toma como el que existe entre el plano de rotación de la punta de la pala y la cuerda de la punta de la pala, un cabeceo de 0° siendo el cabeceo en el que la cuerda de un extremo de las palas de la turbina sea paralela con el plano de rotación de la punta de la pala, la mayoría del cabeceo se puede realizar entre -2° y + 2°. Teniendo en cuenta otros factores, tales como el control de potencia, un rango de cabeceo de alrededor de 30° a 35° es típicamente una variación suficiente para controlar lo bastante la pala dentro del rango operativo, esto puede corresponder al cabeceo de la pala de -5° a 30° si el ángulo de cabeceo se determina como se describe anteriormente. Sin embargo, la segunda tarea del mecanismo de cabeceo es proporcionar frenado aerodinámico para el rotor, mediante el cabeceo de las palas del rotor totalmente fuera del viento para reducir el coeficiente de sustentación en la medida de lo posible (conocido como variación de cabeceo). Esto requiere un rango de cabeceo total de alrededor de 90° a 100°. La mayoría del tiempo durante el funcionamiento, cuando la extracción de energía del viento en sentido contrario, el mecanismo de cabeceo se ajustará dentro del control de potencia o radio de acción que se extiende alrededor de 30° o tal vez 35° de cabeceo y, en particular, en el intervalo muy estrecho de alrededor de 5° a 10°; solo una pequeña proporción del tiempo el mecanismo de cabeceo necesitará cambiar a la
55 posición de cabeceo o de pérdida de alrededor de 90°.

Un problema único con cojinetes de cabeceo para turbinas eólicas es que no se operan como los sistemas de engranajes tradicionales y deben considerarse de manera diferente que otros sistemas de engranajes, tales como, por ejemplo, sistemas de guiñada. El engranaje de cabeceo pasa a través de largos periodos de inactividad, en los

que no es necesario cambiar el cabeceo de las palas. Cuando se cambia el cabeceo de las palas, solo se requieren rotaciones relativamente pequeñas para controlar la potencia y la velocidad del rotor cuando la turbina está siendo usada para extraer energía a partir del viento en sentido contrario, estando esto dentro de lo que se llamará "radio de acción" para el cabeceo. El resultado es que el piñón pase la mayor parte del tiempo acoplado con, y que se desplace sobre, una sección corta de la superficie del engranaje. Típicamente, esto equivale a alrededor de 30° a 35° de la superficie del engranaje, que se define por el ángulo de un segmento de la corona dentada, con una sección de desgaste particularmente alta de alrededor de 5° a 10°. Esto conduce a un desgaste acelerado y, cuando la pequeña sección de los ajustes de cubierta del engranaje en el radio de acción se desgasta, todo el engranaje debe ser reemplazado. Como el engranaje está formado directamente sobre la pala que lleva todo el cojinete, o el anillo del cojinete, debe reemplazarse, lo que es caro y difícil.

Hemos apreciado que los anillos de engranaje en los sistemas de control de cabeceo de la turbina están sujetos a la fatiga durante el uso y que una disposición mejorada para mitigar contra daños por fatiga y permitir una fácil sustitución de una corona dentada sería ventajoso. En particular, hemos apreciado que sería ventajoso que un nuevo tipo de corona dentada se pueda instalar en una turbina eólica y, después de la instalación, pueda ser reparado fácilmente cuando sea necesario.

El documento US2009/220343A1 divulga un procedimiento para reparar un conjunto de engranajes de cabeceo de un buje dañado. El documento EP2458200A1 divulga un mecanismo de cojinete de cabeceo y un procedimiento de reparación para el mismo.

Sumario de la invención

La invención se define en las reivindicaciones independientes a las que ahora debería hacerse referencia. Características ventajosas son el objetivo de las reivindicaciones dependientes.

Las realizaciones de la invención proporcionan un sistema o aparato para una pala de rotor de turbina eólica, comprendiendo el sistema/aparato un sistema de cabeceo que comprende un cojinete de cabeceo y un buje de turbina eólica, estando el cojinete unido al buje y pudiendo unirse a una pala de rotor de turbina eólica, y que también incluye un engranaje de cabeceo acoplado al sistema de cabeceo, mediante el acoplamiento a un componente del mismo. El engranaje de cabeceo puede acoplarse al cojinete de cabeceo, en cuyo caso el cojinete de cabeceo y el engranaje de cabeceo se pueden considerar como un subconjunto al que se pueden conectar una pala y un buje. Alternativamente, el engranaje de cabeceo puede acoplarse al buje, lo que podría considerarse como un subconjunto al que se puede conectar el cojinete de cabeceo.

El engranaje de cabeceo, preferentemente una corona dentada, comprende un primer segmento discreto y uno o más de otros segmentos discretos, teniendo cada segmento una pluralidad de dientes para engranar con un accionador, tal como un piñón.

Al menos el primer segmento está unido, o mantiene en su lugar, por medio de sujetadores liberables, que están unidos o acoplados a un componente del sistema de cabeceo, tal como el buje o cojinete, y se extiende una cantidad predeterminada a lo largo de la circunferencia del engranaje de cabeceo. Esta cantidad predeterminada se determina preferentemente en base al desgaste anticipado del engranaje de cabeceo. El desgaste anticipado se refiere al desgaste en el engranaje de cabeceo producido por el piñón que se mueve sobre la superficie del engranaje de cabeceo. En particular, como se describe en el presente documento, el piñón pasa la mayor parte del tiempo, cuando está en movimiento, moviéndose sobre un rango relativamente estrecho de los dientes en el engranaje de cabeceo. Se realiza una determinación de las porciones o ubicaciones más probables del engranaje de cabeceo que van a estar sometidas a un desgaste mayor que otras porciones en base a las regiones por las que pasa más frecuentemente el piñón. La cantidad predeterminada que la primera porción extiende se puede considerar así una estimación, anticipación o predeterminación de una región de alto desgaste determinada antes de que el desgaste en esa región sea experimentado por el engranaje de cabeceo cuando está en funcionamiento en una turbina. El primer segmento puede, de este modo, dimensionarse para extenderse sobre una región o porción del engranaje de cabeceo esperada a que se someta a un alto desgaste, o a mayor desgaste que el resto del engranaje de cabeceo.

Preferentemente, cada segmento topa con uno o más segmentos para formar una superficie de engranaje continua sobre al menos una porción de la circunferencia del engranaje. Más preferentemente, la superficie del engranaje cubre menos que el total de la circunferencia del engranaje.

Preferentemente, el primer segmento del engranaje se extiende a lo largo de una distancia circunferencial menor que la distancia circunferencial total de los otros segmentos del engranaje. Idealmente, el primer segmento se extiende a lo largo del engranaje en una cantidad dispuesta para cubrir las secciones del engranaje que están a menudo en contacto con el piñón y, por lo tanto, puede estar dispuesto para corresponder al rango de rotación requerido de las palas dentro dentro del rango operativo cuando la turbina extrae energía a partir del viento en sentido contrario, de manera que en uso, el piñón engrana solo con el primer segmento, cuando las palas de la turbina están dentro del rango operativo. El primer segmento se puede extender a lo largo del engranaje en una cantidad menor que el rango requerido para cubrir todo el rango operativo, y puede en su lugar únicamente

extenderse alrededor de una porción del mismo y, preferentemente, la porción más usada.

5 El primer segmento se puede extender a lo largo del engranaje para definir un segmento que tiene un ángulo, definido entre los radios de intersección que pasan por los extremos del segmento, de entre 20° y 60°. Más preferentemente, el segmento tiene un ángulo de entre 30° y 50°. Todavía más preferentemente, el primer segmento tiene un ángulo de entre 30° y 35°. Las realizaciones también pueden usar segmentos más pequeños, tales como entre 4° y 10°. Preferentemente, el segmento más pequeño se coloca de tal manera que está en contacto con el piñón cuando la pala está siendo colocada entre la posición de -2° y +2°, si el cabeceo de 0° se toma como el cabeceo en el que la cuerda de una punta de la pala de la turbina es paralela con el plano de rotación de la punta de la pala. La mayor parte del cabeceo se realiza entre -2° y + 2°.

10 Cuando se usan múltiples accionadores o piñones en un engranaje común, un "primer" segmento, como se describe anteriormente, se puede colocar en contacto con cada piñón.

Algunos o todos los segmentos del engranaje pueden estar acoplados al buje o cojinete mediante unos elementos de sujeción extraíbles, tales como pernos o abrazaderas, para permitir que los segmentos/sectores desgastados sean reemplazados.

15 El primer segmento puede estar compuesto de un material diferente a los otros segmentos, con lo que el material del primer segmento tiene una dureza mayor que el material usado para los otros segmentos y, por tanto, tiene menos desgaste. Por consiguiente, los diferentes segmentos pueden ser definidos por los materiales que forman el segmento.

20 El engranaje puede estar acoplado al cojinete o al buje mediante una brida que se puede conectar al cojinete de cabeceo y dispuesto para soportar el engranaje entre el eje de rotación del cojinete y la circunferencia del cojinete en uso. La brida, en uso, se extiende preferentemente en una dirección sustancialmente perpendicular al eje de rotación del cojinete. La brida puede comprender una primera porción y una segunda porción y, en uso, la primera porción puede conectarse con el cojinete y soportar la segunda porción, de tal manera que la distancia entre la segunda porción y la punta de la pala es menor que la distancia entre el cojinete y el punta de la pala, a lo largo del eje del cojinete, y la segunda porción se extiende en el espacio entre la circunferencia del cojinete y el eje de rotación del cojinete de cabeceo.

25 Una turbina eólica se puede formar usando un sistema/aparato, como se describe en el presente documento, de acuerdo con realizaciones de la invención.

30 Las realizaciones de la invención pueden proporcionar un procedimiento de fabricación de un sistema/aparato o subconjunto de cabeceo del tipo descrito en el presente documento. El procedimiento comprende proporcionar un cojinete de cabeceo para efectuar la rotación relativa entre un buje de la turbina y la pala. Se forma un primer segmento discreto de un engranaje de cabeceo, que tiene una pluralidad de dientes para engranar con un piñón. El primer segmento discreto se forma de tal manera que se extiende a lo largo de una cantidad predeterminada del engranaje de cabeceo. Después de formar el segmento, se acopla a un componente del sistema de cabeceo, tal como el buje o el cojinete, junto con el resto del engranaje de cabeceo. Como se describe en el presente documento, el resto del engranaje de cabeceo comprende al menos un segmento discreto adicional que tiene una pluralidad de dientes para engranar con un piñón. Al menos el primer segmento discreto está montado o acoplado al componente del sistema de cabeceo, tal como el buje o el cojinete, usando elementos de fijación liberables. Algunos o todos de los al menos otros segmentos discretos también pueden estar acoplados o montados de la misma manera que el primer segmento.

35 Preferentemente, la cantidad que el primer segmento discreto extiende a lo largo del engranaje de cabeceo se basa en un desgaste anticipado del engranaje de cabeceo. El procedimiento puede incluir además la etapa de determinar, en base al desgaste anticipado del engranaje de cabeceo, la cantidad a lo largo del engranaje de cabeceo que el primer segmento discreto debería extender.

45 La fabricación del conjunto del sistema/aparato o subconjunto de cabeceo se lleva a cabo antes de que el engranaje de cabeceo esté instalado en la turbina eólica y antes de que el engranaje de cabeceo sea usado por la turbina eólica o sistema de cabeceo para ajustar el cabeceo de una pala.

50 Las realizaciones de la invención pueden proporcionar también un procedimiento de fabricación de un rotor de turbina eólica o una turbina eólica del tipo descrito en el presente documento. El procedimiento comprende proporcionar un sistema/aparato, subconjunto de cabeceo o engranaje de cabeceo del tipo descrito en este documento e instalar el sistema/aparato, subconjunto de cabeceo del sistema o engranaje de cabeceo en un rotor de turbina eólica o turbina eólica. El sistema/aparato, subconjunto de cabeceo o engranaje de cabeceo se instala como una unidad completa antes de su uso del engranaje de cabeceo mediante el rotor de la turbina eólica o la turbina eólica.

55 **Breve descripción de los dibujos**

Las realizaciones de la invención se describirán ahora, a modo de ejemplo solamente, y con referencia a los dibujos

adjuntos, en los que:

La figura 1 es una vista frontal de una turbina eólica de eje horizontal;

La figura 2 es una ilustración esquemática que muestra un sistema de control de cabeceo conocido;

5 La figura 3 es una sección transversal de una porción de una corona dentada de acuerdo con una realización de la invención;

La figura 4 es una sección transversal de una corona dentada de acuerdo con una realización de la invención, que incluye una disposición de soporte de la corona dentada;

La figura 5 es una vista ampliada de la disposición de soporte de la corona dentada de la figura 3;

10 La figura 6 es una vista en sección transversal de la brida de la corona dentada, la corona dentada y el piñón a lo largo de la línea X-X, pero con exclusión de la función de montaje del engranaje, de acuerdo con una realización de la presente invención; y

La figura 7 muestra un ejemplo de una disposición en la que el engranaje de cabeceo está acoplado al buje en lugar de al cojinete.

Descripción detallada de las realizaciones preferentes

15 La figura 3 muestra una sección de un cojinete de cabeceo de una pala según una realización de la presente invención. El cojinete de cabeceo de pala comprende una primera y una segunda coronas 11 y 12, compartiendo las coronas un centro común y estando dispuestas con la primera corona que rodea la segunda corona. El cojinete incluye unos rodillos de contacto 13 entre la primera y segunda coronas para que puedan girar una respecto a la otra. La segunda corona o interior 12 tiene formado en su circunferencia interior un engranaje 14. El engranaje, en este caso una "corona" dentada engrana con un piñón 15 que está accionado por un accionador o motor, tal como un motor eléctrico o un motor hidráulico. Una pala está acoplada a una de las coronas del alojamiento, usualmente la corona interior 12, y la otra corona está acoplada al buje de la turbina eólica, de tal manera que la pala del rotor puede girar alrededor de su eje longitudinal con relación al buje.

20 La corona dentada 14 comprende al menos dos sectores o segmentos. Un primer sector 16 se extiende alrededor de la circunferencia interior de la corona dentada 12 de cabeceo interior en un cierto número de grados. Un segundo sector 17 está situado al lado del primer sector 16, y preferentemente se apoya en una unión 18. La medida en que cada segmento se extiende alrededor de la circunferencia puede definirse por el ángulo formado entre los radios que conectan cada extremo del segmento al eje de rotación del cojinete, como se muestra en la figura 3. El primer sector cubre un ángulo alrededor de la circunferencia interior del cojinete de cabeceo interior correspondiente a la cantidad de rotación requerida de las palas dentro del rango operativo. El primer sector puede extenderse alrededor de la circunferencia interior de la corona del cojinete de cabeceo interior en un ángulo de entre 4° y 60°, preferentemente entre 30° y 50°, más preferentemente alrededor de 40°, y aún más preferentemente entre 30° y 35°. El segundo sector puede extenderse alrededor de la circunferencia interior en un ángulo de entre 40° a 90°, preferentemente entre 50° a 80°, y aún más preferentemente alrededor de 70°. Es posible que se deban proporcionar otros sectores para dar cobertura de hasta 360°, pero generalmente no es necesario que la corona dentada se extienda alrededor de la totalidad de la circunferencia para conseguir la cantidad requerida de cabeceo. Aunque cada sector podría subdividirse en otros sectores, se prefiere usar el menor número posible de sectores, porque la unión entre los sectores vecinos es un punto débil potencial.

35 Los sistemas de cabeceo de las palas de la turbina pasan gran parte del tiempo durante la operación con un cabeceo entre la posición de -2° y +2°. Por lo tanto, una disposición más específica podría proporcionar un segmento de entre 4° y 10° posicionado de tal manera que está en contacto con el piñón cuando la pala está con cabeceo entre las posiciones de -2° y +2°.

40 Para girar la pala del rotor alrededor de su eje longitudinal, el piñón 15 puede girarse mediante un motor. El piñón se acopla con la corona dentada 14 y aplica una fuerza a la misma, haciendo que la corona dentada y la corona de cojinete 12 giren, junto con la pala, con respecto a la corona de cojinete 11 y el buje. El piñón puede girar en sentido horario o en sentido antihorario, dependiendo de si el ángulo de cabeceo de la pala debe aumentarse o disminuirse.

45 La pala del rotor y el engranaje están alineados de tal manera que el rango relativamente estrecho de cabeceo requerido en el radio de acción necesario para controlar la potencia se realiza por el piñón que actúa sobre el primer sector de la corona dentada. El primer sector de la corona dentada puede conocerse, por lo tanto, también como el sector de control de potencia de la corona del cojinete. En el caso de que las palas necesiten colocarse con un cabeceo en una mayor medida que normalmente se requiere en el rango de control de potencia, tal como durante el calado, el piñón pasará por encima de la unión 18 y actuará sobre el segundo sector. El número de grados cubiertos por un sector particular, es decir, el ángulo definido entre los radios de intersección que pasan a través de los extremos del segmento, usualmente corresponden directamente con el número de grados a través de los cuales la pala del rotor puede ajustar su cabeceo usando ese sector.

Es posible proporcionar múltiples piñones en una sola corona dentada para reducir la cantidad de par que cada piñón debe entregar y para distribuir la carga alrededor del engranaje. preferentemente, los piñones se distribuirán uniformemente alrededor de la circunferencia del engranaje, tal como tres piñones, cada uno colocado en posiciones separadas 120°. En tales ejemplos, el engranaje de cabeceo puede estar dispuesto de tal manera que cada piñón contacta con un "primer" sector diferente cuando se opera en el rango operativo. Cada primer sector, como se describe anteriormente, se extendería alrededor de la circunferencia del cojinete de cabeceo en un cierto número de grados. Un segundo sector correspondiente estaría situado al lado de cada primer sector, preferentemente apoyándose en una unión. El primer sector cubriría un ángulo alrededor del cojinete de cabeceo que corresponde a la cantidad de rotación requerida de las palas dentro del rango operativo, o un ángulo más pequeño, de forma que cada primer segmento se acopla con un piñón dado sobre esos rangos de cabeceo en los que la pala de la turbina opera frecuentemente.

Los sectores de corona dentada pueden estar unidos al cojinete mediante cualesquiera sujetadores desmontables adecuados. Por ejemplo, la corona dentada puede incluir bridas en las superficies superior e inferior que se extienden sobre la corona de cojinete interior y luego se fijan en posición con pernos, con orificios correspondientes que se forman en la corona de cojinete para recibir los pernos. Como alternativa, la superficie del engranaje puede haber formado cavidades en la misma para recibir unos elementos de fijación liberables, que pasarían directamente a la corona interior, preferentemente de una manera radial. Por ejemplo, tornillos o pernos pueden pasar a través de orificios o rebajes formados entre los dientes y en los orificios o muescas correspondientes en el cojinete.

Como el primer sector está dispuesto para ser el sector de la corona dentada que está expuesto a más uso, con el piñón pasando sobre esa sección un mayor número de veces que otras partes de la corona dentada, es más probable que sufra daños por desgaste. Esto conduce a una distribución desigual de desgaste sobre la corona dentada. Debido a que, en realizaciones de la presente invención, el primer sector se forma por separado del resto de la corona dentada, en lugar de tener que reemplazar toda la corona dentada, es posible sustituir simplemente la primera porción que está expuesta a un mayor desgaste.

Muchos materiales diferentes pueden ser usados para fabricar una corona dentada. Estos pueden incluir acero, acero inoxidable, acero inoxidable con tratamiento térmico, acero al carbono, acero al cromo, acero al manganeso, molibdeno, acero de níquel-cromo, aluminio, bronce, hierro fundido, plástico o nylon. Algunos materiales ofrecen beneficios de resistencia o dureza y son más resistentes al desgaste, pero pueden ser más caros, mientras que otros pueden ser menos costosos, pero también menos duros para el desgaste. Las realizaciones de la presente invención pueden usar un primer material para el primer sector y un segundo material para el segundo sector. Por ejemplo, el primer sector 16 puede estar compuesto de acero inoxidable con tratamiento térmico mientras que el segundo sector 17 puede estar compuesto de acero regular. Esto significa que el material más duro se concentra en el sector de control de potencia en el que más se requiere. Por lo tanto, la corona dentada podría estar unida directamente a, hecha integral con, o formada directamente sobre, el cojinete, pero con el segmento que se somete a un mayor desgaste, estando formado de un material más duro para aumentar la vida útil de esta sección y, por lo tanto, de toda la corona dentada. Alternativamente, diferentes porciones o sectores de diferentes materiales se pueden unir al cojinete mediante unos elementos de sujeción extraíbles como se describe anteriormente.

La figura 4 muestra una realización alternativa en la que la corona dentada está montada sobre una brida, en lugar de montarse directamente sobre el cojinete de cabeceo. Un buje 51 está fijado a un cojinete de cabeceo 52 y una pala 53 está acoplada al cojinete mediante una disposición de acoplamiento de pala 70 que comprende un número de elementos. Se proporciona un sistema de accionador de la corona de cabeceo, que comprende un motor de CA sincrónico o un motor hidráulico 55 para generar un par de torsión, y un piñón 54 y una corona dentada 57 para transmitir el par al cojinete 52 para girar la pala de la turbina alrededor de su eje longitudinal. El sistema de accionamiento de la corona de cabeceo está acoplado a la disposición de acoplamiento de la pala 70 mediante una brida de montaje 56 unida a uno de los elementos de la disposición de acoplamiento de la pala.

El buje 51 está unido a un cojinete de cabeceo 52 del tipo descrito en la solicitud PCT nº. WO2007/006301. La pala 53 está unida o acoplada al cojinete de cabeceo 52. El cojinete de cabeceo incluye al menos una corona exterior 58, al menos una corona central 60 y al menos una corona interior 59. El buje comprende una zona de montaje para cada una de las unidades de pala, comprendiendo el área de montaje al menos dos superficies de transferencia de carga concéntricas 61/62 para fijar la unidad de pala a través del al menos un cojinete de cabeceo. Las superficies de transferencia de carga pueden estar separadas por al menos una ranura. El cojinete de cabeceo está unido al buje en las superficies de transferencia de carga por medio de sujetadores tales como tornillos, pernos o espárragos.

La pala puede estar unida a la corona central del cojinete de cabeceo a través de la disposición de acoplamiento 70 de la pala, usando sujetadores tales como tornillos, pernos o espárragos que pueden extenderse en la ranura entre las superficies de transferencia de carga 61/62. La disposición proporciona una trayectoria directa para que los elementos de fijación pasen a través del cojinete, de tal manera que los elementos de fijación pueden ser sustancialmente rectos, tal como un perno recto 75 sujetado por una tuerca, ya sea en el extremo del cojinete o en el extremo de la brida de acoplamiento de la pala.

La disposición de acoplamiento de la pala puede incluir una brida de acoplamiento de la pala. La brida de acoplamiento de la pala define un espacio de acceso para recibir al menos una porción de los elementos de fijación

de la pala del rotor, permitiendo esta porción el acceso a los elementos de fijación, de modo que puedan separarse y retirarse/reemplazarse. La brida de acoplamiento de la pala comprende una porción de acoplamiento del cojinete para acoplar con el cojinete de cabeceo 52 y una porción de acoplamiento de la pala para acoplar la pala del rotor. Una sección intermedia está situada entre la porción de acoplamiento del cojinete y la porción de acoplamiento de la pala. La brida de acoplamiento de la pala está dispuesta de tal manera que, en uso, la porción de acoplamiento de la pala está separada del cojinete de cabeceo del buje a lo largo de una dirección longitudinal de la pala. La brida de acoplamiento de la pala define uno o más espacios de acceso para los elementos de fijación para fijar la pala del rotor a la porción de acoplamiento de la pala y para fijar la porción de acoplamiento del cojinete al cojinete. Esta disposición permite que la pala se pueda montar en la corona media/intermedia de un cojinete de tres coronas. Preferentemente, la pala se monta directamente en la brida de acoplamiento de la pala. Preferentemente, en uso, el uno o más espacios de acceso están situados entre el cojinete y la pala, particularmente con referencia a la dirección longitudinal paralela al eje de rotación del cojinete. La brida de acoplamiento de la pala define, preferentemente, uno o más espacios de acceso internos para los elementos de fijación que sujetan la pala del rotor a la porción de acoplamiento de la pala y uno o más espacios de acceso externos de los elementos de fijación que sujetan la pala del rotor a la porción de acoplamiento de la pala y uno o más espacios de acceso interno para los elementos de fijación que sujetan la porción de acoplamiento del cojinete al cojinete. En algunas realizaciones, debido a los espacios de la brida de acoplamiento de la pala, el elemento de fijación de acoplamiento de la pala desde el buje del cojinete en una dirección longitudinal de la pala, es posible localizar el dispositivo de fijación de la pala, o una porción del mismo, sobre el cojinete del buje; es decir, el elemento de fijación de la pala puede estar situado sobre el cojinete del buje cuando se ve a lo largo de una dirección longitudinal de la pala. preferentemente, los espacios de la sección intermedia de la porción de acoplamiento de la pala desde el cojinete de cabeceo del buje a lo largo de la dirección longitudinal de la pala, y también los espacios de la porción de acoplamiento de la pala desde la porción de acoplamiento del cojinete. Incluso más preferentemente, la porción de acoplamiento de la pala está desplazada con respecto a la porción de acoplamiento del cojinete en una dirección radial del eje de rotación del cojinete de cabeceo del buje, que puede lograrse por la sección intermedia que se extiende en un ángulo con el eje de rotación del cojinete de cabeceo del buje, la brida de acoplamiento de la pala, o la sección intermedia que se extiende preferentemente a lo largo de una línea que pasa por el centro de la estructura de cojinete de cabeceo, entre las coronas de cojinete interior y exterior, y por el centro de elevación de la pala. El ángulo en el que la sección intermedia se extiende es preferentemente uniforme a lo largo de su longitud creando, por ejemplo, una sección de embudo o de forma cónica. La brida de acoplamiento de la pala puede estar dispuesta para proporcionar una superficie suave, uniforme o a ras entre la brida de acoplamiento de la pala y la pala. Los espacios de acceso creados por la brida de acoplamiento de la pala, y la extensión de la brida de acoplamiento de la pala en la dirección longitudinal de la pala permiten preferentemente que los elementos de fijación de la pala se apoyen en una posición entre el cojinete y la pala, de manera que, en uso, hay un espacio entre el cojinete y el elemento de fijación de la pala a lo largo de la dirección longitudinal paralela al eje de rotación del cojinete. La porción de acoplamiento de la pala puede tener una dimensión mayor en la dirección radial que la sección intermedia para definir una porción para recibir los elementos de fijación sobre o en la porción de acoplamiento de la pala y permitir que los elementos de fijación sean sustancialmente rectos. La brida de acoplamiento de la pala puede hacerse total o parcialmente del mismo material usado para el cojinete del buje, tal como acero. En otras realizaciones, la porción de acoplamiento del cojinete y la porción de acoplamiento de la pala están unidos al cojinete y a la pala, respectivamente, mediante elementos de fijación y los elementos de fijación de la pala y los elementos de fijación del cojinete son coaxiales.

Como se ha descrito, las realizaciones de la invención proporcionan un sistema para una turbina eólica. El sistema comprende un sistema de cabeceo que comprende un cojinete de cabeceo de la pala y un buje de la turbina eólica, estando el cojinete de cabeceo unido al buje de la turbina eólica y dispuesto para poderse conectar a una pala del rotor de la turbina eólica. El cojinete de cabeceo de la pala sirve para ajustar el cabeceo de la pala del rotor con relación al buje. El conjunto de engranaje de cabeceo entero, que comprende un engranaje que tiene una superficie de engranaje para engranar con un accionador, tal como un piñón, está acoplado de forma liberable al sistema de cabeceo, ya sea mediante el acoplamiento al cojinete de cabeceo, o mediante el acoplamiento con el buje, de modo que el engranaje de cabeceo, bajo la acción del accionador, provoca la rotación relativa entre el buje y la parte pertinente del cojinete. El acoplamiento liberable de la superficie del engranaje para el sistema de cabeceo puede permitir una fácil sustitución de todo el engranaje sin requerir la retirada de componentes de gran tamaño, tal como el cojinete.

Como se mencionó anteriormente, las realizaciones de la invención pueden incluir un conjunto de engranaje de cabeceo entero, que comprende un engranaje que tiene una superficie de engranaje para engranar con un accionador, tal como un piñón, que está acoplado de forma liberable al sistema de cabeceo, ya sea mediante el acoplamiento al cojinete de cabeceo, o mediante el acoplamiento con el buje, de modo que el engranaje de cabeceo, bajo la acción del accionador, provoca la rotación relativa entre el buje y la parte pertinente del cojinete. El acoplamiento liberable de toda superficie del engranaje para el sistema de cabeceo puede permitir una fácil sustitución de todo el engranaje sin requerir la retirada de componentes de gran tamaño, tal como el cojinete. Aunque el montaje se puede realizar directamente en el cojinete, preferentemente el sistema de cabeceo comprende una brida o elemento 56 para acoplar el engranaje al cojinete de cabeceo, siendo la brida un soporte saliente para fijar un componente a otro. La brida se apoya en el sistema de cabeceo y está dispuesta para soportar el engranaje

de tal manera que es independiente de, o se mantiene lejos de, el cojinete de cabeceo, o el buje, preferentemente de tal manera que el engranaje, y la superficie del engranaje, está soportado entre el eje de rotación del cojinete de cabeceo y la circunferencia del cojinete de cabeceo, concretamente entre el eje de rotación del cojinete de cabeceo y, en el caso de un cojinete circular o elíptico, la pared curvada de un cilindro que pasa a través de la circunferencia del cojinete de cabeceo y que es paralelo al eje de rotación del cojinete de cabeceo. La brida se extiende preferentemente en una dirección sustancialmente perpendicular al eje de rotación del cojinete de cabeceo. Al proporcionar una brida o soporte para sostenerlo, el engranaje no necesita estar unido directamente a, o formado como parte de, los componentes del sistema de cabeceo, y en particular el cojinete de cabeceo, y se puede mover a un lugar alejado del cojinete de cabeceo y/o el buje. Esto permite que el engranaje de cabeceo se soporte lejos del cojinete o buje en una ubicación más conveniente en la que se puede retirar fácilmente, además de permitir una mayor flexibilidad de diseño para decidir dónde colocar el engranaje y el piñón correspondiente.

La brida puede comprender una primera porción y una segunda porción, con la primera porción de conexión al cojinete de cabeceo y el soporte a la segunda porción, separando la segunda porción del cojinete de cabeceo una distancia a lo largo de una línea paralela al eje del cojinete, de modo que la segunda porción se mantiene lejos del cojinete, más hacia la punta de la pala que del cojinete. La segunda porción se extiende entonces en un espacio entre la circunferencia del cojinete de cabeceo y el eje de rotación del cojinete de cabeceo. Esto permite que la brida se acople a una disposición de montaje de la pala en la que un conjunto de montaje conecta una pala al cojinete de cabeceo, ya que la primera porción puede ser parte del conjunto de montaje, ya sea formado integralmente con el mismo o que se pueda conectar al mismo. Esto también permite que una pala con un sistema de cabeceo se monte en la corona media de un cojinete de tres coronas.

Con referencia a la figura 5, que muestra una ampliación de la brida de montaje de la corona dentada, el cojinete y la disposición de engranaje y piñón, la brida de montaje de la corona dentada comprende una primera porción 91 para acoplar la brida al cojinete de cabeceo 52, y una segunda porción 92 que se extiende radialmente hacia el interior, hacia el eje de rotación del cojinete al que se une la corona dentada. La primera porción se extiende a lo largo de la dirección desde el cojinete a la punta de la pala para soportar la segunda porción 92 en una posición más cercana a la punta de la pala que la distancia entre la punta de la pala y el cojinete. preferentemente, la segunda porción se extiende hacia el interior en un ángulo sustancialmente perpendicular al eje de rotación del cojinete, aunque es posible que la segunda porción se extienda en un ángulo mayor o menor que sustancialmente 90° para proporcionar una forma cónica con lados inclinados.

El engranaje de cabeceo puede estar montado en el cojinete o a la brida usando uno o más elementos de fijación liberables, tales como tornillos o pernos. Cuando se usa una brida, el engranaje puede soportarse en la proximidad de la circunferencia interior de la brida, entre la brida y el eje de rotación del cojinete. La brida, preferentemente un anillo, pueden tener uno o más orificios formados en el mismo para permitir que unos elementos de fijación liberables 67, tales como una tuerca y perno, entre el cojinete y el buje sean ajustados o reemplazados. Los orificios se pueden distribuir en un radio predeterminado correspondiente a la posición radial de un elemento de fijación entre el cojinete de cabeceo y un buje de la turbina eólica, y se dimensionarían de manera que permita el acceso a los elementos de fijación.

La figura 6 muestra una vista en sección transversal de la brida de la corona dentada, la corona dentada y el piñón a lo largo de la línea X-X de la figura 5, pero no muestra el conjunto de fijación 98 que se describe con más detalle a continuación. La primera porción y la segunda porción de la brida de montaje de la corona dentada tienen forma de un anillo, centrada sobre el eje de rotación del cojinete de cabeceo. preferentemente están formados integralmente como una sola pieza, pero podrían estar unidas entre sí mediante un procedimiento adecuado, tal como soldadura o usando pernos. La dimensión de la primera porción en la dirección del eje de rotación del cojinete es preferentemente mayor que la dimensión de la segunda porción, de manera que la segunda porción se apoya a una cierta distancia más allá a lo largo del eje de rotación del cojinete que el propio cojinete en relación con la punta de la pala. Esto permite a la brida de montaje de la corona dentada, acoplar la disposición de la corona dentada a la corona central del cojinete de tres coronas. También asegura que la segunda porción se extiende sobre las tuercas 67, fijando el cojinete al buje.

La segunda porción 92 está unida a la corona dentada 97 mediante un conjunto de fijación 98. En esta realización, el conjunto de corona dentada se muestra como que comprende dos coronas dentadas coaxiales centradas en el eje de rotación del cojinete y separadas a lo largo de la dirección axial del cojinete. El conjunto de fijación comprende un perno y una tuerca para retener las coronas dentadas en posición, aunque las coronas dentadas pueden estar conectadas a la brida de montaje de la corona dentada mediante cualesquiera otros elementos de fijación adecuados. Otras realizaciones pueden usar una sola corona dentada o más de dos. Alternativamente, el engranaje de cabeceo puede estar formado integralmente con la circunferencia interior de la brida de montaje de la corona dentada. Un piñón 54 se acopla con la una o más coronas dentadas 97. El piñón es accionado por un motor, tal como un motor síncrono de CA o un motor hidráulico. El piñón está unido al buje 51.

Las realizaciones de la invención pueden incorporar dos o más engranajes 97, preferentemente coronas dentadas, que se acoplan al cojinete, estando separadas las coronas dentadas a lo largo del eje de rotación del cojinete. Tales realizaciones pueden requerir o no la brida de acoplamiento, ya que ambas coronas dentadas se pueden acoplar directamente a un componente del sistema de cabeceo, tal como el cojinete o buje. Uno o más piñones 54,

acoplados a uno o más accionadores, tales como un motor eléctrico o hidráulico, están dispuestos para acoplarse con una o más de las dos o más coronas dentadas y para provocar la rotación de la pala del rotor con el cojinete. Tener dos o más coronas dentadas que se acoplan con un piñón común, o cada uno engranado con piñones separados, para hacer girar el cojinete, reduce el peso de la corona dentada, ya que dos coronas dentadas separadas a lo largo del eje de rotación del cojinete pueden hacerse más ligeras que una única corona dentada, mientras que cubre la misma longitud a lo largo del eje del cojinete. Las dos o más coronas dentadas están montadas preferentemente de manera que giren alrededor de un centro común, preferentemente con las coronas dentadas estando dispuestas para girar alrededor del eje de rotación del cojinete y los dientes de cada corona dentada estando alineados con los dientes de la otra corona dentada a lo largo de una línea sustancialmente paralela al eje de rotación del cojinete. Cuando se usa más de una corona dentada, la unión entre un segmento y un segmento adyacente, como el primer y segundo segmentos, en una de las coronas dentadas puede estar desplazada de la unión entre un segmento correspondiente y el segmento adyacente, tal como el primer y segundo segmento, de la otra corona dentada. Esto evita aplicar una alta carga simultáneamente a ambas regiones de unión. Además, la superficie de engranaje en la región de la unión entre dos segmentos puede estar dispuesta para reducir la carga ejercida sobre la superficie del engranaje del piñón, tal como mediante la reducción de la altura de los dientes de engranajes en relación con otros dientes del engranaje de la superficie del engranaje en la región de la unión por mecanizado o rectificado hacia abajo. preferentemente, al menos una de las dos o más coronas dentadas están montadas de manera que pueden girar con respecto al eje de rotación del cojinete independientemente del cojinete por una pequeña cantidad, tal como de 1° a 5° o correspondiente a la circunferencia del engranaje anular ocupado por un solo diente en la corona dentada. Esto permite ligeras variaciones en la alineación de las dos o más coronas dentadas, por lo que permite un cierto juego en la posición relativa de las coronas dentadas. Las coronas dentadas pueden estar unidas directamente al cojinete, preferentemente con elementos de fijación liberables, o pueden acoplarse al cojinete a través de una brida, de modo que las coronas dentadas no están en contacto directo con el cojinete. Una vez más, preferentemente las coronas dentadas están unidas a la brida de acoplamiento mediante elementos de fijación liberables para permitir la sustitución y el ajuste de las coronas dentadas o segmentos de las mismas.

Dado que no es necesario que la pala sea capaz de ajustar el cabeceo a través de 360°, la brida de montaje de la corona dentada no necesita extenderse alrededor de toda la circunferencia de la raíz de la pala. En su lugar, la brida de montaje de la corona dentada puede extenderse alrededor de solo una porción de la circunferencia de la raíz de la pala, cubriendo la porción, por ejemplo, sustancialmente el mismo segmento circunferencial que la corona dentada.

Para ajustar el cabeceo de la pala, se genera un par de torsión mediante el eje del motor y se transfiere al piñón. El piñón gira y transmite el par a la corona dentada, haciendo que la corona dentada y la carga adjunta de la pala giren con el anillo medio del cojinete.

La corona dentada 97 comprende dos o más sectores de la misma manera como se describió anteriormente. Cada sector puede estar compuesto de un material diferente. Los sectores de alto desgaste, sobre los cuales el piñón pasa más frecuentemente, pueden ser reemplazados más frecuentemente que los otros sectores, reduciendo las cargas de costes y su mantenimiento.

Se han descrito ejemplos en los que la corona dentada está acoplada al cojinete, con el piñón de accionamiento acoplado al buje, de tal manera que el par del motor de cabeceo se transfiere así al cojinete para producir la rotación relativa entre la pala y el buje. Sin embargo, es posible que la corona dentada se acople con el buje en su lugar, con el piñón acoplado al cojinete. La figura 7 muestra un ejemplo de tal disposición alternativa, en la que el piñón 1154 está acoplado al cojinete 1152 a través del motor 1155, que se fija al cojinete mediante medios de soporte 1158. Los medios de soporte se podrían unir directamente al cojinete o se pueden acoplar a, o a parte de, una brida de acoplamiento de la pala en una disposición similar a la del acoplamiento de la brida del engranaje de cabeceo descrito anteriormente. El engranaje de cabeceo 1157 está acoplado de forma liberable con el buje, con una brida de montaje del engranaje 1156 que se extiende radialmente hacia el interior, hacia el eje de rotación del cojinete de cabeceo. La brida de montaje del engranaje 1157 puede tener las mismas características que las descritas para las realizaciones, en las que el engranaje de cabeceo está acoplado al cojinete, pero se apreciará en este ejemplo que no se requiere la porción 91 que se muestra en la figura 5, ya que la brida puede acoplarse directamente al buje.

Se han descrito realizaciones en las que un engranaje de cabeceo, o corona dentada, se forma de múltiples segmentos, al menos el primero de los cuales se puede fijar mediante unos elementos de fijación liberables para ayudar a la reparación en el sitio de los segmentos desgastados. El engranaje de cabeceo se forma preferentemente con el segmento/porción extraíble en el punto de fabricación, más que el segmento desmontable, y el rebaje correspondiente o porción de acoplamiento en la que se forman los ajustes de los segmentos desmontables, en el sitio cuando el engranaje de cabeceo está dentro de la turbina eólica. Debido a esto, el tamaño de los segmentos extraíbles/desmontables está predeterminado en el punto de fabricación o antes, basado en el desgaste estimado o esperado del engranaje de cabeceo, como se ha descrito anteriormente. Esto facilita la reparación de la superficie de engranaje de cabeceo a través de toda su vida operativa dentro de la turbina eólica.

60

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para una pala (53) de rotor de turbina eólica, comprendiendo el sistema:
 - un sistema de cabeceo que comprende un cojinete de cabeceo (11, 12, 52) y un buje de turbina eólica (51), estando unido el cojinete de cabeceo al buje y siendo acoplable a una pala de rotor de turbina eólica; y
- 5 - un engranaje de cabeceo (14) acoplado al sistema de cabeceo, comprendiendo el engranaje de cabeceo un primer segmento discreto (16) y uno o más segmentos discretos (17) diferentes, teniendo cada segmento una pluralidad de dientes para engranar con un piñón (15);
 - en el que al menos el primer segmento (16) y segundo segmento (17) se mantienen en posición mediante unos elementos de fijación liberables (57) y se extienden a lo largo del engranaje de cabeceo en una cantidad predeterminada, y en el que el engranaje de cabeceo está acoplado al cojinete mediante una brida (56); estando la brida, en uso, conectada el cojinete de cabeceo y estando dispuesta para soportar el engranaje entre el eje de rotación del cojinete y la circunferencia del cojinete, en el que la brida, en uso, se extiende en una dirección sustancialmente perpendicular al eje de rotación del cojinete; en el que la brida comprende una primera porción (91) y una segunda porción (92), y en el que, en uso:
 - 10 - la primera porción se conecta al cojinete y soporta la segunda porción, de tal manera que la distancia entre la segunda porción y la punta de la pala es menor que la distancia entre el cojinete y la punta de la pala, a lo largo del eje de rotación del cojinete;
 - y la segunda porción se extiende en un espacio entre la circunferencia del cojinete y el eje de rotación del cojinete de cabeceo.
- 15 2. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la cantidad predeterminada que el primer segmento extiende a lo largo del engranaje de cabeceo se determina en base a un desgaste anticipado del engranaje de cabeceo.
3. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el engranaje de cabeceo es una corona dentada que tiene una circunferencia, y cada segmento apoya uno o más segmentos para formar una superficie de engranaje continuo sobre al menos una porción de la circunferencia del engranaje de cabeceo.
- 25 4. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, 2 o 3, en el que el primer segmento del engranaje se extiende a lo largo de una distancia circunferencial menor que los otros segmentos.
5. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, 2, 3 o 4, en el que el primer segmento se extiende a lo largo del engranaje en una cantidad correspondiente a por lo menos una porción de una cantidad de rotación de cabeceo requerida de las palas dentro del rango operativo.
- 30 6. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el primer segmento se extiende a lo largo del engranaje para cubrir un segmento que tiene un ángulo de entre 20° y 60°, o entre 30° y 50° o entre 30° y 35°.
7. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que los segmentos de engranaje se acoplan al cojinete o al buje por medio de elementos de fijación desmontables, tales como pernos o una abrazadera.
- 35 8. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el primer segmento está compuesto de un primer material y los otros segmentos están compuestos de un material diferente y en el que, preferentemente, el primer material tiene una dureza mayor que el material usado para los otros segmentos.
9. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, el engranaje de cabeceo estando dispuesto para engranar con dos o más piñones, de modo que cada piñón puede ponerse en contacto con diferentes primeros segmentos discretos, correspondiendo cada primer segmento a los movimientos de cabeceo de la pala dentro del radio operativo de una pala.
- 40 10. Un rotor de turbina eólica o una turbina eólica que comprende un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior.
- 45 11. Un subconjunto de cabeceo para usar en el sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende:
 - un cojinete de cabeceo (11, 12, 52), que se puede unir a un buje de turbina eólica (51) y una pala de turbina eólica; y
 - un engranaje de cabeceo (14) acoplado al cojinete de cabeceo, comprendiendo el engranaje de cabeceo un primer segmento discreto (16) y uno o más segmentos discretos (17) diferentes, teniendo cada segmento una pluralidad de dientes para engranar con un piñón (15);
- 50

- en el que al menos el primer segmento se mantiene en posición por medio de elementos de fijación liberables y se extiende a lo largo del engranaje de cabeceo en una cantidad predeterminada, determinándose la cantidad predeterminada en base a un desgaste anticipado del engranaje de cabeceo,

5 - en el que el engranaje de cabeceo está acoplado al cojinete mediante una brida (56); estando la brida, en uso, conectada al cojinete de cabeceo y estando dispuesta para soportar el engranaje entre el eje de rotación del cojinete y la circunferencia del cojinete.

12. Un procedimiento de fabricación de un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, o un subconjunto de cabeceo según la reivindicación 11, comprendiendo el procedimiento:

- proporcionar un cojinete de cabeceo;

10 - formar un primer segmento discreto de un engranaje de cabeceo, que tiene una pluralidad de dientes para engranar con un piñón, extendiéndose el primer segmento discreto a lo largo de una cantidad predeterminada del engranaje de cabeceo en base al desgaste anticipado del engranaje de cabeceo;

15 - acoplar a un buje o a un cojinete, el primer segmento y el resto de engranaje de cabeceo, que tiene al menos un segmento discreto adicional que tiene una pluralidad de dientes para engranar con un piñón, estando montado al menos el primer segmento discreto utilizando elementos de fijación liberables.

13. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, que también comprende la etapa de determinar, en base al desgaste anticipado del engranaje de cabeceo, la cantidad a lo largo del engranaje de cabeceo que el primer segmento discreto debería extender.

20 14. Un procedimiento de fabricación de un rotor de turbina eólica o una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 10, comprendiendo el procedimiento:

25 proporcionar un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, o un subconjunto de cabeceo de acuerdo con la reivindicación 11, e instalar el sistema o subconjunto de cabeceo en un rotor de turbina eólica o turbina eólica; en el que el sistema o subconjunto de cabeceo está instalado antes del uso del engranaje de cabeceo mediante el rotor de la turbina eólica o turbina eólica, y preferentemente el sistema o subconjunto de cabeceo se instala como una unidad completa.

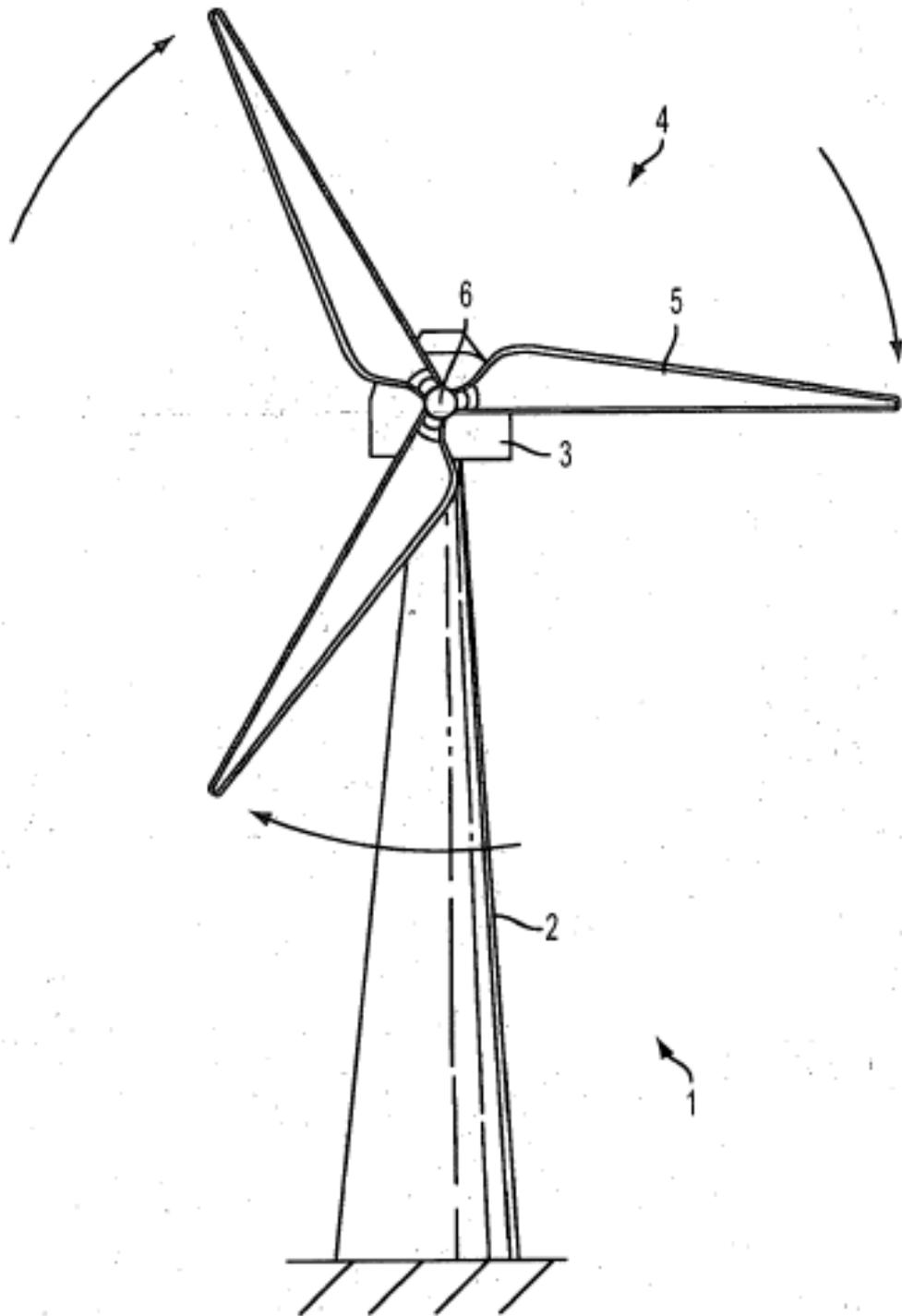


FIG. 1

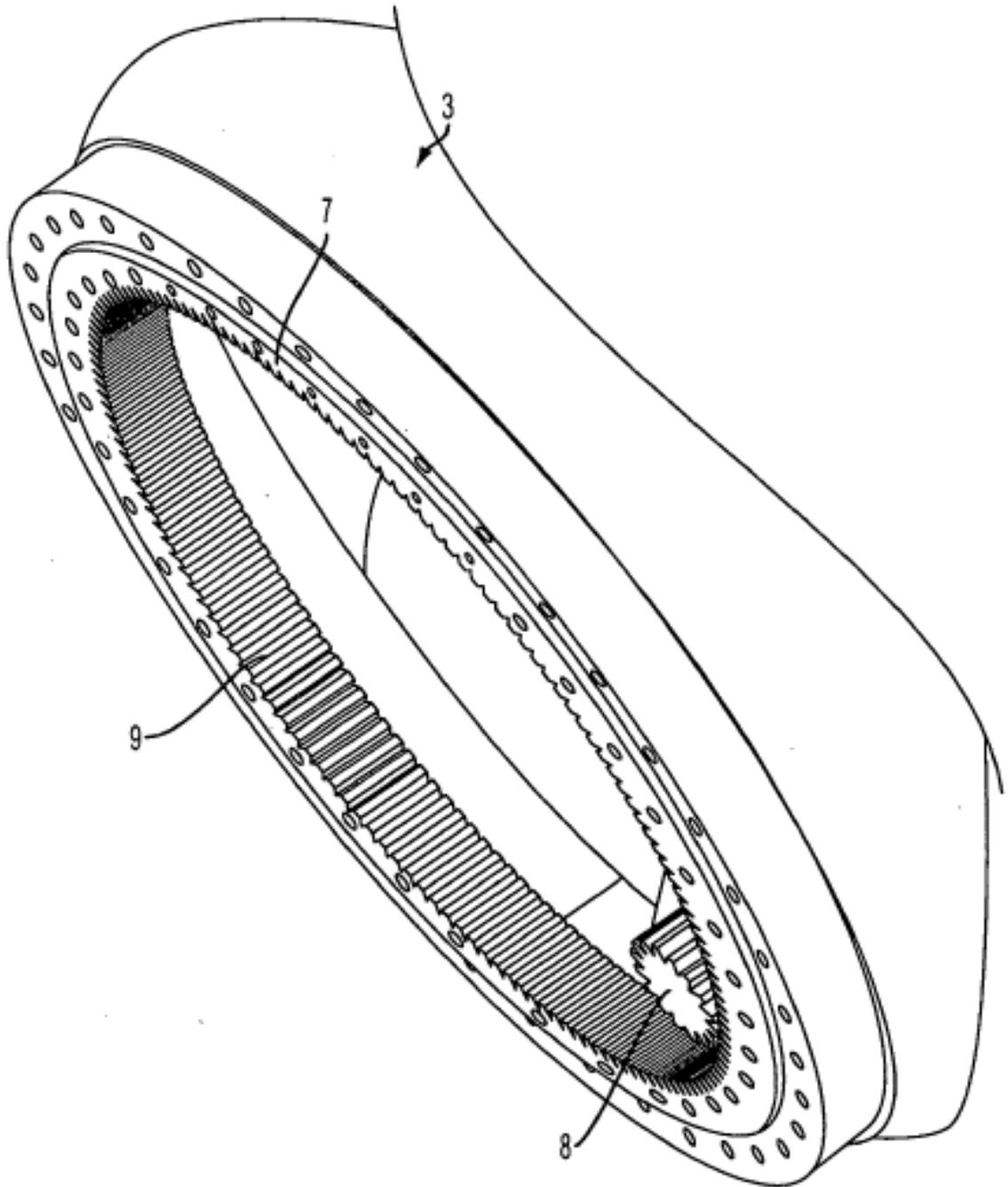


FIG. 2

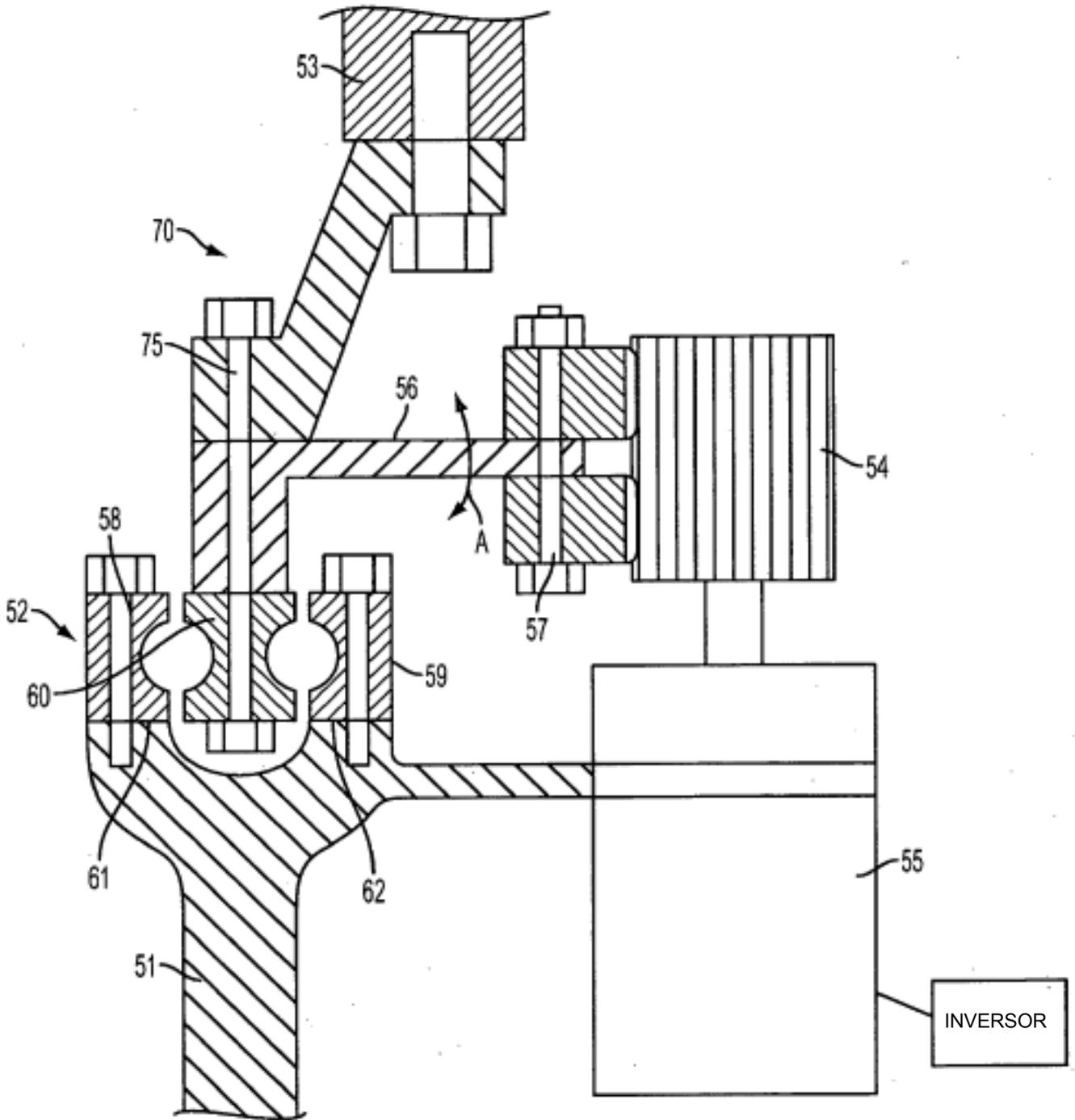
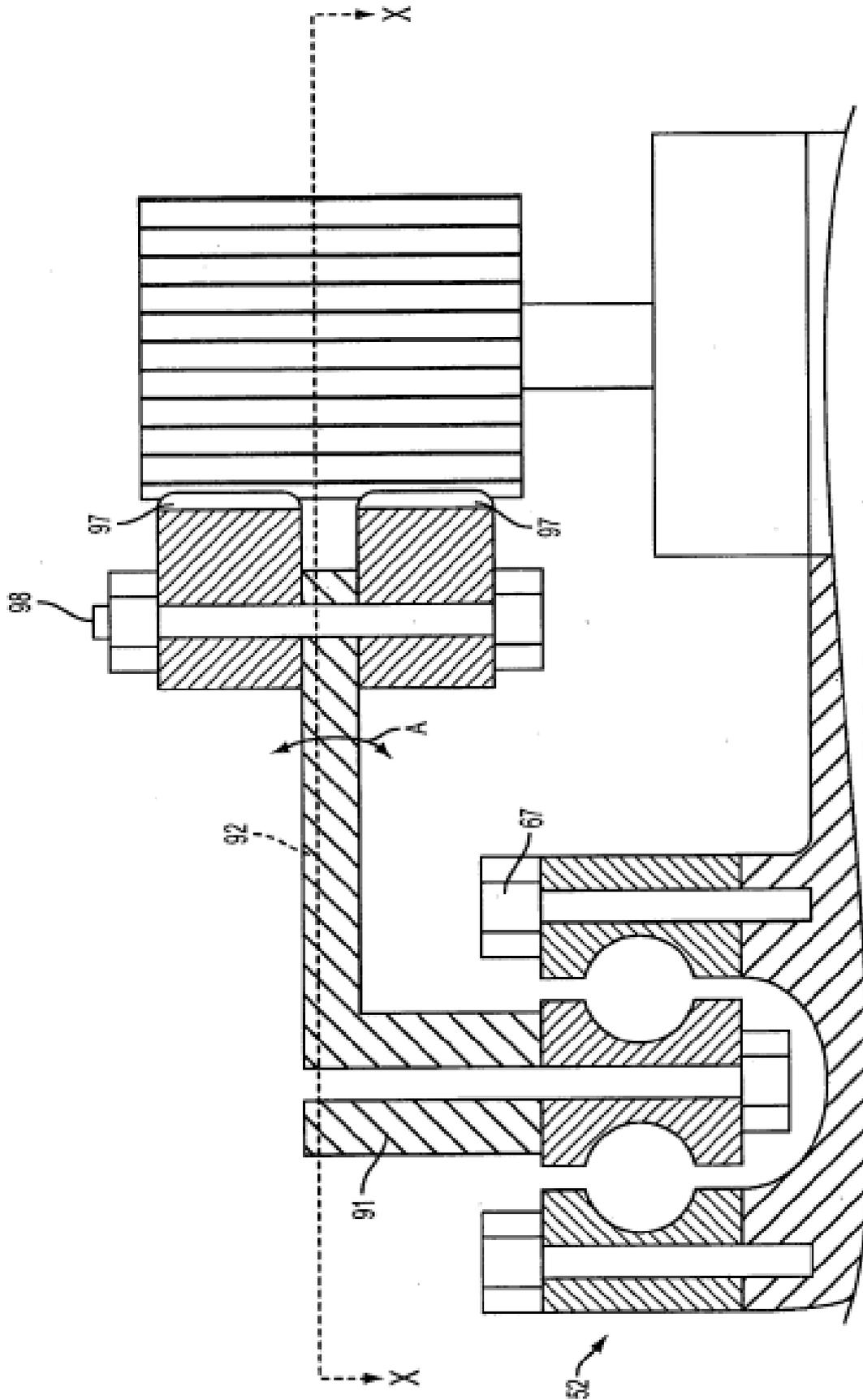


FIG. 4



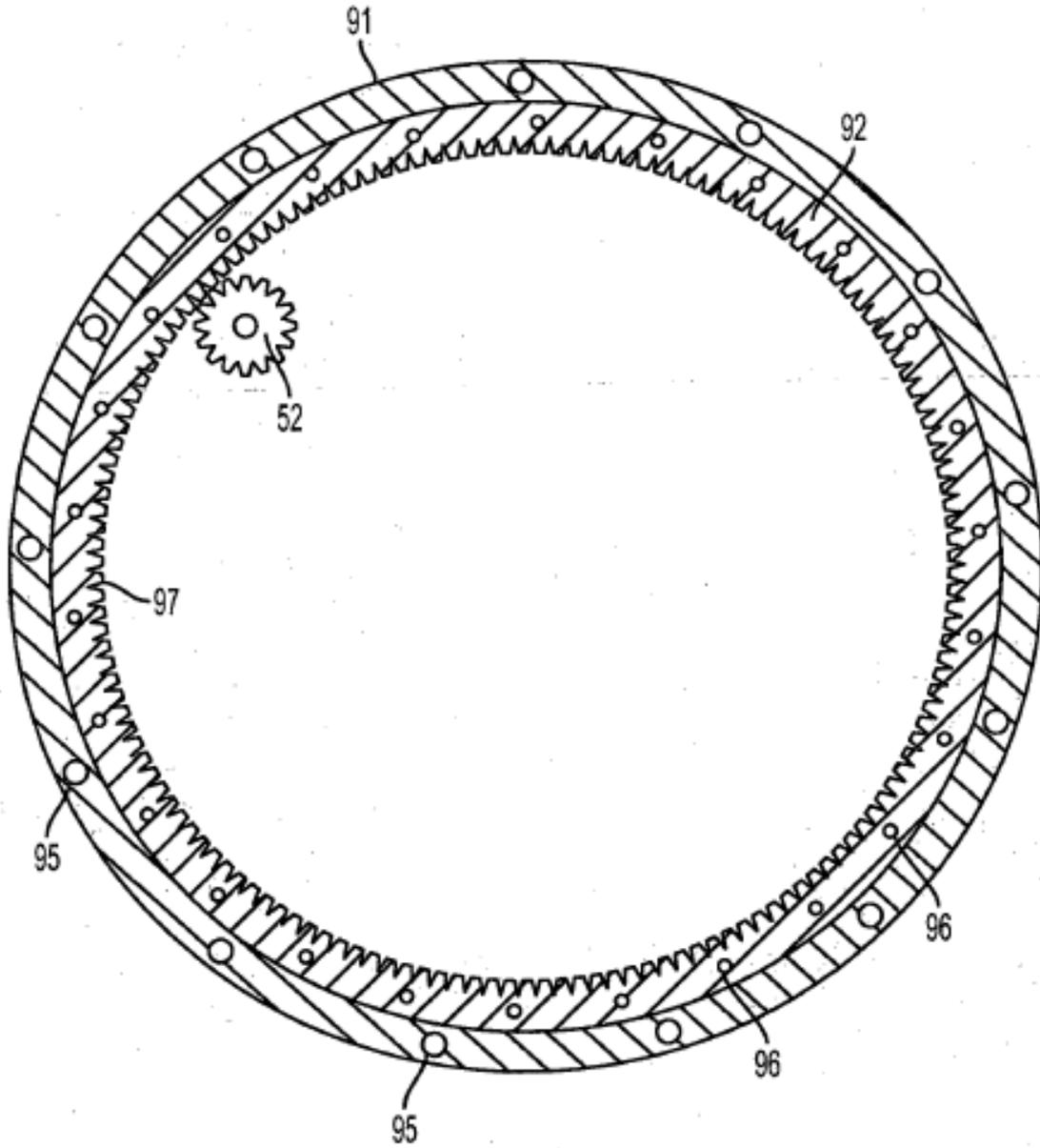


FIG. 6

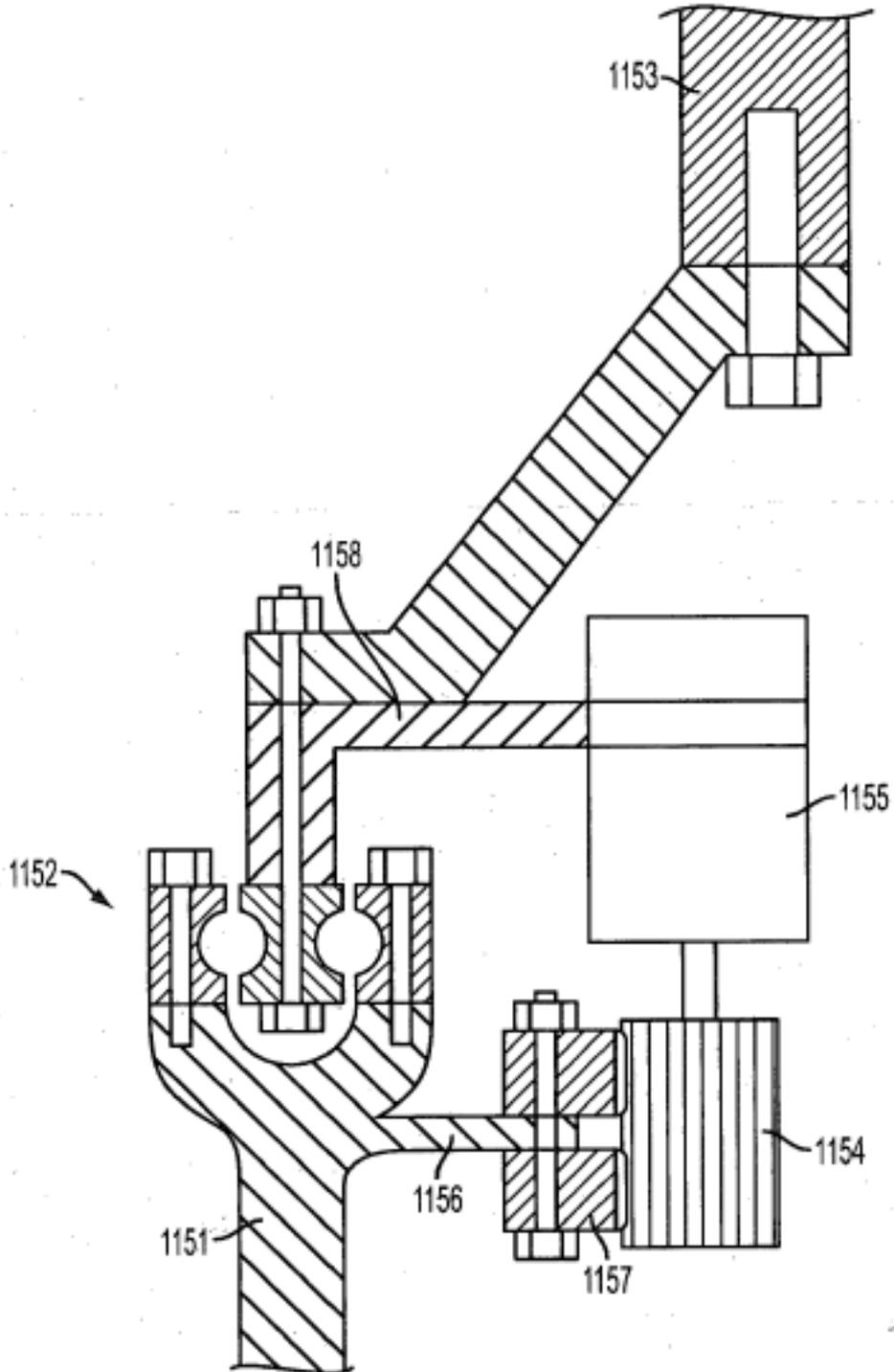


FIG. 7