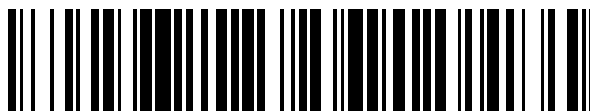


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 375 521**

51 Int. Cl.:
F16H 1/48

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08843307 .3**
96 Fecha de presentación: **22.10.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2201267**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.06.2010**

54 Título: **CAJA DE ENGRANAJES PARA UNA TURBINA EÓLICA, PROCEDIMIENTO DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA EÓLICA Y UTILIZACIÓN DE UNA CAJA DE ENGRANAJES.**

30 Prioridad:
23.10.2007 DK 200701525

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.03.2012

73 Titular/es:
Vestas Wind Systems A/S
Hedeager 44
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:
DEMTRÖDER, Jens y
BECH, Anton

74 Agente: **Arias Sanz, Juan**

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).

ES 2 375 521 T3

DESCRIPCIÓN

Caja de engranajes para una turbina eólica, procedimiento de conversión de energía eólica y utilización de una caja de engranajes

Antecedentes de la invención

- 5 La invención se refiere a una caja de engranajes para una turbina eólica. La caja de engranajes comprende al menos una primera etapa de engranajes epicicloidales, por lo menos una segunda etapa de engranajes, y un árbol de transferencia del par de torsión que comprende una parte del árbol y una parte de conexión, en la que el árbol de transferencia del par de torsión está adaptado para conectar un primer engranaje de la primera etapa de engranajes epicicloidales con un segundo engranaje de la segunda etapa de engranajes. La invención también se refiere a un procedimiento de conversión de energía eólica en energía eléctrica en una turbina eólica y a la utilización de una caja de engranajes.

Descripción de la técnica relacionada

- 15 Una turbina eólica conocida en la técnica comprende una torre cónica de turbina eólica y una góndola de turbina eólica situada en la parte superior de la torre. Un rotor de turbina eólica con una serie de aspas de turbina eólica está conectado a la góndola a través de un árbol de baja velocidad, que se extiende fuera la parte frontal de la góndola, tal como se ilustra en la figura 1.

- 20 Como las grandes turbinas eólicas modernas cada vez son más grandes en tamaño y en potencia de salida, se vuelve cada vez más difícil garantizar que la enorme carga del par de torsión del rotor se transmita de manera eficiente al generador de potencia. Por ejemplo, en la caja de engranajes de las turbinas eólicas, todos los muchos engranajes han de engranar de manera substancialmente correcta en todo momento para evitar ruidos y desgaste no deseados, pero la caja de engranajes de una gran turbina eólica moderna está muy tensa cuando transfiere y engrana la carga masiva del rotor, y por lo tanto es importante garantizar que la estructura de la caja de engranajes y la estructura de refuerzo de la góndola sea lo suficientemente fuerte como para asegurar esta alineación. Sin embargo, una estructura de refuerzo lo suficientemente grande como para garantizar que todos los elementos del tren de transmisión en la góndola estén substancialmente alineados en todo momento será muy grande, pesada y cara en una gran turbina eólica moderna.
- 25 Por lo tanto, también se conoce diseñar la turbina eólica de manera que algunas de las piezas de la caja de engranajes puedan aceptar una cierta desalineación sin que afecte sustancialmente al acoplamiento entre los engranajes. El documento WO 03/031811 se considera como que representa la técnica anterior más cercana y divulga el preámbulo de la reivindicación 1.

- 30 Un objeto de la invención es, por lo tanto, proporcionar una técnica ventajosa para la transferencia del par de torsión entre las etapas de una caja de engranajes de turbina eólica.

La invención

- 35 La invención proporciona una caja de engranajes para una turbina eólica. La caja de engranajes comprende al menos una primera etapa de engranajes epicicloidales, por lo menos una segunda etapa de engranajes, y un árbol de transferencia del par de torsión que comprende una parte de árbol y una parte de conexión, en la que el árbol de transferencia del par de torsión está adaptado para conectar un primer engranaje de la primera etapa de engranajes epicicloidales con un segundo engranaje de la segunda etapa de engranajes y en la que el árbol de transferencia del par de torsión está conectado a la segunda etapa de engranajes a través de dicha parte de conexión para formar un área de conexión de transferencia del par de torsión entre la parte de conexión y la segunda etapa de engranajes y en la que el diámetro exterior de la parte de árbol del árbol de transferencia del par de torsión es más pequeño que un diámetro interior del área de conexión entre dicho área de transferencia del par de torsión y dicha segunda etapa de engranajes.

- 40 Las etapas de engranajes epicicloidales son muy eficientes en el manejo de grandes cargas del par de torsión, así como algunas cargas radiales debido a la distribución de la carga sustancialmente simétrica a través de la etapa. Sin embargo, la salida típicamente se suministra a través de un solo árbol y, por lo tanto, es particularmente ventajoso que el árbol de transferencia del par de torsión esté provisto de medios de compensación de desalineación si al menos una de las etapas es una etapa de engranajes epicicloidales.

- 45 Al hacer que el área de conexión tenga un diámetro mayor que el diámetro exterior de la parte del árbol, es posible así permitir la flexión axial entre el árbol y el área de conexión sin afectar sustancialmente a la rigidez de los árboles hacia la torsión. Esto es ventajoso porque esta flexión axial implica que el primer engranaje pueda estar desalineado y, por lo tanto, es posible aumentar las posibilidades de que el primer engranaje engrane correctamente sin afectar sustancialmente a la capacidad de los árboles de transferir grandes cargas del par de torsión aunque el soporte planetario o toda la estructura de refuerzo de la caja de engranajes se flexione.

En un aspecto de la invención, dicho diámetro interior de dicha área de conexión es al menos un 50% mayor que dicho

diámetro exterior de dicha parte del árbol.

Si el diámetro interior del área de conexión es demasiado pequeño en relación con el diámetro exterior de la parte del árbol, la flexión axial y angular del área intermedia se vuelve demasiado pequeña, por lo que es ventajoso hacer que el diámetro interior de dicha área de conexión sea al menos un 50% más grande que el diámetro exterior de la parte del árbol.

5 En un aspecto de la invención, se establece una zona de flexión en dicha parte de conexión entre dicha parte del árbol y dicha área de conexión.

10 Proporcionar una zona de flexión entre el árbol y el área de conexión es ventajoso porque una zona de flexión de gran diámetro, por naturaleza, será relativamente más rígida hacia la torsión y al mismo tiempo relativamente más flexible axialmente, permitiendo así que un diseño de transferencia del par de torsión se convierta en más eficaz en la transferencia de grandes cargas del par de torsión en una caja de engranajes de turbina eólica muy tensa.

En un aspecto de la invención, dicha zona de flexión se extiende sustancialmente radial entre dicha parte del árbol y dicha área de conexión.

15 Si la zona de flexión se proporcionó en un ángulo, la longitud de la zona de flexión tendría que ser mayor cuando se extiende entre un árbol de un diámetro exterior determinado y un área de conexión de un diámetro interior determinado. A pesar de esto, en algunas configuraciones podría aumentar la capacidad de las zonas de flexión a compensar la falta de alineación, lo que también reduciría la resistencia de la zona de flexión a modo de torsión y por lo tanto aumentaría el riesgo de reacción, fallo por fatiga u otro.

En un aspecto de la invención dicha segunda etapa de engranajes es una etapa de engranajes de ruedas dentadas.

20 Una etapa de engranajes de ruedas dentadas donde al menos dos ruedas dentadas de módulo similar, pero de diferentes diámetros, engranan para crear una relación es una forma barata y eficiente de engranaje de la velocidad de rotación en el tren de transmisión.

En un aspecto de la invención, dicho primer engranaje de dicha primera etapa de engranajes es un engranaje central de una etapa de engranajes epicicloidales.

25 El engranaje central de una etapa de engranajes epicicloidales es particularmente sensible a la desalineación porque el engranaje central típicamente engrana con al menos tres engranajes planetarios y porque el engranaje central tiene que transferir toda la carga del par de torsión del rotor a la siguiente etapa de engranajes y, por lo tanto, es particularmente ventajoso si el árbol de transferencia del par de torsión comprende medios eficaces para compensar la desalineación si el primer engranaje es un engrane central de una etapa de engranajes epicicloidales.

30 Además, el engranaje central requiere flexión radial para equilibrar el reparto de carga entre los planetarios y, por lo tanto, es ventajoso si el primer engranaje de la primera etapa de engranajes es un engranaje central de una etapa de engranajes epicicloidales.

En un aspecto de la invención, dicha área de conexión se extiende de manera sustancialmente radial.

35 Al hacer que el área de conexión se extienda sustancialmente radial en un diámetro relativamente grande, se garantiza que el par de torsión se transfiera a través de un área relativamente grande, reduciendo así la tensión local y el riesgo de microdeslizamiento.

En un aspecto de la invención, dicha área de conexión sustancialmente está encarada con dicho primer engranaje.

40 Al hacer que el área de conexión esté encarada con el primer engranaje, es posible montar el engranaje central desde el lado de la segunda etapa de la caja de engranajes. Esto es ventajoso porque este lado está encarado con el centro de la góndola y, por lo tanto, hay espacio para el montaje del primer engranaje desde este lado, mientras que un primer engranaje montado desde el lado del rotor sería de muy difícil acceso.

En un aspecto de la invención, dicho primer engranaje de dicha primera etapa de engranajes está formado integralmente con dicho árbol de transferencia del par de torsión.

45 El primer engranaje tiene que ser capaz de transferir grandes cargas del par de torsión al eje de transferencia del par de torsión y al formar el engranaje de manera integral con el árbol, cualquier riesgo de deslizamiento y desgaste es eliminado. Además, se pueden evitar conexiones o acoplamientos caros y complejos entre el engranaje y el árbol.

En un aspecto de la invención, dicha parte de conexión está conectada a dicho segundo engranaje de dicha segunda etapa de engranajes.

Así se logra una realización ventajosa de la invención.

En un aspecto de la invención, dicha parte de conexión está conectada a un soporte planetario de dicha segunda etapa de engranajes.

Así se logra una realización ventajosa de la invención.

- 5 En un aspecto de la invención, dicho diámetro interior de dicha área de conexión es mayor que la longitud de dicha parte del árbol.

Si la parte del árbol es más larga que el diámetro interior del área de conexión, la parte del árbol llega a ser tan flexible que la zona de flexión pierde su efecto compensador desalineación y aumenta el riesgo de reacción, fallo por fatiga u otro, pero siempre y cuando el interior diámetro del área de conexión sea mayor que la longitud de la parte del árbol, el efecto de la zona de flexión se utiliza mejor.

- 10

En un aspecto de la invención, dicho árbol de transferencia del par de torsión gira mediante un par de torsión de entrada aplicado a dicho primer engranaje de dicha primera etapa de engranajes.

Así se logra una realización ventajosa de la invención.

En un aspecto de la invención, dicho árbol de transferencia del par de torsión es hueco.

- 15 La formación del árbol de transferencia del par de torsión como un árbol hueco es ventajosa porque permite el acceso libre entre las etapas de engranajes a través del árbol hueco.

Además, un árbol hueco puede ser relativamente rígido a la torsión y, al mismo tiempo, permite alguna flexión radial, que es ventajosa en combinación con una zona de flexión, porque si el árbol de transferencia del par de torsión se desvía en un sentido dado, debido a la zona de flexión, el árbol hueco podría permitir una desviación radial en sentido opuesto, con lo cual la línea central a través del primer engranaje se desplaza de la línea central a través del área de conexión, pero al mismo tiempo las dos líneas centrales se mantiene sustancialmente en paralelo. Esto permitiría que el primer engranaje pudiera desplazarse sustancialmente sin afectar al acoplamiento con otros engranajes de la primera etapa.

- 20

En un aspecto de la invención, el espesor de dicha zona de flexión en la dirección axial es sustancialmente constante.

Al hacer que el espesor axial de la zona de flexión sea constante, es más fácil de fabricar y se hace más fácil predecir la desviación bajo una carga dada.

- 25

En un aspecto de la invención, el espesor de dicha zona de flexión en la dirección axial es menor que el espesor de la pared de dicho árbol hueco de transferencia del par de torsión.

Hacer que el espesor axial sea menor que el espesor de la pared del árbol hueco de transferencia del par de torsión es ventajoso, porque así se asegura que no sólo el árbol hueco se desvía, si el primer engranaje está expuesto a una carga radial, sino también que la zona de flexión se desvíe.

- 30

En un aspecto de la invención, dicha parte de conexión en dicha área de conexión comprende una estructura de acoplamiento positivo adaptada para acoplarse a una estructura de acoplamiento positivo correspondiente de dicha segunda etapa de engranajes.

Es ventajoso que la parte de conexión y la segunda etapa de engranajes en el área de conexión estén provistas de estructuras de acoplamiento positivo que se acoplan entre sí, ya que así se asegura que la gran carga del par de torsión se transfiere sustancialmente en todo momento sin desgastar el acoplamiento.

- 35

En un aspecto de la invención, dicha estructura de acoplamiento positivo de dicha parte de conexión está formada como dientes que se extienden de manera sustancialmente radial.

Para transferir el par de torsión de manera eficiente, es importante que la estructura de acoplamiento positivo se establezca sustancialmente transversal a la dirección de rotación y, por lo tanto, es ventajoso que los dientes se extiendan radiales.

- 40

Además, los dientes son una forma eficiente de utilizar el área de acoplamiento porque los dientes asegurarán que el par de torsión se transfiere a través de un área relativamente grande, reduciendo así la tensión local y el riesgo de microdeslizamientos.

Aún más, los dientes que se extienden radialmente desde el centro del acoplamiento sustancialmente en todas las direcciones también proporcionarán al acoplamiento la capacidad de manejo de cargas radiales porque al menos algunos de los dientes siempre bloquearán el acoplamiento hacia el movimiento radial, sin importar la dirección de la carga radial.

- 45

En un aspecto de la invención, el diámetro interior dicha área de conexión es mayor que el diámetro exterior de dicho primer engranaje.

- 5 Al hacer que el área de conexión sea más grande que el diámetro exterior de dicho primer engranaje, es posible montar y desmontar el árbol de transferencia del par de torsión a través de una abertura en el segundo engranaje. Esto es ventajoso porque la primera etapa de engranajes está encarada con el rotor y la segunda etapa de engranajes está encarada con el centro de la góndola y así es posible montar o cambiar el árbol de transferencia del par de torsión desde el lado de la góndola de la caja de engranajes, simplificando así el procedimiento.

En un aspecto de la invención, la parte de dicha segunda etapa de engranajes a la que se conecta la parte de conexión comprende una abertura central a través de la cual se puede montar y desmontar dicho primer engranaje.

- 10 Proporcionar el soporte planetario del segundo engranaje de la segunda etapa de engranajes con una abertura central es ventajoso porque el primer engranaje se puede montar y desmontar desde el lado de la segunda etapa de engranajes de la caja de engranajes, lo que proporcionaría más espacio libre para realizar el proceso.

Además, la invención proporciona un procedimiento de conversión de energía eólica en energía eléctrica en una turbina eólica, que comprende una caja de engranajes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

- 15 Aún más, la invención proporciona el uso de una caja de engranajes de acuerdo con cualquiera de las cajas de engranajes indicadas anteriormente en una turbina eólica de megavatios.

- 20 Cuanto mayor es la potencia de salida de la turbina eólica, también debe ser físicamente mayor la turbina eólica o por lo menos algunas de las partes de la turbina eólica. Las turbinas eólicas con una potencia de salida nominal superior a un megavatio deben transferir de cargas del par de torsión tan grandes a través de la caja de engranajes que cada vez es más difícil mantener la alineación de las partes de la caja de engranajes o compensar cualquier desalineación con medios conocidos. Además, con turbinas eólicas tan grandes, una carga desequilibrada, una carga desequilibrada que varía, picos repentinos de carga y otros tendrán un gran efecto en la alineación de las partes de la caja de engranajes, y por lo que es particularmente ventajoso el uso de una caja de engranajes de acuerdo con la invención en una turbina eólica de megavatios.

25 Figuras

La invención se describirá a continuación con referencia a las figuras, en las que:

la figura 1 ilustra una gran turbina eólica moderna conocida en la técnica, tal como se ve desde delante,

la figura 2 ilustra una sección transversal simplificada de una góndola, tal como se ve desde el lado,

- 30 la figura 3 ilustra una realización de una etapa de engranajes epicicloidales de una caja de engranajes de turbina eólica, tal como se ve desde delante,

la figura 4 ilustra una sección transversal de una caja de engranajes de una turbina eólica que comprende dos etapas de engranajes, tal como se ve desde el lado,

la figura 5 ilustra una sección transversal de un árbol de transferencia del par de torsión que comprende un primer engranaje y un área de conexión, tal como se ve desde el lado,

- 35 la figura 6 muestra una sección transversal parcial de un engranaje central y un árbol de transferencia del par de torsión, tal como se ve desde el lado,

la figura 7 ilustra un árbol de transferencia del par de torsión conectado a un segundo engranaje a través de un anillo de distancia, tal como se ve desde el lado,

la figura 8 ilustra una sección transversal de una realización de una zona de flexión, tal como se ve desde el lado, y

- 40 la figura 9 ilustra un segundo engranaje que comprende un receso para establecer una zona de flexión, tal como se ve desde el lado.

Descripción detallada de la técnica relacionada

- 45 La figura 1 ilustra una turbina eólica moderna 1, que comprende una torre 2 situada en unos cimientos y una góndola de turbina eólica 3 situada en la parte superior de la torre 2. El rotor de la turbina eólica 4, que comprende tres aspas de turbina eólica 5 que se extiende desde y están conectadas a un buje común 6, está conectado a la góndola 3 a través del árbol principal que se extiende fuera de la góndola 3 hacia delante.

La figura 2 ilustra una sección transversal simplificada de una góndola 3 de una turbina eólica 1 de la técnica anterior, tal como se ve desde un lado. Existen góndolas 3 en una multitud de variantes y configuraciones, pero en la mayoría de los casos el tren de transmisión 12 en la góndola 3 casi siempre comprende uno o más de los siguientes componentes: una caja de engranajes 15, un acoplamiento (no mostrado), una especie de sistema de frenado 16 y un generador 17. Una góndola 3 de una turbina eólica moderna también puede incluir un convertidor 18 (también llamado un inversor) y equipos periféricos adicionales, tales como otros equipos de manipulación de potencia, cuadros de control, sistemas hidráulicos, sistemas de refrigeración adicionales y más.

El peso de toda la góndola 3, incluyendo los componentes de la góndola 15, 16, 17, 18 es soportado por una estructura de góndola 19. Los componentes 15, 16, 17, 18 se colocan usualmente y/o están conectados a esta estructura de góndola 19 de soporte de la carga común. En esta realización simplificada, la estructura de la góndola 19 que soporta la carga sólo se extiende a lo largo de la parte inferior de la góndola 3, por ejemplo, en forma de un armazón de capa al que algunos o todos los componentes 15, 16, 17, 18 están conectados. En otra realización, la estructura de soporte de la carga 19 podría comprender una campana de engranajes que, a través del cojinete principal 14, podría transferir la carga del rotor 4 a la torre 2, o la estructura de soporte de la carga 19 podría comprender varias partes conectadas entre sí, tales como celosías.

La góndola también comprende un cojinete principal 14 para asegurar que el rotor 4 pueda girar de manera sustancialmente libre en relación con la estructura de la góndola 19 y con las partes fijas del tren de transmisión 15, 16, 17, 18 de la góndola 3. En esta realización, de un tren de transmisión 12, el cojinete principal 14 está integrado en la caja de engranajes 15 porque el rotor 4 está conectado directamente a la caja de engranajes 15 a través del buje 6. Debido a que el cojinete principal 14 está incorporado en la caja de engranajes 15, la estructura de la caja de engranajes tiene que ser capaz de transferir toda la carga del rotor 4 a la torre 2 mediante la estructura de refuerzo de la góndola 19.

La figura 3 ilustra una realización de una etapa epicicloidial 11 de una caja de engranajes de turbina eólica 15, tal como se ve desde delante.

En esta realización de una etapa epicicloidial de una caja de engranajes de turbina eólica 15, los engranajes planetarios 10 engranan con y giran alrededor de un engranaje central 7 en el centro. Los engranajes planetarios 10 engranan también con engranaje anular externo 8. Las flechas indican que los engranajes planetarios 10 giran todos en el mismo sentido y que el engrane central 7 gira en el sentido opuesto.

En esta realización, el rotor 4 de la turbina eólica está conectado de manera sustancialmente directa a un soporte planetario 9 en el que la parte periférica externa (no mostrada) del buje 6 a está conectada al soporte planetario 9 con un diámetro relativamente grande.

En otra realización, el rotor 4 también se podría conectar a la caja de engranajes 15 mediante un árbol principal de baja velocidad 24 u otro.

El soporte planetario 9 conecta los engranajes planetarios 10 mediante la fijación de los árboles del engranaje planetario a la estructura del soporte planetario común 9.

Típicamente, el engranaje anular 8 está conectado a un armazón de soporte, fijo a un alojamiento de la caja de engranajes o de otra manera, pero en algunos tipos de cajas de engranajes epicicloidales 15, el engranaje anular 8 también podría girar.

Además, los engranajes ilustrados sólo muestran una etapa epicicloidial 11 de una caja de engranajes 15. Sin embargo, para aumentar el engranaje total de una caja de engranajes es bien conocido proporcionar una caja de engranajes de turbina eólica 15 con una serie de etapas 11 tal como la que se muestra, otra configuración de una etapa de engranajes epicicloidales 11, una etapa de engranajes de rueda dentada 13, otro tipo de etapa de engranajes o cualquier combinación de los mismos, por ejemplo, dependiendo del tipo de caja de engranajes 15 de turbina eólica 1 que se utiliza, en qué condiciones se va a utilizar u otro.

En esta realización, el soporte planetario 9 está formado como una estructura que conecta los tres engranajes planetarios 10. El soporte 9 también comprende brazos para conectar el soporte 9 al cojinete principal 14. Cuando el rotor 4 se conecta directamente al soporte 9, el soporte planetario 9 también tiene que transferir toda la carga del rotor 4 a la estructura de góndola de soporte de carga 19 y/o a la torre 2. El anillo interior de un cojinete principal de gran diámetro 14 está, por lo tanto, montado en el exterior del engranaje anular 8 y el anillo exterior del cojinete principal 14 está conectado al soporte planetario 9, que se extiende más allá del engranaje anular 14. El cojinete principal 14 está así integrado en la caja de engranajes 15.

En otra realización, un soporte planetario 9 más o menos circular podría estar provisto de un cojinete principal 14 alrededor de su perímetro exterior, donde se conecta el anillo exterior del cojinete principal 14 al engranaje anular 8, al alojamiento de la caja de engranajes o se fija de otras maneras.

En otra realización, la caja de engranajes epicicloidal 15 estaría separada del cojinete principal 14, por ejemplo, si se proporcionara un árbol principal de baja velocidad 24 del rotor 4 con uno o más cojinetes principales 14 antes de que el árbol se conecte a la caja de engranajes 15.

Descripción detallada de la invención

- 5 La figura 4 ilustra una sección transversal de una caja de engranajes de turbina eólica 15 que comprende dos etapas de engranajes 21, 22, tal como se ve desde el lado.

En esta realización de la invención, la caja de engranajes 15 comprende una primera etapa de engranajes 21 - en forma de una etapa de engranajes epicicloidales 11 - que a través de un árbol de transferencia del par de torsión 20 se conecta a un primer engranaje 29 de la primera etapa de engranajes 21 - en la forma de un engranaje central 7 de la etapa de engranajes epicicloidales 11 - se conecta a un segundo engranaje 30 de una segunda etapa de engranajes 22 - en forma de una rueda dentada de gran diámetro 23 que engrana con una rueda dentada de pequeño diámetro 25 conectada al árbol de salida 26 de la caja de engranajes 15.

En esta realización, el árbol 20, que transfiere toda la carga del par de torsión entre las etapas de engranajes 21, 22, está conectado con la rueda dentada de gran diámetro 23 a través de una parte de conexión de gran diámetro 35 que comprende un área de conexión 27 con un diámetro interior D_i que es más grande que el diámetro exterior D_o de una parte del árbol 34 del árbol de transferencia de torsión 20 estableciendo así una zona de flexión 28 que se extiende radialmente en la parte de conexión 35 entre la parte del árbol 34 y el área de conexión 27.

En esta realización, el árbol 20 es hueco, lo que permite alguna flexión de la parte del árbol 34, pero si se desea una flexión adicional, no es posible simplemente reducir el diámetro exterior D_o o el espesor de la pared W_t también sin que afecte a las partes del árbol 34, y así la capacidad de los árboles 20 para transferir grandes cargas del par de torsión. La zona de flexión que se extiende radialmente 28, sin embargo, es muy rígido radialmente, pero permite la flexión axial, y por lo tanto es capaz de compensar alguna desalineación o desplazamiento angular del engranaje central 7 y la parte del árbol 34.

En esta realización, el área de conexión 27 está situada en el extremo de un saliente a lo largo de la periferia externa de la parte de conexión 35 para permitir que la zona de flexión 28 no esté contigua al segundo engranaje vecino 30, permitiendo así el movimiento substancialmente libre de la zona de flexión 28 en ambas direcciones axiales. Para garantizar la flexión substancialmente libre de la zona de flexión 28 en ambas direcciones axiales es importante que substancialmente ninguna parte de la zona de flexión 28 en su extensión radial se monte contra las partes axialmente fijas o que el árbol de transferencia del par de torsión 20 se fije de otra manera contra la flexión angular y/o axial.

En esta realización de la invención, la zona de flexión 28 se extiende de forma substancialmente radial desde la parte del árbol 34, con lo cual la zona de flexión 28 se vuelve muy rígida a la torsión, pero permite flexibilidad axial, pero en otra realización, la zona de flexión 28 se puede establecer en cualquier ángulo entre 10° y 170° , preferentemente entre 30° y 150° , y más preferentemente entre 45° y 135° en relación con una línea central del árbol de transferencia del par de torsión 20.

En esta realización, la zona de flexión 28 se establece con un espesor constante T en toda su extensión radial, pero en otra realización, el espesor axial T podría variar radialmente, por ejemplo para garantizar la flexión en un diámetro deseado o para garantizar la no linealidad entre la desviación y la carga.

En esta realización, la zona de flexión 28 se forma de manera substancialmente uniforme a lo largo de toda su extensión, pero en otra realización, la zona de flexión 28 podría estar formada como radios que se extienden entre la parte del árbol 34 y el área de conexión 27 o el espesor de la zona de flexión 28 podría variar angularmente.

La figura 5 muestra una sección transversal de un árbol de transferencia de par de torsión 20 que comprende un primer engranaje 29 y un área de conexión 27, tal como se ve desde el lado.

El árbol de transferencia del par de torsión 20 ilustrado es para la transferencia de grandes cargas del par de torsión entre dos etapas 21, 22 en una caja de engranajes de turbina eólica 15, en el que el árbol de transferencia del par de torsión 20 está provisto de un primer engranaje 29 que es conducido mediante una primera etapa de engranajes 21 y un área de conexión 27 para la transferencia del par de torsión a un segundo engranaje 30 de una segunda etapa de engranajes 22.

En esta realización, el primer engranaje 29 está formado integralmente con la parte del árbol 34 del árbol de transferencia del par de torsión 20, que otra vez está formado integralmente con la parte de conexión 35 que comprende la zona de flexión que se extiende radialmente 28.

50 Sin embargo, en otra realización de la invención, uno o ambos del primer engranaje 29 y la parte de conexión 35 también podrían estar formados por separado del árbol de transferencia del par de torsión 20, por ejemplo, si el primer engranaje 29 y/o la parte de conexión 35 se fija a la parte del árbol 34 a través de una junta de contracción, una junta emperrada, un

empalme de llave, una junta de pasador o de otro tipo, o cualquier combinación de las mismas.

En esta realización, el área de conexión 27 está encarada con el primer engranaje 29 y el área de conexión 27 está provista de dientes que se extienden transversalmente en la dirección de rotación para su acoplamiento a una estructura correspondiente en el segundo engranaje 30.

- 5 En esta realización, el árbol de transferencia del par de torsión 20 es hueco porque la parte del árbol 34 tiene un espesor de pared W_t y la extensión axial de la zona de flexión 28 es substancialmente constante, es decir, la zona de flexión 28 tiene un espesor axial T substancialmente constante.

- 10 En esta realización, el espesor axial T de la zona de flexión 28 es ligeramente más pequeño que el espesor de la pared W_t de la parte del árbol 34 para permitir que la zona de flexión 28 y la parte del árbol 34 se desvíen si el primer engranaje 29 está cargado radialmente.

- 15 Si el espesor axial T de la zona de flexión 28 es demasiado grande en relación con el espesor de la pared W_t de la parte del árbol 34, substancialmente sólo la parte del árbol 34 se desviará si el primer engranaje 29 se carga radialmente y si el espesor de la pared W_t de la parte del árbol 34 es demasiado grande en relación con el espesor axial T de la zona de flexión 28, substancialmente sólo la zona de flexión 28 se desviará si el primer engranaje 29 se carga radialmente. Esto podría ser una desventaja, ya que si sólo uno de los dos se flexiona, el primer engranaje 29 puede ser desplazado angularmente, engranando con otros engranajes desiguales y, por lo tanto, aumentar el desgaste de los engranajes 29, 10.

La figura 6 muestra una sección transversal parcial de un engranaje central 7 y un árbol de transferencia del par de torsión 20, tal como se ve desde el lado.

- 20 En esta realización de la invención, el primer engranaje 29, que está conectado al árbol de transferencia del par de torsión 20 tal como se muestra en la figura 5 se utiliza como una rueda central 7 en la etapa planetaria 11 de una caja de engranajes de turbina eólica 6. El par de torsión generado por los engranajes planetarios (no representados) que engranan con el engranaje central 7 es transferido a un buje de engranajes 31 de un segundo engranaje 30 de una etapa de transmisión de engranajes 13 de la caja de engranajes de turbina eólica 15 a través de la parte del árbol 34, la zona de flexión 28 y el área de conexión 27.

Dos cojinetes 32 sustancialmente garantizan la alineación del segundo engranaje 30, mientras que la parte del árbol alargado 34 en combinación con la zona de flexión 28 asegura cierta flexibilidad radial del engranaje central 7.

- 30 En esta realización, la parte de conexión 35 en el área de conexión 27 y el área correspondiente en el buje 31 del segundo engranaje 30 comprenden una estructura de acoplamiento positivo en forma de salientes y rebajes alternos que cubren la parte de conexión 35 en toda el área de conexión 27.

- 35 En esta realización de la invención, la parte de conexión 35 también comprende medios de fijación 33 para el mantenimiento de la parte de conexión 35 acoplada con el área correspondiente en el buje 31 en todo momento (garantizando así la calidad de la transferencia del par de torsión del área de conexión 27) y para permitir que el árbol de transferencia del par de torsión 20 sea capaz de transferir una carga axial que intentaría empujar fuera la parte de conexión 35 y el área correspondiente en el buje 31.

Si están presentes cargas axiales en una dirección axial dominante, por ejemplo, en una etapa planetaria de engranajes helicoidales 11, la elección entre las configuraciones de la parte 35 en el área de conexión 27 descrita en la figura 4 y la figura 6 se hará de manera que los pernos 33 no están sustancialmente cargados.

- 40 En esta realización, los medios de conexión 33 son pernos que se extienden a través de aberturas en la parte de conexión 35 en el área de conexión 27 y orificios roscados ciegos de acoplamiento en el área correspondiente en el buje 31, pero en otra realización, los medios de fijación 33 podrían ser pinzas, tornillos, remaches y otros.

- 45 En esta realización de la invención, la estructura de acoplamiento positivo de la parte de conexión 35 y el área correspondiente en el buje 31 están diseñadas para bloquear las partes en el área de conexión 27 hacia el movimiento radial, pero en otra realización del árbol de transferencia del par de torsión 20 u otros, podrían comprender un vástago separado que se acopla y guía el área de conexión 27 y el buje 31, los medios de carga radial podrían ser formados integralmente en la parte de conexión 35 o el buje 31 o podría garantizarse de otra manera que la parte de conexión 35 y el buje 31 se fijen contra el movimiento radial relativo.

En esta realización de la invención, el diámetro interior D_i del área de conexión 27 o el buje 31 es más grande que el diámetro exterior de la rueda central 7, permitiendo así que la rueda central 7 pueda desmontarse a través del buje 31.

- 50 En esta realización, la parte del árbol 34 del árbol de transferencia del par de torsión 20 es relativamente larga y con paredes finas para garantizar que la rueda central 7 se pueda flexionar un poco radialmente en relación con la parte de

conexión 35, tanto transversalmente como en relación con el paralelismo con el eje de rotación de la parte de conexión 35. Esta flexión del árbol también se suplementa con la flexión de la zona de flexión 28 entre la parte del árbol 34 y el área de conexión 27, y junto con la parte del árbol hueco 34 y la zona de flexión 28 garantiza que es posible compensar cualquier desalineación temporal o permanente en la caja de engranajes 15 sustancialmente sin afectar a la capacidad de las
5 ruedas centrales 7 y de los engranajes planetarios 10 de transferir y compartir equitativamente el par de torsión.

En esta realización de la invención, el área de conexión 27 se ha establecido en un ángulo de la cara A de 90°, pero en otra realización, el ángulo de la cara A se puede establecer en cualquier ángulo entre 10° y 170°, preferiblemente entre 30° y 150° y lo más preferentemente entre 45° y 135°.

Colocando el área de conexión 27 en un ángulo de la cara A diferente de 90°, la parte de conexión 35 se auto-alinea sustancialmente debido a la forma cónica del área de conexión 27.
10

La figura 7 ilustra un árbol de transferencia del par de torsión 20 conectado a un segundo engranaje 30 a través de un anillo de distancia, tal como se ve desde el lado.

En esta realización de la invención, se ha establecido el área de conexión 27 como el área comprendida entre la parte de la parte de conexión 35 del árbol de transferencia del par de torsión 20, que está en contacto con el anillo de distancia
15 permitiendo así que la zona de flexión 28 pueda flexionar en ambas direcciones axiales.

La figura 8 muestra una sección transversal de una realización de una zona de flexión 28, tal como se ve desde el lado.

En esta realización, la flexión de la zona de flexión se establece mediante un rebaje en la parte de conexión 35, permitiendo así que la zona de flexión 28 pueda flexionarse en una dirección axial.

En esta realización, el área de conexión 27 se define como el área donde la parte de conexión 35 está conectada positivamente al segundo engranaje 30, es decir, el área en y que inmediatamente rodea los medios de conexión 33.
20

La figura 9 muestra un segundo engranaje 30 que comprende un rebaje para el establecimiento de una zona de flexión 28, tal como se ve desde el lado.

En esta realización de la invención, la flexión axial de la zona de flexión 28 está habilitada en ambos sentidos proporcionando el segundo engranaje con una muesca.

La invención se ha ejemplificado anteriormente con referencia a ejemplos específicos de árboles de transferencia del par de torsión 20, zonas de flexión 28, cajas de engranajes 15 y otros. Sin embargo, debe entenderse que la invención no se limita a los ejemplos particulares descritos anteriormente, sino que puede diseñarse y modificarse en una multitud de variedades dentro del alcance de la invención, tal como se especifica en las reivindicaciones.
25

Lista

1. Turbina eólica

2. Torre

3. Góndola

4. Rotor

5. Aspa

6. Buje

7. Engranaje central

8. Engranaje anular

9. Soporte planetario

10. Engranaje planetario

11. Etapa de engranajes epicicloidales

12. Tren de transmisión

13. Etapa de engranajes de ruedas dentadas

14. Cojinete principal

- 15. Caja de engranajes
- 16. Sistema de frenado
- 17. Generador
- 18. Convertidor
- 5 19. Estructura de la góndola
- 20. Árbol de transferencia del par de torsión
- 21. Primera etapa de engranajes
- 22. Segunda etapa de engranajes
- 23. Rueda dentada de gran diámetro
- 10 24. Árbol principal
- 25. Rueda dentada de pequeño diámetro
- 26. Árbol de salida de la caja de engranajes
- 27. Área de conexión
- 28. Zona de flexión
- 15 29. Primer engranaje
- 30. Segundo engranaje
- 31. Buje de engranajes
- 32. Cojinete
- 33. Medios de conexión
- 20 34. Parte de árbol del árbol de transferencia del par de torsión
- 35. Parte de conexión
- Do. Diámetro exterior de parte del árbol
- Di. Diámetro interior del área de conexión
- Wt. Espesor de la pared de la parte del árbol
- 25 T. Espesor axial de la zona de flexión

REIVINDICACIONES

1. Caja de engranajes (15) para una turbina eólica (1) que comprende
por lo menos una primera etapa de engranajes epicicloides (11),
por lo menos una segunda etapa de engranajes (22), y
- 5 un árbol de transferencia del par de torsión (20) que comprende una parte de árbol (34) y una parte de conexión (35), en el que el árbol de transferencia del par de torsión (20) está adaptado para conectar un primer engranaje (29) de dicha primera etapa de engranajes epicicloides (11) con un segundo engranaje (30) de dicha segunda etapa de engranajes (22) y en el que dicho árbol de transferencia del par de torsión (20) está conectado a dicha segunda etapa de engranajes (22) a través de dicha parte de conexión (35) para formar un área de conexión de transferencia del par de torsión (27) entre la parte de conexión (35) y la segunda etapa de engranajes (22) y en el que
10 el diámetro exterior (Do) de dicha parte del árbol (34) de dicho árbol de transferencia del par de torsión (20) es menor que un diámetro interior (Di) de dicha área de conexión (27) entre dicho árbol de transferencia del par de torsión (20) y dicha segunda etapa de engranajes (22), que se caracteriza porque una zona de flexión (28) se establece en dicha parte de conexión (35) entre dicha parte del árbol (34) y dicha área de conexión (27).
- 15 2. Caja de engranajes (15) según la reivindicación 1, en la que dicho diámetro interior (Di) de dicha área de conexión (27) es al menos un 50% más grande que dicho diámetro exterior (Do) de dicha parte del árbol (34).
3. Caja de engranajes (15) según la reivindicación 1 ó 2, en la que dicha zona de flexión (28) se extiende de manera sustancialmente radial entre dicha parte del árbol (34) y dicha área de conexión (27).
4. Caja de engranajes (15) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho primer engranaje (29) de
20 dicha primera etapa de engranajes (21) es un engranaje central (7) de una etapa de engranajes epicicloides (11).
5. Caja de engranajes (15) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicha área de conexión (27) se extiende de manera sustancialmente radial.
6. Caja de engranajes (15) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicha área de conexión (27) está sustancialmente encarada con dicho primer engranaje (29).
- 25 7. Caja de engranajes (15) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho primer engranaje (29) de dicha primera etapa de engranajes (21) está formado integralmente con dicho árbol de transferencia del par de torsión (20).
8. Caja de engranajes (15) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicha parte de conexión (35) está conectada a dicho segundo engranaje (30) de dicha segunda etapa de engranajes (22).
- 30 9. Caja de engranajes (15) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicha parte de conexión (35) está conectada a un soporte planetario (9) de dicha segunda etapa de engranajes (22).
10. Caja de engranajes (15) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho diámetro interior (Di) de dicha área de conexión (27) es más grande que la longitud de dicha parte del árbol (34).
11. Caja de engranajes (15) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho árbol de transferencia del
35 par de torsión (20) gira mediante un par de torsión de entrada aplicado a dicho primer engranaje (29) de dicha primera etapa de engranajes (21).
12. Caja de engranajes (15) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho árbol de transferencia del par de torsión (20) es hueco.
13. Caja de engranajes (15) según la reivindicación 12, en la que el espesor de dicha zona de flexión (28) en la dirección
40 axial es menor que el espesor de la pared (Wt) de dicho árbol de transferencia del par de torsión hueco (20).
14. Caja de engranajes (15) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el diámetro interior (Di) de dicha área de conexión (27) es más grande que el diámetro exterior de dicho primer engranaje (29).
15. Caja de engranajes (15) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la parte de dicha segunda etapa de engranajes (22) a la que está conectada la parte de conexión (35) comprende una abertura central a través de la cual
45 se puede montar y desmontar dicho primer engranaje (29).

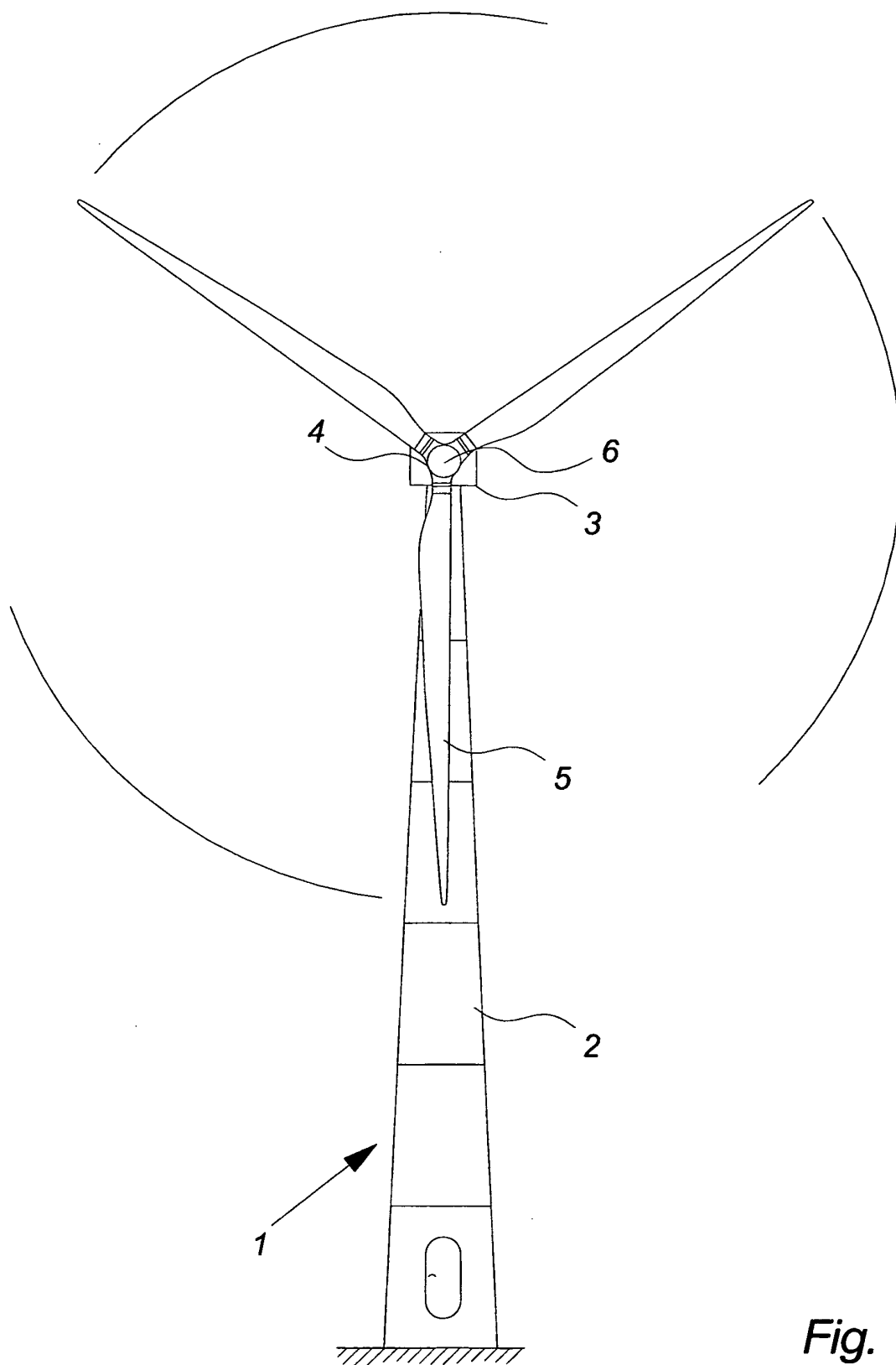


Fig. 1

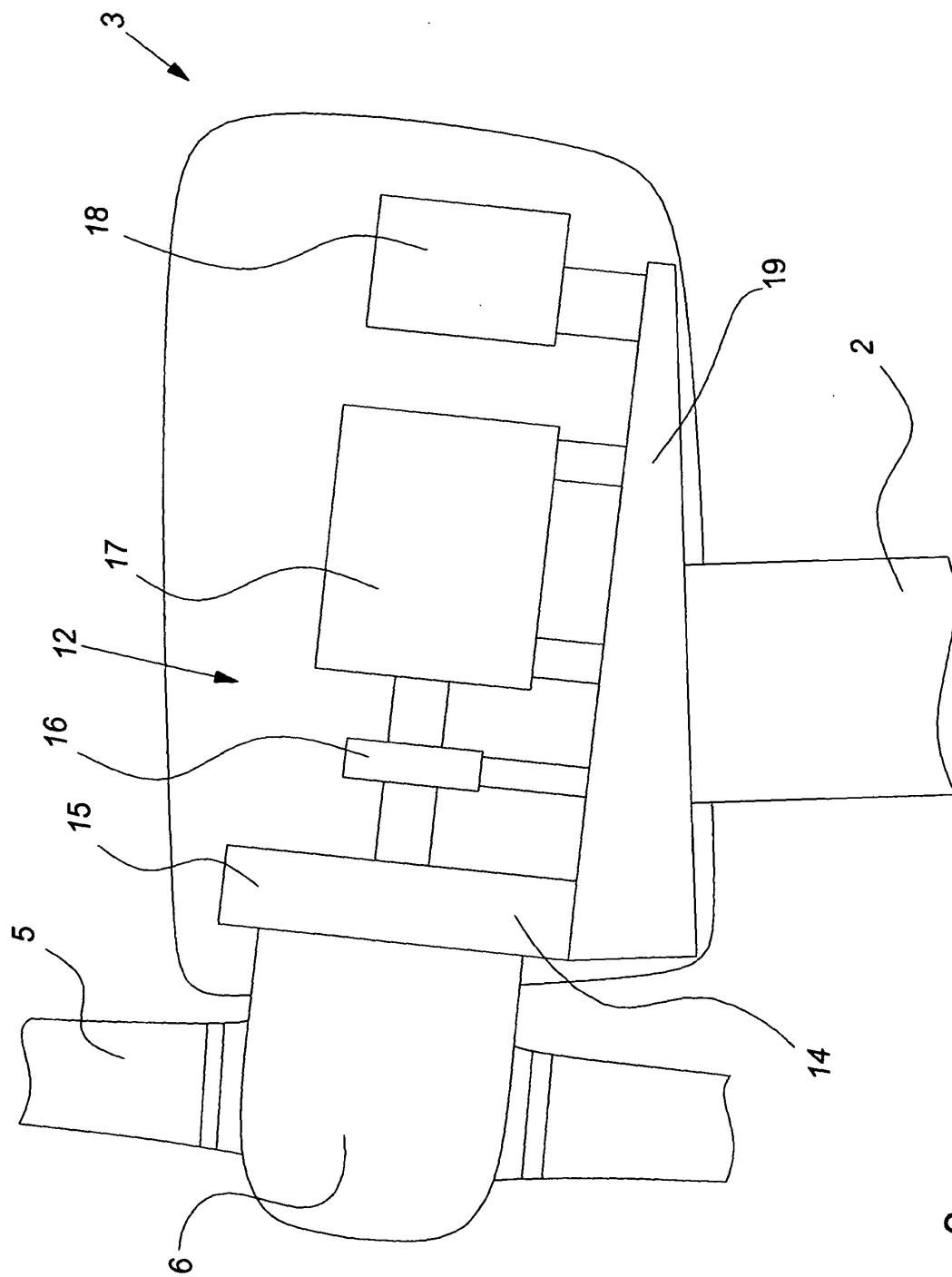


Fig. 2

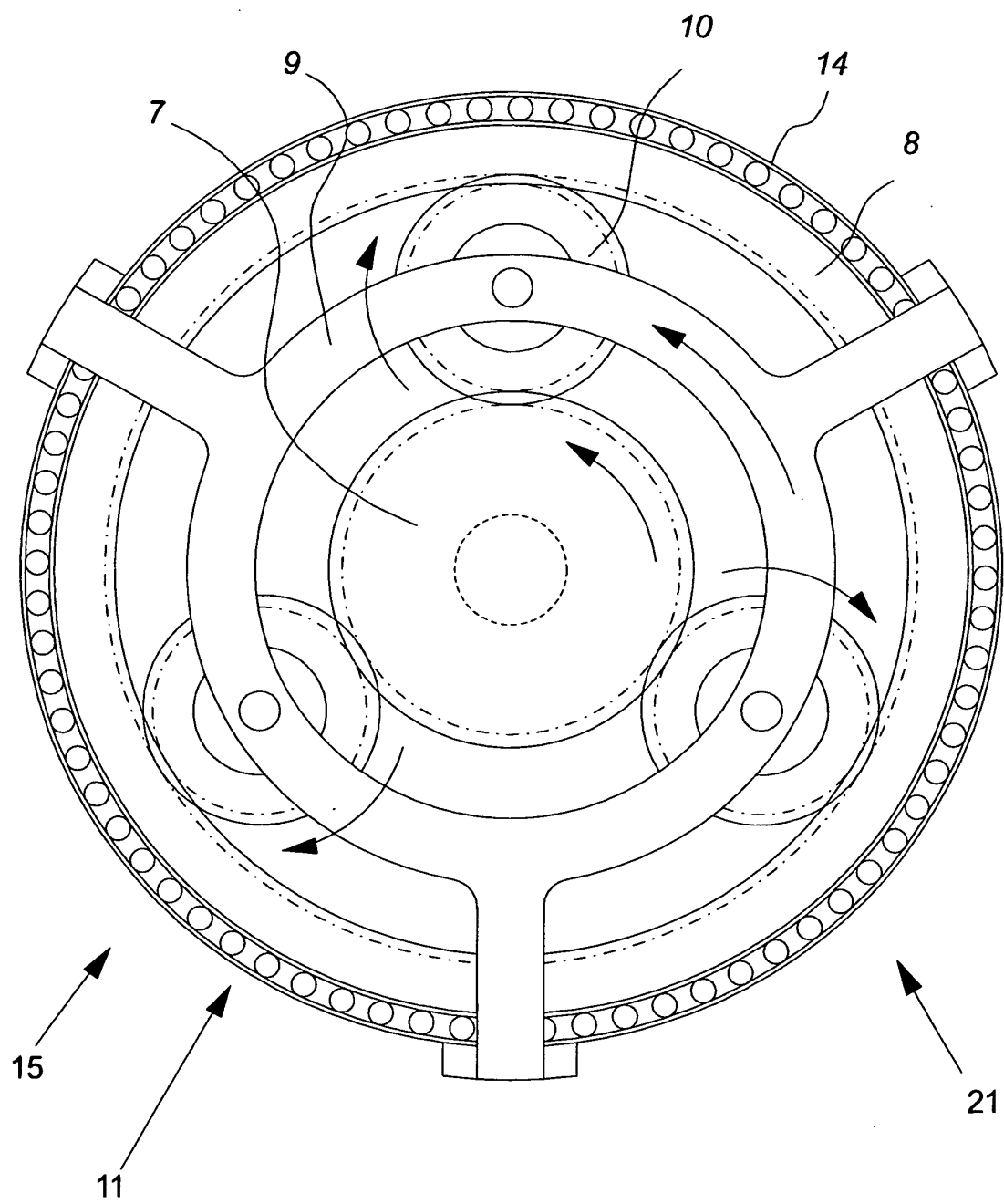


Fig. 3

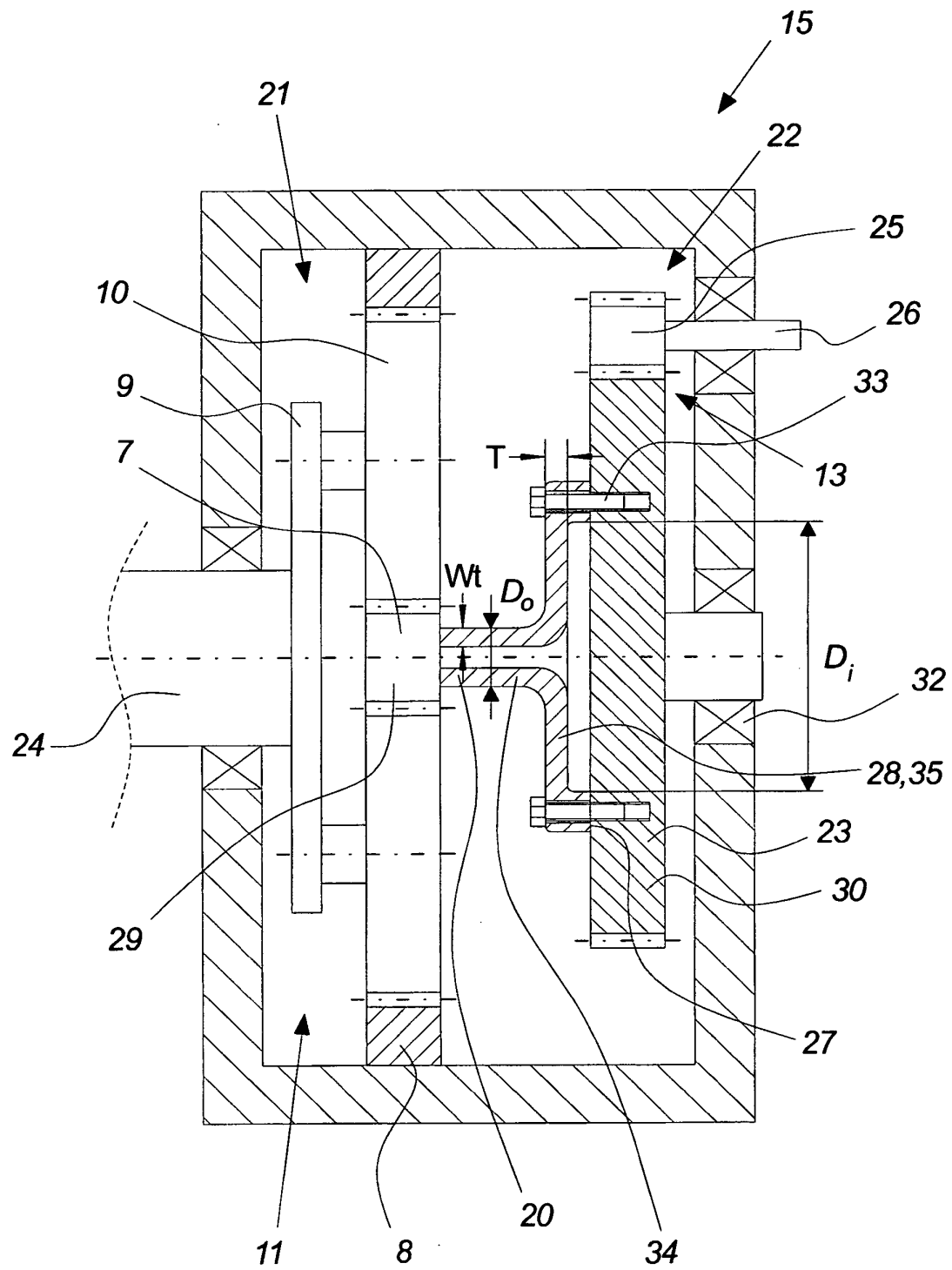


Fig. 4

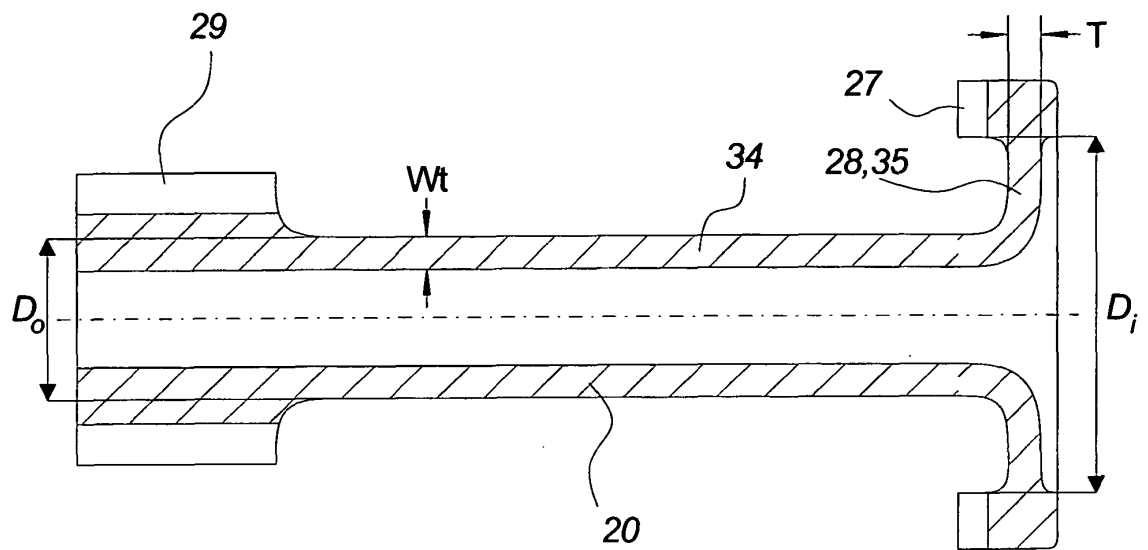


Fig. 5

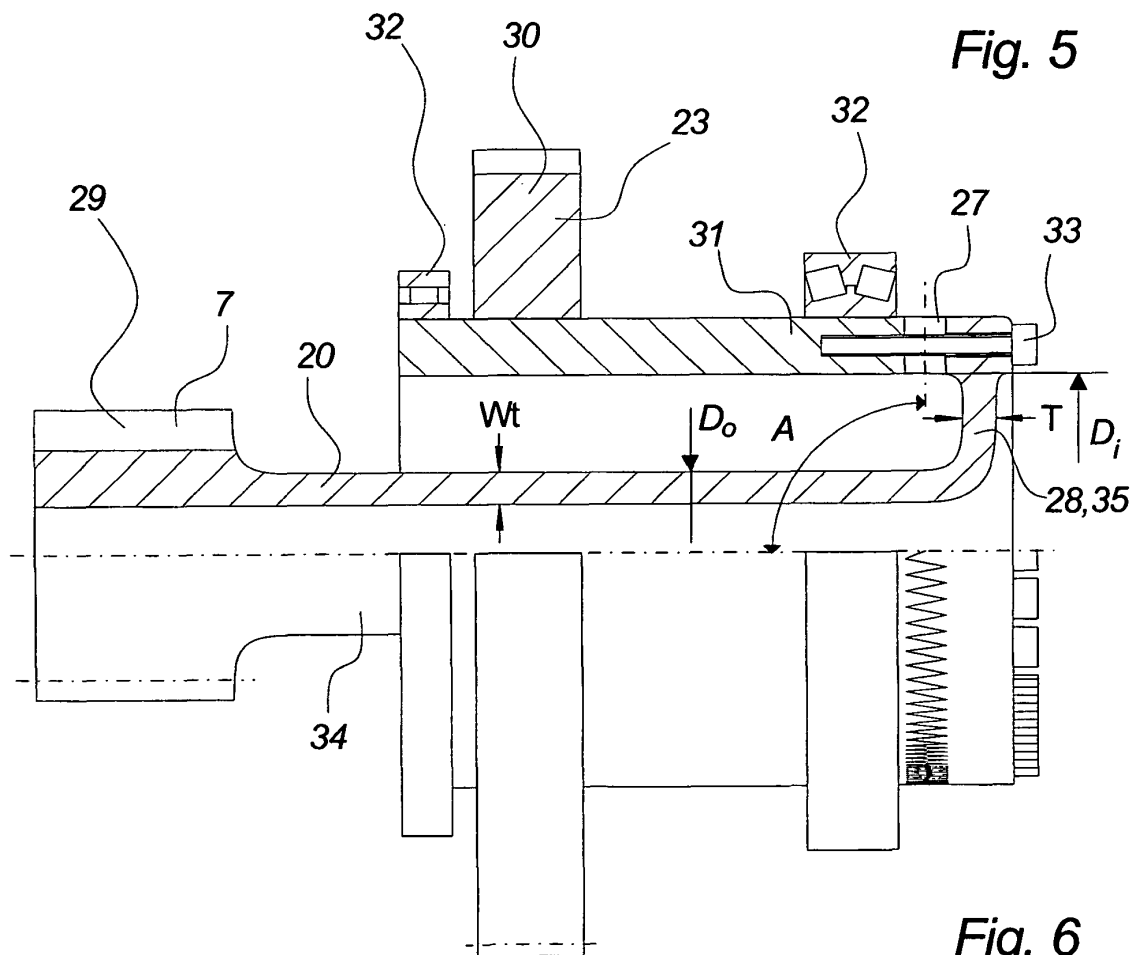


Fig. 6

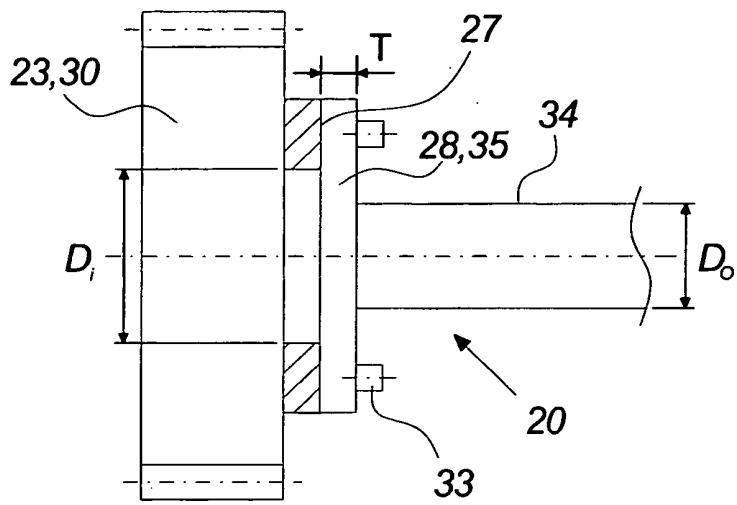


Fig. 7

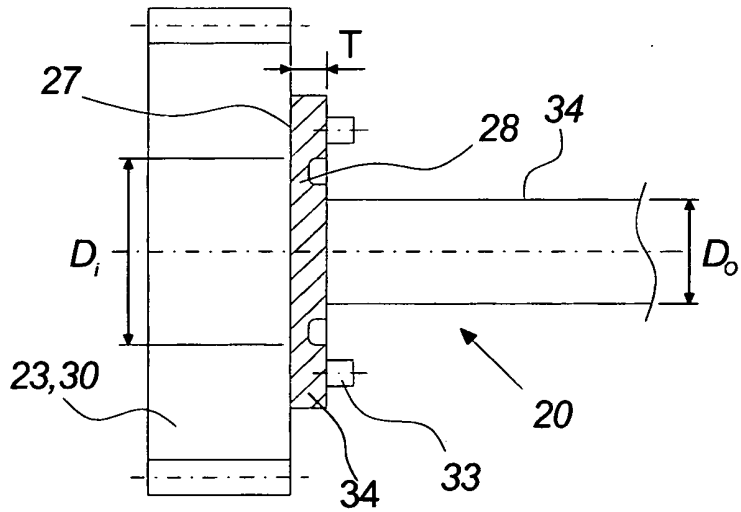


Fig. 8

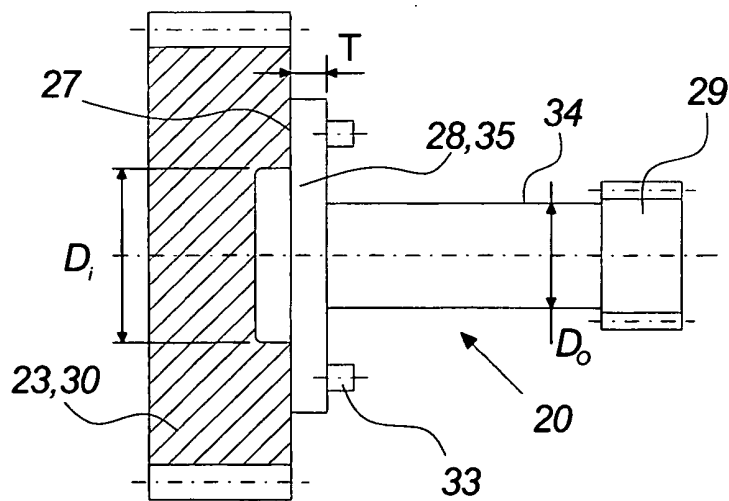


Fig. 9