



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 364 319**

51 Int. Cl.:  
**F03D 11/02** (2006.01)  
**F16H 1/28** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08864605 .4**  
96 Fecha de presentación : **19.12.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2238346**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.10.2010**

54 Título: **Etapa de engranajes epicíclicos para una caja de engranajes de turbina eólica, caja de engranajes de turbina eólica y turbina eólica.**

30 Prioridad: **20.12.2007 DK 2007 01842**  
**20.12.2007 US 15466**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**31.08.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**31.08.2011**

73 Titular/es: **VESTAS WIND SYSTEMS A/S**  
**Alsvej 21**  
**8940 Randers SV, DK**

72 Inventor/es: **Mostafi, Abdelhalim**

74 Agente: **Arias Sanz, Juan**

**ES 2 364 319 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**

Etapas de engranajes epicíclicos para una caja de engranajes de turbina eólica, caja de engranajes de turbina eólica y turbina eólica

**Campo de la invención**

- 5 La invención se refiere a una etapa de engranajes epicíclicos según el preámbulo según la reivindicación 1 y una caja de engranajes de turbina eólica según el preámbulo según la reivindicación 14.

**Descripción de la técnica relacionada**

Un engranaje usado ampliamente para cajas de engranajes industriales convencionales es el engranaje epicíclico.

- 10 Diversos tipos de este engranaje tienen un portador de planetario con bridas de uno o dos lados. En el caso de dos lados, dichas bridas están conectadas normalmente mediante puntales. Para ciertas realizaciones el árbol de conexión de entrada, o lado de accionamiento (DE, *drive-end*), se une a cualquiera de las bridas y toda la disposición se soporta normalmente contra un armazón estacionario mediante cojinetes en cualquier brida.

- 15 El cojinete planetario puede o bien montarse sobre un eje que está soportado en las dos bridas o bien los cojinetes se integran en las bridas. El diseño puede transferir alto par de torsión y soportar engranado recto así como helicoidal.

Para un diseño de portador de planetario que incluye una brida de dos lados y engranajes helicoidales dobles, el documento alemán DE102004023151 describe un concepto en el que los engranajes planetarios están montados en sus respectivos ejes mediante una sección portadora que está situada descentrada con relación al plano lateral central del engranaje planetario.

- 20 Los problemas con relación a dichos portadores de dos bridas que señalan el estado de la técnica actual son, que el par de torsión en el árbol de conexión provoca un enrollado de la brida DE con relación a la brida de lado de no accionamiento (NDE, *non-drive end*) opuesta. Los ejes planetarios soportados por estas bridas, en consecuencia, se inclinan con relación al eje de rotación principal, lo que provoca una desalineación y eventualmente la carga en los bordes de los dientes de engranajes y cojinetes planetarios.

- 25 Los puntales pretenden evitar o disminuir este enrollado entre las dos bridas, pero su espacio está limitado por la envolvente de diseño del engranaje planetario. El enrollado puede disminuirse adicionalmente aumentando el espesor de brida, el diámetro externo del portador de planetario, el diámetro externo del eje planetario o la solidez del puntal, sumándose cada uno de ellos al consumo de material, peso y coste del componente.

- 30 El concepto rígido de un portador de dos bridas, en caso de incluso pequeños errores de fabricación, puede conducir a una mala distribución de carga a lo largo de la anchura de diente del engranaje y entre los engranajes planetarios.

Además en disposiciones en las que el árbol de conexión no está cargado solamente mediante par de torsión sino también por momentos y/o fuerzas transversales y en las que la suspensión de cojinete en cualquier brida contra un armazón estacionario del portador se convierte en una limitación rígida, la disposición no puede corregir las desalineaciones.

- 35 El problema con la carga de enrollado puede solucionarse mediante las enseñanzas de la patente estadounidense número 3.227.006, que describe una etapa de engranajes epicíclicos que tiene una junta de rótula esférica flexible entre dos placas de portador de planetario. La junta de pivote se establece por medio de diferentes elementos tales como un elemento esférico, diferentes elementos cónicos, perno, elemento de tuerca, elementos de espacio, etc. Las placas de portador de planetario se atornillan entre sí a través de los elementos de junta de pivote para facilitar la junta de pivote. Esto conduce a un punto de transferencia de par de torsión que está alineado con el centro de las ruedas de engranaje planetario y disminuye así la carga de enrollado.

- 40 Diseños alternativos de portador de planetario incluyen una única brida de un lado con ejes planetarios en voladizo, normalmente usados para pares de torsión menores, y el portador de planetario de brida única con engranajes planetarios rectos dispuestos a ambos lados de esta brida, por ejemplo, tal como se presenta en el documento WO03014566.

- 45 Un problema con relación a los portadores de planetario de brida única con árboles en voladizo es que no son adecuados para altas cargas porque la curvatura del eje planetario en voladizo provocaría una desalineación de los engranajes.

- 50 Otro diseño es el denominado diseño "FlexPin" en el que el piñón central y el engranaje anular son rígidos mientras que los engranajes planetarios están montados en el portador de planetario usando pernos flexibles, los "FlexPins" tal como conocerá un experto en la técnica. Un problema con relación a dicho diseño FlexPin es que no son adecuados para engranajes helicoidales individuales.

A partir del documento EP 1 544 504 A1, que está considerado como la técnica anterior más próxima, se conoce cómo conectar el portador de planetario de una caja de engranajes epicíclicos al alojamiento y rotor a través de elementos elásticos. Pero esta solución no es rentable ni adecuada para altas cargas.

- 5 Es un objeto de la presente invención proporcionar una construcción ventajosa de una caja de engranajes epicíclicos con reparto de carga mejorado entre los engranajes y proporcionar una técnica sin las desventajas mencionadas anteriormente.

### La invención

- 10 La presente invención se refiere a una turbina eólica que comprende una caja de engranajes de turbina eólica con una etapa de engranajes epicíclicos. La etapa de engranajes epicíclicos comprende un engranaje central, un engranaje anular, al menos dos engranajes planetarios, engranados con dicho engranaje central y el engranaje anular, al menos una brida de portador de planetario que porta los engranajes planetarios, y una parte de transferencia de par de torsión para transferir par de torsión desde el rotor de turbina eólica en el que dicha parte de transferencia de par de torsión está conectada de manera flexible a dicha brida de portador de planetario con al menos tres juntas de rótula esférica flexibles que transfieren par de torsión desde dicho rotor de turbina eólica hasta dicha brida de portador de planetario. La invención se caracteriza porque la parte esférica de dichas juntas de rótula esférica flexibles es parte de dicha parte de transferencia de par de torsión.

- 20 Mediante el término flexible se quiere decir que la junta se puede mover durante su funcionamiento con relación al portador de planetario. Para el ejemplo de, por ejemplo, una junta sustancialmente esférica puede rotar, por ejemplo, de manera parcial sustancialmente alrededor de su centro durante su funcionamiento con el fin de no transferir par de torsión no deseado entre la parte de transferencia de par de torsión y el portador de planetario.

Mediante la invención se garantiza que se transfiere el par de torsión desde el rotor de turbina eólica al portador de planetario y a las etapas de engranajes conectadas adicionalmente y/u otros componentes de turbina eólica tales como un generador de turbina eólica.

- 25 Transfiriendo dicho par de torsión desde dicha parte de transferencia de par de torsión a través de una conexión flexible hasta dicho portador de planetario se garantiza que se disminuyen las desalineaciones de engranajes y se mantiene uniforme el reparto de carga entre los engranajes comprendidos en dicha etapa de engranajes epicíclicos.

Además, el engranaje puede mantener los engranajes alineados con respecto al eje de rotación de manera que se logra una distribución de carga uniforme a lo largo de la anchura del diente del engranaje por un amplio intervalo de par de torsión y sin que se vea afectada por momentos y fuerzas transversales.

- 30 Además se garantiza que se obtiene una distribución de carga bien equilibrada a lo largo de los engranajes esencialmente en cualquier operación. Esto a su vez disminuirá la varianza en las condiciones de funcionamiento a las que se exponen los engranajes y hacen que los engranajes sean más robustos.

Se disminuye aún más la varianza en las condiciones de funcionamiento de los cojinetes planetarios y por tanto se aumenta la robustez de este componente crítico.

- 35 Según una realización ventajosa de la invención, la parte de transferencia de par de torsión está equipada con una o más juntas, estas juntas se conectan de manera flexible a la brida de portador de planetario, por tanto, se transfiere par de torsión desde las juntas hasta la brida de portador de planetario en una o más zonas de transferencia de par de torsión.

- 40 Según una realización ventajosa de la invención, la construcción de la una o más juntas en una pieza con la parte de transferencia de par de torsión aplica fuerza a la construcción y puede disminuir el tiempo de montaje y mantenimiento de la etapa de engranajes.

- 45 Según una realización ventajosa de la invención, la una o más juntas son de forma sustancialmente esférica al menos por las zonas de transferencia de par de torsión. Esto garantiza que no se transfieran pares de torsión no deseados alrededor del centro de la junta esférica desde la parte de transferencia de par de torsión hasta el portador de planetario. Esto garantiza a su vez que se reduzcan las desalineaciones de engranajes y se mantenga un reparto de carga uniforme entre los engranajes comprendidos en dicha etapa de engranajes epicíclicos dando como resultado una vida útil prolongada.

En un aspecto de la invención, la parte de receptáculo de dichas al menos tres juntas de rótula esférica flexibles es parte de sólo una de dichas bridas de portador de planetario primera y segunda.

- 50 Por el presente documento, se garantiza que se mejora el reparto de carga entre los engranajes planetarios, es decir, el aislamiento de cargas transversales y que se logra el amortiguamiento que evita la transmisión de ruido transmitido a la estructura mediante la parte de transferencia de par de torsión, por ejemplo, para reducir la excitación de una pala de rotor de turbina eólica mediante frecuencias de engranaje. Además se logra un montaje fácil de la etapa de engranajes.

- En un aspecto de la invención, la parte esférica de dichas al menos tres juntas de rótula esférica flexibles está formada en una pieza con la parte de transferencia de par de torsión.
- 5 Según una realización ventajosa de la invención, esto hace más robusta la parte de transferencia de par de torsión completa, que si la parte de transferencia de par de torsión debe transferir par de torsión desde el rotor de turbina eólica hasta los engranajes planetarios aunque una parte de transferencia de par de torsión esté ensamblada por una pluralidad de partes individuales. Además, también puede facilitar el montaje del engranaje en el sitio cuando se fabrica la parte de transferencia de par de torsión en una pieza.
- En un aspecto de la invención, la parte esférica de dichas al menos tres juntas de rótula esférica flexibles se conecta a dicha parte de transferencia de par de torsión por medio de una o más roscas.
- 10 Según una realización ventajosa de la invención, tener una junta esférica intercambiable puede facilitar la sustitución si se daña la junta esférica, por ejemplo, si se expone a rasgado.
- En un aspecto de la invención, la parte de transferencia de par de torsión y el portador de planetario se conectan por medio de dichas al menos tres juntas de rótula esférica flexibles de modo que se produce un espacio libre entre la parte de transferencia de par de torsión y la brida de portador de planetario en dichas al menos tres juntas de rótula esférica flexibles.
- 15 Según una realización ventajosa de la invención, el espacio libre garantiza que se añada flexibilidad a la conexión entre la parte de transferencia de par de torsión y la al menos una brida de portador de planetario.
- En otro aspecto de la invención, se transfiere par de torsión desde el rotor de turbina eólica a través de una parte de transferencia de par de torsión conectada a dicho portador de planetario en una o más zonas de transferencia de par de torsión,
- 20 en la que dicha una o más zonas de transferencia de par de torsión están ubicadas entre un primer y un segundo plano, siendo dichos planos sustancialmente perpendiculares a un eje de rotación del engranaje central,
- en la que el primer plano está al nivel de un primer lado interno de dicha primera brida de portador de planetario en una posición en la que el árbol de engranajes está portado por dicha primera brida de portador de planetario, y
- 25 en la que el segundo plano está al nivel de un segundo lado interno de dicha segunda brida de portador de planetario en una posición en la que el árbol de engranajes está portado por dicha segunda brida de portador de planetario.
- Por el presente documento, se garantiza que dichas zonas de transferencia de par de torsión pueden situarse en un plano mediante el cual puede mantenerse una alineación esencial de, por ejemplo, el eje planetario independientemente de la carga de par de torsión externa aplicada. Además, se garantiza que se vea afectada mínimamente la alineación del eje planetario por fuerzas transversales y momentos de flexión que actúan en una parte de transferencia de par de torsión, por ejemplo, que transfiere par de torsión desde un rotor de turbina eólica a dicha etapa de engranajes epicíclicos.
- 30 Por el presente documento, se garantiza que se transfiere par de torsión al portador de planetario o a las bridas de portador de planetario dentro de una distancia limitada desde el plano medio del engranaje planetario minimizando así la desalineación del eje planetario con relación al portador de planetario y al engranaje central.
- 35 En otro aspecto de la invención, dicha primera brida de portador de planetario y dicha segunda brida de portador de planetario están formadas en una pieza.
- Por el presente documento, se logra una transferencia de par de torsión mejorada entre dicha primera brida de portador de planetario y dicha segunda brida de portador de planetario que garantiza a su vez que se vea afectada mínimamente la alineación del eje planetario.
- 40 Aún en otro aspecto, dicha una o más juntas se mantienen en su sitio mediante uno o más aros de brida sujetos a al menos una de dichas bridas de portador de planetario primera y segunda.
- Por el presente documento, se garantiza que la junta se mantiene en posición durante su funcionamiento lo que permite el efecto de transferencia de par de torsión y minimiza el rasgado y desgaste en la junta. Esto prolonga a su vez la vida útil de la junta y de ese modo la etapa de engranajes. Además, dichos aros de brida permiten un montaje fácil de la etapa de engranajes.
- 45 En un aspecto adicional de la invención, dicho uno o más aros de brida se mantienen en su sitio por medio de pernos. Esto garantiza una conexión y sujeción seguras de dichos aros de brida y además un rápido y fácil montaje/desmontaje de los aros de brida.
- 50 En un aspecto adicional de la invención, dicho uno o más aros de brida se fabrican de un material de casquillo de

cojinete.

Según una realización de la invención el material de casquillo de cojinete tiene propiedades de material distinto de acero, tal material podría ser, por ejemplo, cobre, bronce, etc.

5 Según una realización ventajosa de la invención, los aros de brida pueden fabricarse de un material con características materiales especiales, por ejemplo, con respecto a la dureza, coeficiente de fricción, desgaste etc. y/o dichos aros pueden fabricarse de un material diferente del material de las bridas de portador de planetario.

Aún en un aspecto adicional, dicho engranaje central y dicho engranaje planetario y dicho engranaje anular son engranajes helicoidales individuales.

10 Por el presente documento, se garantiza un engranaje ventajoso con respecto a un contacto suave de los engranajes, una reducción de la vibración y la variación de carga, así como la emisión de ruido.

En un aspecto adicional de la invención, dicho engranaje anular rota durante su funcionamiento. Por el presente documento, se garantiza que se transfiere par de torsión para diversos tipos de etapas de engranajes, por ejemplo, con un portador fijo, en cuyo caso la parte de transferencia de par de torsión es parte del alojamiento, o con un portador rotatorio como parte de un engranaje epicíclico de 3 vías.

## 15 Figuras

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

- la figura 1 ilustra una gran turbina eólica moderna que incluye tres palas de turbina eólica en el rotor de turbina eólica,
- 20 la figura 2 ilustra esquemáticamente una realización de una góndola de turbina eólica observada desde el lateral,
- la figura 3 ilustra esquemáticamente como ejemplo de la técnica anterior, una realización de una caja de engranajes epicíclicos observada desde la parte frontal,
- la figura 4 ilustra esquemáticamente como ejemplo de la técnica anterior, una realización de una caja de engranajes epicíclicos que comprende un portador de planetario observado desde la parte frontal,
- 25 la figura 5 ilustra esquemáticamente como ejemplo de la técnica anterior, una parte de una sección transversal de una realización de una caja de engranajes epicíclicos observada desde el lateral,
- la figura 6a ilustra esquemáticamente una parte de una sección transversal de una caja de engranajes epicíclicos que comprende una junta esférica según una realización de la invención,
- 30 la figura 6b ilustra esquemáticamente una vista ampliada de parte de una sección transversal de una caja de engranajes epicíclicos que comprende una junta esférica según una realización de la invención,
- la figura 6c y d ilustran esquemáticamente una vista ampliada de parte de una sección transversal de una caja de engranajes epicíclicos que comprende una parte de transferencia de par de torsión de dos partes según una realización de la invención,
- 35 la figura 7 ilustra esquemáticamente una vista ampliada de parte de una sección transversal de una caja de engranajes epicíclicos que comprende una junta esférica según una realización de la invención, en la que un aro de brida se mantiene en su sitio por medio de pernos,
- la figura 8 ilustra esquemáticamente una parte de una sección transversal de una caja de engranajes epicíclicos que comprende una junta esférica angulada según una realización de la invención,
- 40 la figura 9 ilustra esquemáticamente una parte de una sección transversal de una caja de engranajes epicíclicos que comprende un aro de brida combinado,
- la figura 10 ilustra una realización de la invención, y
- la figura 11 ilustra otra realización de la invención.

### Descripción de la técnica conocida

45 La figura 1 ilustra una turbina eólica 1 moderna, que comprende una torre 2 y una góndola de turbina eólica 3 colocada en la parte superior de la torre 2. El rotor de turbina eólica 4, que comprende tres palas de turbina eólica 5, está conectado a la góndola 3 a través del árbol de baja velocidad 6 que se extiende hacia fuera de la parte frontal de la góndola 3.

La figura 2 ilustra una realización de una góndola de turbina eólica 3, observada desde el lateral. El tren de transmisión en una turbina eólica 1 tradicional conocida en la técnica normalmente comprende un rotor 4 conectado a una caja de engranajes 7 por medio de un árbol de baja velocidad 6. En esta realización, el rotor 4 comprende solamente dos palas 5 conectadas al árbol de baja velocidad 6 por medio de un mecanismo de balanceo 8, pero en otra realización el rotor 4 podría comprender otro número de palas 5, tal como tres palas 5, que es el número más común de palas 5 en turbinas eólicas 1 modernas. En otra realización, el rotor 4 también podría conectarse directamente a la caja de engranajes 7.

La caja de engranajes 7 se conecta entonces al generador 9 por medio de un árbol de alta velocidad 10.

Debido al espacio limitado en la góndola 3 y para minimizar el peso de la góndola 3, el tipo de caja de engranajes 7 preferida en las turbinas eólicas 1 más modernas es una caja de engranajes epicíclicos, pero otros tipos de caja de engranajes 7 también son viables, tal como uno o más engranajes rectos, engranajes de tornillo sin fin, engranajes helicoidales o una combinación de diferentes tipos de transmisión y de caja de engranajes 7.

La figura 3 ilustra como ejemplo de la técnica anterior, una realización de una etapa de engranajes epicíclicos 11 observada desde la parte frontal. Los engranajes planetarios 12 se engranan entre sí y rotan alrededor de un engranaje central 13 en el medio y se engranan con un engranaje anular externo 14. Las flechas indican que todos los engranajes planetarios 12 giran en el mismo sentido y que el engranaje central 13 gira en el sentido opuesto.

En esta realización, la etapa de engranajes epicíclicos 11 comprende tres engranajes planetarios 12, pero en otra realización también podría comprender otro número mayor que o igual a 2 engranajes planetarios 12.

Cada engranaje planetario 12 está dotado de uno o más cojinetes de engranaje planetario 17 y cada uno de los engranajes planetarios 12 con cojinetes 17 están montados en un árbol de engranajes planetarios 16.

La figura 4 ilustra como ejemplo de la técnica anterior, una realización de una etapa de engranajes epicíclicos 11 que comprende un portador de planetario 15, observado desde la parte frontal. El portador de planetario 15 conecta los engranajes planetarios 12 fijando los árboles de engranajes planetarios 16, haciéndolo rotar ya que los engranajes planetarios 12 se desplazan alrededor del engranaje central.

Normalmente el engranaje anular 14 se conecta a un armazón portador, al alojamiento de caja de engranajes o se fija de otras formas, pero en ciertos tipos de caja de engranajes epicíclicos 11, el engranaje anular 14 también podría rotar. Además, los engranajes ilustrados muestran solamente una etapa de una caja de engranajes. La caja de engranajes completa podría comprender varias etapas como la etapa mostrada para aumentar el engranado, o podría comprender varias etapas diferentes, por ejemplo, una primera etapa en la que falta el engranaje central y el árbol de entrada 18 hace rotar el engranaje anular 14, que se engrana con varios engranajes planetarios 12. Los engranajes planetarios 12 de las primeras etapas se conectan entonces a los engranajes planetarios 12 de un mayor tamaño en una segunda etapa, que se engranan con un engranaje central 13, que está conectado al árbol de salida de la etapa de engranajes epicíclicos 11.

Otros diseños de caja de engranajes también son viables, dependiendo a menudo de en qué va usarse la caja de engranajes. En turbinas eólicas, la caja de engranajes 11 puede diseñarse para portar la carga de par de torsión total del rotor, lo que significa que la caja de engranajes 11 tiene que diseñarse para manipular esta enorme carga de par de torsión en el lado de entrada de la caja de engranajes 11, mientras que la carga de par de torsión en el lado de salida de la caja de engranajes sería significativamente menor. Las cajas de engranajes epicíclicos 11 usadas en distintas turbinas eólicas 1 o cajas de engranajes 11 usadas en otras aplicaciones podrían diseñarse por tanto de manera diferente para cumplir diferentes necesidades.

En esta realización de una realización de una etapa de engranajes epicíclicos 11, el portador de planetario 15 está formado como una placa de una sola pieza que conecta los tres engranajes planetarios 12, pero en otra realización el portador de planetario 15 podría comprender además uno o más cojinetes para guiar y estabilizar el portador 15. Esto sería, por ejemplo, el caso si el portador 15 se conectó a un rotor de turbina eólica, y el portador de planetario 15 también tuviera que transferir la carga total del rotor. El anillo interno de un cojinete de gran diámetro podría montarse entonces, por ejemplo, en el exterior del engranaje anular 14 y el anillo externo del cojinete podría conectarse al portador de planetario 15, que se extendería entonces más allá del engranaje anular 14, o un portador de planetario más o menos circular 15 podría dotarse de un cojinete alrededor de su perímetro exterior, en el que el anillo externo del cojinete se conectó al engranaje anular 14, al alojamiento de la caja de engranajes 20 o se fijó de otras formas.

La figura 5 ilustra como ejemplo de la técnica anterior, una parte de una sección transversal de una realización de una etapa de engranajes epicíclicos 11 con un portador de brida individual, observado desde el lateral. En esta realización de una etapa de engranajes epicíclicos 11, los engranajes planetarios 12 están dotados cada uno de dos cojinetes yuxtapuestos 17 pero en otra realización los engranajes planetarios 12 podrían dotarse de otro número de cojinetes 17 o los cojinetes 17 podrían situarse en el portador de planetario 15, en el que se conectaría entonces el árbol 16 de manera rígida a los engranajes planetarios 12.

El portador de planetario 15 está dotado de un árbol de entrada 18, que puede ser el árbol de baja velocidad de una turbina eólica, pero en otra realización el portador 15 podría acoplarse directamente al equipo de generación de entrada tal como el buje de un rotor de turbina eólica.

- 5 Los engranajes planetarios 12 se engranan con el engranaje anular 14, que en esta realización está conectado de manera rígida al alojamiento de la caja de engranajes 20, y con el engranaje central 13, que está dotado de un árbol de salida 19, por ejemplo, conectado a otra etapa de engranajes o conectado a un generador de turbina eólica.

### Descripción detallada de la invención

La figura 6a ilustra esquemáticamente una parte de una sección transversal de una caja de engranajes epicíclicos que comprende una junta esférica según una realización de la invención.

- 10 La realización muestra los engranajes planetarios 12 soportados por los cojinetes de engranaje planetario 17 y el árbol de engranajes planetarios 16.

Algunas líneas de contorno representadas en la figura 6a se omiten en las figuras siguientes.

- 15 La implementación de la caja de engranajes epicíclicos de la invención garantiza que se optimiza la distribución de carga, desde el rotor de turbina eólica al engranaje, debido a la conexión flexible de la zona de transferencia de par de torsión descrita con relación a las figuras siguientes, en lugar del engrane entre los engranajes individuales. La conexión flexible también puede denominarse algunas veces como una junta de rótula esférica.

- 20 La figura 6b ilustra esquemáticamente una vista ampliada de una parte de dicha caja de engranajes, en la que el árbol de engranajes planetarios 16 está soportado entre dos bridas de portador de planetario 21, 22. El par de torsión del rotor se transfiere a las bridas de portador de planetario 21, 22 mediante una parte de transferencia de par de torsión 25 en una junta 26 que está relacionada con una o ambas de dichas bridas 21, 22 en las zonas de transferencia de par de torsión 23, es decir, las zonas en las que la parte de transferencia de par de torsión 25 está en contacto con las bridas 21, 22.

- 25 Dicha parte de transferencia de par de torsión 25 es para diversas realizaciones de la invención una parte del árbol de baja velocidad de una turbina eólica, pero en otras realizaciones la parte de transferencia de par de torsión 25 está acoplada directamente al equipo de generación de entrada tal como el buje de un rotor de turbina eólica.

Los engranajes planetarios 12 se engranan con el engranaje anular, que para diversas realizaciones de la invención se conecta de manera rígida al alojamiento de la caja de engranajes. Además los engranajes planetarios 12 se engranan con el engranaje central 13, que está dotado de un árbol de salida, por ejemplo, conectado a otra etapa de engranajes o conectado a un generador de turbina eólica.

- 30 Para esta realización de la invención, dicha junta 26 está formada con una curvatura esférica por al menos la parte de la junta 26 que comprende dichas zonas de transferencia de par de torsión 23, tal como puede observarse en la figura 6.

- 35 La parte de transferencia de par de torsión 25 que comprende dicha junta esférica 26 y las bridas de portador de planetario primera y segunda 21, 22 están formadas de tal manera que existe un espacio libre 24 entre dichas bridas 21, 22 y la parte de transferencia de par de torsión 25 excepto sustancialmente en las zonas de transferencia de par de torsión 23. Para esta realización de la invención, las zonas de transferencia de par de torsión 23 están ubicadas en la parte esférica de dicha junta 26, tal como se indica en la figura 6b.

- 40 Los espacios libres 24 añaden flexibilidad a la conexión entre la junta 26 de la parte de transferencia 25 y al menos una de las bridas de portador de planetario 21, 22. Si no existe ningún espacio libre 24 esto podría conducir al contacto entre la junta 26 y al menos una de las bridas de portador de planetario 21, 22, lo que disminuiría significativamente la flexibilidad de la conexión entre la parte de transferencia 25 y las bridas de portador de planetario 21, 22, por ejemplo, debido a la fricción.

- 45 En caso de deflexión significativa de la parte de transferencia de par de torsión 25 con relación a las bridas de portador de planetario 21, 22, se prefiere evitar el contacto entre la parte de brazo de par de torsión 31 y el aro de brida 27 que afecta a la flexibilidad del conjunto, por ejemplo, que se produce debido a fricción.

Por este motivo, la junta 26 tiene una forma esférica que termina en una línea recta. La línea recta garantiza que se evita el contacto entre la junta 26 y al menos una de las bridas de portador de planetario 21, 22. Un contacto en esta área disminuiría, por ejemplo, la flexibilidad del conjunto de la junta 26 y la brida de portador de planetario 21.

- 50 Según una realización ventajosa de la invención, las zonas de transferencia de par de torsión definen las zonas 23 en las que se transfiere par de torsión desde el rotor de turbina eólica, a través de la parte de transferencia de par de torsión y la una o más juntas 26, hasta al menos una de las bridas de portador de planetario 21, 22. Debido a la conexión geométrica bien equilibrada entre la una o más juntas 26 y la al menos una brida de portador de planetario 21, 22, las zonas de transferencia de par de torsión 23 pueden ser flexibles. Las deflexiones entre el rotor de turbina

- 5 eólica y el portador de planetario provocadas por el peso del rotor de turbina eólica y las fuerzas del viento pueden conducir a una mala distribución de carga a lo largo de la anchura de diente del engranaje. Por tanto la conexión flexible permitiría que se equilibrase el portador de planetario y con el mismo los engranajes en la posición correcta lo que permite una buena distribución de carga a lo largo de la anchura de dientes y un reparto de carga apropiado entre los engranajes planetarios. Como consecuencia, las zonas de transferencia de par de torsión 23 pueden no siempre estar ubicadas en la misma ubicación exacta, la longitud y el diámetro externo de la zona de transferencia de par de torsión 23 serán variables.
- 10 La ubicación de la zona de transferencia de par de torsión 23 depende de la carga aplicada a la etapa de engranajes epicíclicos del rotor de turbina eólica. Por tanto, la ubicación de las zonas de transferencia de par de torsión 23 se calculará dependiendo de la carga del rotor de turbina eólica. Esto es muy ventajoso porque puede elegirse la misma configuración de engranajes epicíclicos para diferentes turbinas modificando solamente las zonas de transferencia de par de torsión 23.
- 15 La junta 26 se mantiene en su sitio mediante un aro de brida 27 sujeto a una o más de las bridas de portador de planetario 21, 22. En caso de alta deflexión de, por ejemplo, la brida de portador de planetario 21 con respecto a la parte de transferencia de par de torsión 25 que comprende la parte de brazo 31, puede producirse un contacto entre el aro de brida 27 y la parte de brazo 31. Debido a las propiedades de material distinto de acero del aro de brida 27, el coeficiente de fricción es relativamente bajo y no afectará a la flexibilidad del conjunto.
- 20 Es muy ventajoso fabricar la parte de transferencia de par de torsión 25 y la junta 26 en una pieza. Tal como se ilustra, la parte de transferencia de par de torsión 25, puede comprender una parte de brazo 31 que termina en una junta de forma esférica 26. Estas tres partes forman juntas, en una realización de la invención, la parte de transferencia de par de torsión 25, tal como se ilustra en la figura 6a.
- 25 Es posible, durante el desarrollo de la parte de transferencia de par de torsión 25, decidir la longitud de la parte de brazo 31 de la parte de transferencia de par de torsión 25. La extensión de la parte de brazo 31 añade una mayor flexibilidad a la conexión flexible entre la parte de transferencia de par de torsión 25 y las bridas de portador de planetario 21, 22. De la misma forma, cuando la parte de brazo 31 se hace más corta, la conexión entre la parte de transferencia de par de torsión 25 y las bridas de portador de planetario 21, 22 se vuelve menos flexible.
- De la misma forma es posible, durante el desarrollo de la parte de transferencia de par de torsión 25, cambiar el diámetro de la junta 26 para cambiar el grado de flexibilidad de la conexión.
- 30 Una ventaja de la formación la parte de transferencia de par de torsión 25 en una pieza es que es posible fabricar la parte de transferencia de par de torsión 25 en su totalidad antes de ensamblar el engranaje. Esto permite la fabricación de una parte de transferencia de par de torsión 25 que puede satisfacer altas demandas en cuanto a la precisión. También se facilita el desarrollo porque cuando se tiene una parte de transferencia de par de torsión 25 en una pieza, no es necesario calcular con respecto a una pluralidad de partes pequeñas que de otra manera se necesitarían. Además, también es más fácil y más rápido ensamblar la etapa de engranajes cuando la parte de transferencia de par de torsión 25 se fabrica en una pieza en comparación con una parte de transferencia de par de torsión que comprende una pluralidad de partes. Las partes adicionales de la parte de transferencia de par de torsión 25 comprenden las partes adicionales que también están expuestas a rasgado, en riesgo de rotura, que necesitan mantenimiento, etc.
- 35 La figura 6c y 6d ilustran una realización alternativa de la invención, en la que la parte de transferencia de par de torsión 25 se fabrica de más de una pieza. En esta realización ilustrada en la figura 6c, la parte de junta esférica 26 está equipada con una parte de rosca 33 que se engrana con una rosca correspondiente de la parte de brazo 31 de la parte de transferencia de par de torsión 25 conectando así la parte de junta esférica 26 al resto de la parte de transferencia de par de torsión 25. Debe observarse que esta realización también puede implementarse si la parte de transferencia de par de torsión 25 no comprende una parte de brazo 31.
- 40 En la realización ilustrada en la figura 6d, la parte de junta esférica 26 está conectada al resto de la parte de transferencia de par de torsión 25 por medio de uno o más pernos 34, por ejemplo, tres tal como se ilustra. La parte de junta esférica 26 comprende conductos 35 que permiten que los pernos 34 se engranen con la rosca en la parte de transferencia de par de torsión 25 conectando así la parte de junta esférica 26 al resto de la parte de transferencia de par de torsión 25.
- 45 Esta realización es ventajosa si se desea poder cambiar la parte de junta esférica 26, por ejemplo, como resultado del rasgado.
- 50 La figura 7 ilustra una realización de la invención en la que dicho aro de brida 27 se mantiene en su sitio por medio de pernos 28. Los pernos 28 se introducen a través de orificios en el aro de brida 27 y se sujetan al portador de planetario 21.
- 55 Para otras realizaciones, los pernos 28 se sujetan al portador de planetario 22 o a ambos portadores de planetario 21, 22.



Los pernos 28 para diversas realizaciones pueden variar en dimensiones como para adaptarse a las dimensiones de las bridas de portador 21, 22, los orificios pasantes en las bridas de portador 21, 22, el aro de brida 27, el par de torsión y las fuerzas a las que pueden estar expuestos, etc. Además el material del que se fabrican los pernos 29 puede ser de aleaciones específicas que permiten que los pernos porten altos pares de torsión y fuerzas.

5 Para una realización de la invención, la junta 26 se mantiene de manera rígida en su sitio mediante dicho aro de brida 27 sujeto a una o más de las bridas de portador de planetario 21, 22. Por el presente documento, se pretende que la junta se fije con respecto a los movimientos en las tres direcciones principales así como con respecto a los movimientos de rotación con relación a las bridas de portador 21, 22.

10 La figura 8 ilustra otra realización de la invención, en la que la junta 26 tiene cierta libertad para rotar sustancialmente alrededor de su centro esférico. La junta 26 y por el presente documento la parte de la parte de transferencia de par de torsión 25 que comprende dicha junta 26 pueden adaptarse así a los movimientos de la parte de transferencia de par de torsión 25, si es necesario. La junta 26 puede lubricarse para mejorar el libre movimiento de la junta 26.

15 La figura 9 ilustra esquemáticamente una parte de una sección transversal de una caja de engranajes epicíclicos que comprende un aro de brida 27a, 27b combinado.

El par de torsión se transfiere desde el rotor a las bridas de portador de planetario 21, 22 mediante una parte de transferencia de par de torsión 25 en la junta 26 que se refiere a una o ambas de dichas bridas 21, 22 en zonas de transferencia de par de torsión 23 es decir las zonas en las que la parte de transferencia de par de torsión 25 está en contacto con las bridas 21, 22.

20 Para esta realización de la invención, dicha junta 26 está formada con una curvatura esférica por al menos la parte de la junta 26 que comprende dichas zonas de transferencia de par de torsión 23, tal como puede observarse en la figura.

La junta 26 se mantiene en su sitio mediante las partes de aro de brida combinadas 27a, 27b sujetas a una o más de las bridas de portador de planetario 21, 22.

25 La parte de transferencia de par de torsión 25 que comprende dicha junta curvada esférica 26 y las partes de aro de brida combinadas 27a, 27b, se forman de tal manera que se ajustan sustancialmente en las zonas de transferencia de par de torsión 23. Para esta realización de la invención, las zonas de transferencia de par de torsión 23 están ubicadas en la parte esférica de dicha junta 26, tal como se indica en la figura 9.

30 Para una realización de la invención que comprende aros de brida combinados 27a, 27b dichos aros pueden fabricarse de un material con características de material especiales, por ejemplo, con respecto a la dureza, el coeficiente de fricción, el desgaste, etc. y/o dichos aros pueden fabricarse de un material diferente del material de las bridas de portador de planetario 21, 22. Según una realización adicional de la invención, los aros de brida 27a y 27b se fabrican de un material que tiene propiedades de material distinto de acero, por ejemplo, tal como cobre.

35 Además para diversas realizaciones de la invención, dichos aros de brida combinados 27a, 27b pueden prepararse para ser sustituibles, por ejemplo, debido al desgaste y rasgado.

Para realizaciones adicionales, dichos aros de brida combinados 27a, 27b se mantienen en su sitio por medio de pernos 28.

40 Para diversas realizaciones de la invención, dicha junta 26 es de otras formas que la forma esférica representada y descrita en las figuras 6a a 9. Las formas pueden ser, por ejemplo, cónica, cilíndrica, rectangular u otras formas que permiten una buena flexibilidad y desmantelamiento mejorado de la caja de engranajes. Para diversas realizaciones de la invención, la parte de transferencia de par de torsión 25 y dicha primera brida de portador de planetario 21 se forman en una pieza.

Los aros de brida 27, 27a, 27b están adaptados para ajustarse a la forma específica de la junta 26.

45 Tal como puede derivarse de las figuras 6 a 9, la implementación de uno o más aros de brida puede realizarse de una pluralidad de maneras diferentes y por tanto las maneras descritas solamente son parte de una lista no exhaustiva de realizaciones diferentes.

50 La figura 10 ilustra para una realización de la invención, una etapa de engranajes epicíclicos en la que se transfiere par de torsión desde el rotor de turbina eólica a través de una parte de transferencia de par de torsión 25 conectada a dicho portador de planetario 21, 22 en una o más zonas de transferencia de par de torsión 23, en la que dicha una o más zonas de transferencia de par de torsión 23 están ubicadas entre un primer y un segundo plano 29, 30, siendo dichos planos sustancialmente perpendiculares a un eje de rotación del engranaje central 13.

Para esta realización, el primer plano 29 está al nivel de un primer lado interno del portador de planetario 21 en una posición en la que el eje de engranajes 16 está portado por el portador de planetario 21, y en la que el segundo

plano 30 está al nivel de un segundo lado interno del portador de planetario 22 en una posición en la que el árbol de engranajes 16 está portado por el portador de planetario 22.

5 La figura 11 ilustra para otra realización de la invención, una etapa de engranajes epicíclicos en la que se transfiere par de torsión desde el rotor de turbina eólica a través de una parte de transferencia de par de torsión 25 conectada a dicho portador de planetario 21, 22 en una o más zonas de transferencia de par de torsión 23, en la que dicha una o más zonas de transferencia de par de torsión 23 están ubicadas entre un primer y un segundo plano 29, 30, siendo dichos planos sustancialmente perpendiculares a un eje de rotación del engranaje central 13.

Para esta realización, el primer plano 29 está al nivel de un extremo de los engranajes planetarios 12, y el segundo plano 30 está al nivel del otro extremo de los engranajes planetarios 12.

10 Para aún otra realización de la invención, dicho primer y segundo planos 29, 30 son planos sustancialmente perpendiculares al eje de rotación del engranaje central 13, y el primer plano comprende un primer punto de la superficie de engrane de los engranajes planetarios, y el segundo plano comprende un segundo punto de la superficie de engrane de los engranajes planetarios.

15 Para otras realizaciones de la invención, las bridas de portador de planetario primera y segunda 21, 22 se forman en una pieza.

Para realizaciones incluso adicionales de la invención, la parte de transferencia de par de torsión 25, la primera brida de portador de planetario 21 y la segunda brida de portador de planetario 22 se forman en una pieza.

20 Para diversas realizaciones de la invención, cada una de la parte de transferencia de par de torsión 25, la primera brida de portador de planetario 21 y la segunda brida de portador de planetario 22 pueden formarse en dos o más piezas.

**Lista de referencias**

En los dibujos los siguientes números de referencia se refieren a:

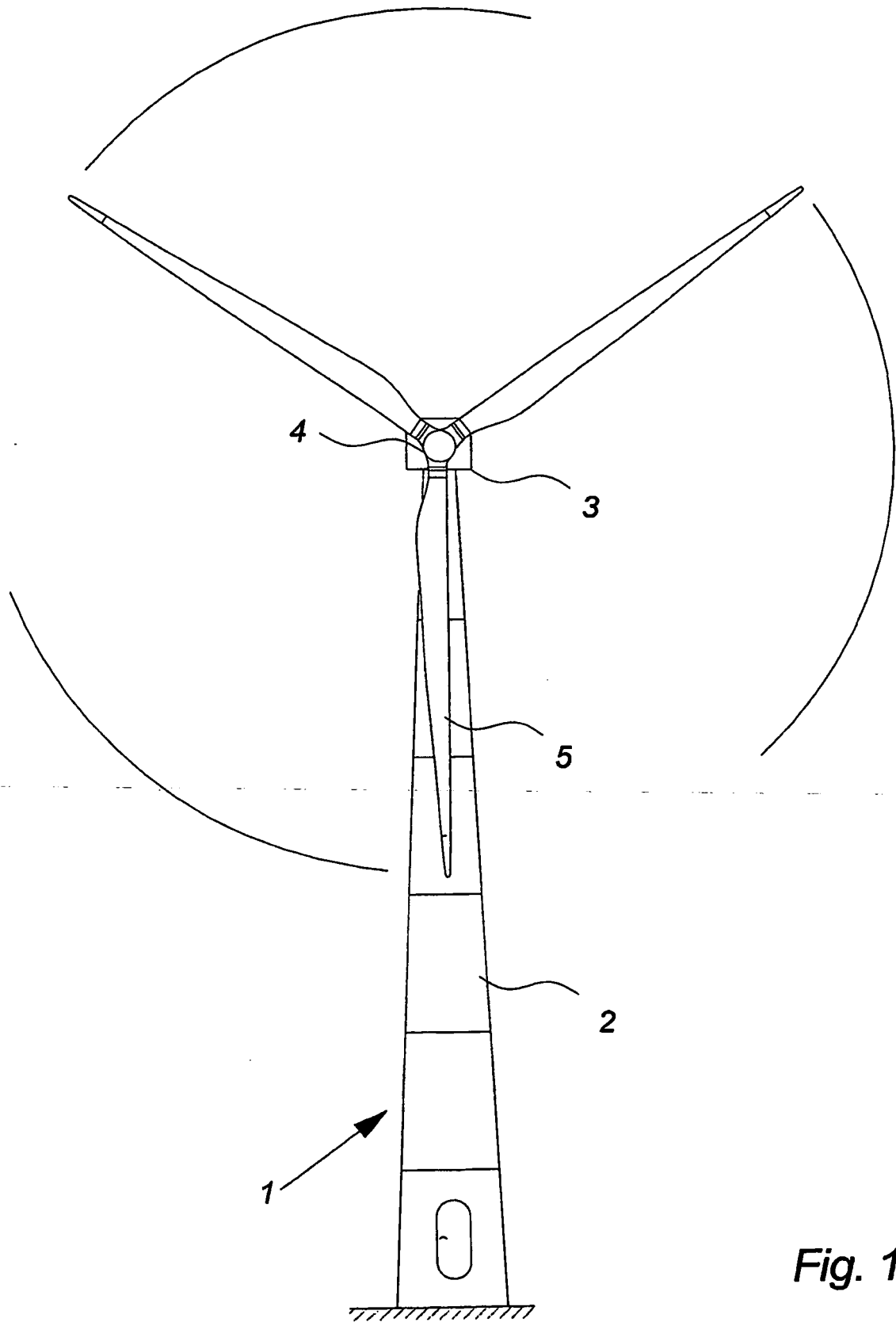
- |    |       |  |
|----|-------|--|
|    | 1.    | Turbina eólica   |
|    | 2.    | Torre  |
| 5  | 3.    | Góndola  |
|    | 4.    | Rotor  |
|    | 5.    | Pala   |
|    | 6.    | Árbol de baja velocidad  |
|    | 7.    | Caja de engranajes de la turbina eólica  |
| 10 | 8.    | Mecanismo de balanceo  |
|    | 9.    | Generador  |
|    | 10.   | Árbol de alta velocidad  |
|    | 11.   | Etapa de engranajes epicíclicos  |
|    | 12.   | Engranaje planetario   |
| 15 | 13.   | Engranaje central  |
|    | 14.   | Engranaje anular   |
|    | 15.   | Portador de planetario   |
|    | 16.   | Árbol de engranajes planetarios  |
|    | 17.   | Cojinete de engranaje planetario   |
| 20 | 18.   | Árbol de entrada   |
|    | 19.   | Árbol de salida  |
|    | 20.   | Alojamiento de la caja de engranajes   |
|    | 21.   | Primera brida de portador de planetario  |
|    | 22.   | Segunda brida de portador de planetario  |
| 25 | 23.   | Zonas de transferencias de par de torsión  |
|    | 24.   | Espacio libre entre las bridas de portador de planetario y la parte de transferencia de par de torsión |
|    | 25.   | Parte de transferencia de par de torsión   |
|    | 26.   | Junta esférica   |
|    | 27.   | Aro de brida   |
| 30 | 27a,b | Aros de brida combinados   |
|    | 28.   | Pernos   |
|    | 29.   | Primer plano perpendicular a un eje de rotación del engranaje central                                  |
|    | 30.   | Segundo plano perpendicular a un eje de rotación del engranaje central                                 |
|    | 31.   | Parte de brazo de la parte de transferencia de par de torsión  |
| 35 | 32.   | Línea recta  |
|    | 33.   | Parte de rosca   |

- 34. Perno
- 35. Conducto

## REIVINDICACIONES

1. Turbina eólica (1) que comprende una caja de engranajes de turbina eólica con una etapa de engranajes epicíclicos (11), comprendiendo dicha etapa de engranajes epicíclicos
- 5 un engranaje central (13),  
un engranaje anular (14),  
al menos dos engranajes planetarios (12), engranados con el engranaje central (13) y el engranaje anular (14),  
un portador de planetario (15) para portar los engranajes planetarios (12), y
- 10 una parte de transferencia de par de torsión (25) para transferir par de torsión desde el rotor de turbina eólica (4)  
en la que dicha parte de transferencia de par de torsión (25) está conectada de manera flexible a al menos una brida de portador de planetario (21, 22)  
caracterizada porque
- 15 dicha parte de transferencia de par de torsión (25) está conectada de manera flexible a al menos una brida de portador de planetario (21, 22) con al menos tres juntas de rótula esférica flexibles que transfieren par de torsión desde dicho rotor de turbina eólica (4) hasta dicha al menos una brida de portador de planetario (21, 22),  
en la que la parte esférica de dichas juntas de rótula esférica flexibles es parte de dicha parte de transferencia de par de torsión (25).
- 20 2. Turbina eólica (1) según la reivindicación 1, en la que dicho portador de planetario (15) comprende al menos una primera y una segunda brida de portador de planetario (21, 22).
3. Turbina eólica (1) según la reivindicación 2, en la que la parte de receptáculo de dichas al menos tres juntas de rótula esférica flexibles es parte de sólo una de dichas bridas de portador de planetario primera y segunda (21, 22).
- 25 4. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la parte esférica de dichas al menos tres juntas de rótula esférica flexibles están formadas en una pieza con la parte de transferencia de par de torsión (25).
5. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 anteriores, en la que la parte esférica de dichas al menos tres juntas de rótula esférica flexibles está conectada a dicha parte de transferencia de par de torsión (25) por medio de una o más roscas.
- 30 6. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la parte de transferencia de par de torsión (25) y el portador de planetario (15) se conectan por medio de dichas al menos tres juntas de rótula esférica flexibles de modo que se produce un espacio libre (24) entre la parte de transferencia de par de torsión (25) y la brida de portador de planetario (21, 22) en dichas al menos tres juntas de rótula esférica flexibles.
- 35 7. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 2-6, en la que se transfiere par de torsión desde el rotor de turbina eólica (4) a través de una parte de transferencia de par de torsión (25) conectada a dicho portador de planetario (15) en una o más zonas de transferencia de par de torsión (23),  
en la que dicha una o más zonas de transferencia de par de torsión (23) están ubicadas entre un primer y un segundo plano (29, 30), siendo dichos planos (29, 30) sustancialmente perpendiculares a un eje de rotación del engranaje central (13),  
en la que el primer plano (29) está al nivel de un primer lado interno de dicha primera brida de portador de planetario (21) en una posición en la que el árbol de engranajes (16) está portado por dicha primera brida de portador de planetario (21), y
- 40 en la que el segundo plano (30) está al nivel de un segundo lado interno de dicha segunda brida de portador de planetario (22) en una posición en la que el árbol de engranajes (16) está portado por dicha segunda brida de portador de planetario (22).
- 45 8. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, en la que dicha primera brida de portador de planetario (21) y dicha segunda brida de portador de planetario (22) están formadas en una pieza.

9. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicha una o más juntas de rótula esférica flexibles se mantienen en su sitio mediante uno o más aros de brida (27) sujetos a dicho portador de planetario (15).
- 5 10. Turbina eólica (1) según la reivindicación 9, en la que uno o más aros de brida (27) se mantienen en su sitio por medio de pernos (28).
11. Turbina eólica (1) según la reivindicación 9 ó 10, en la que dicho uno o más aros de brida (27) se fabrican de un material de casquillo de cojinete.
- 10 12. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho engranaje central (13) y dicho engranaje planetario (12) y dicho engranaje anular (14) son engranajes helicoidales individuales.
13. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho engranaje anular (14) rota durante su funcionamiento.



**Fig. 1**

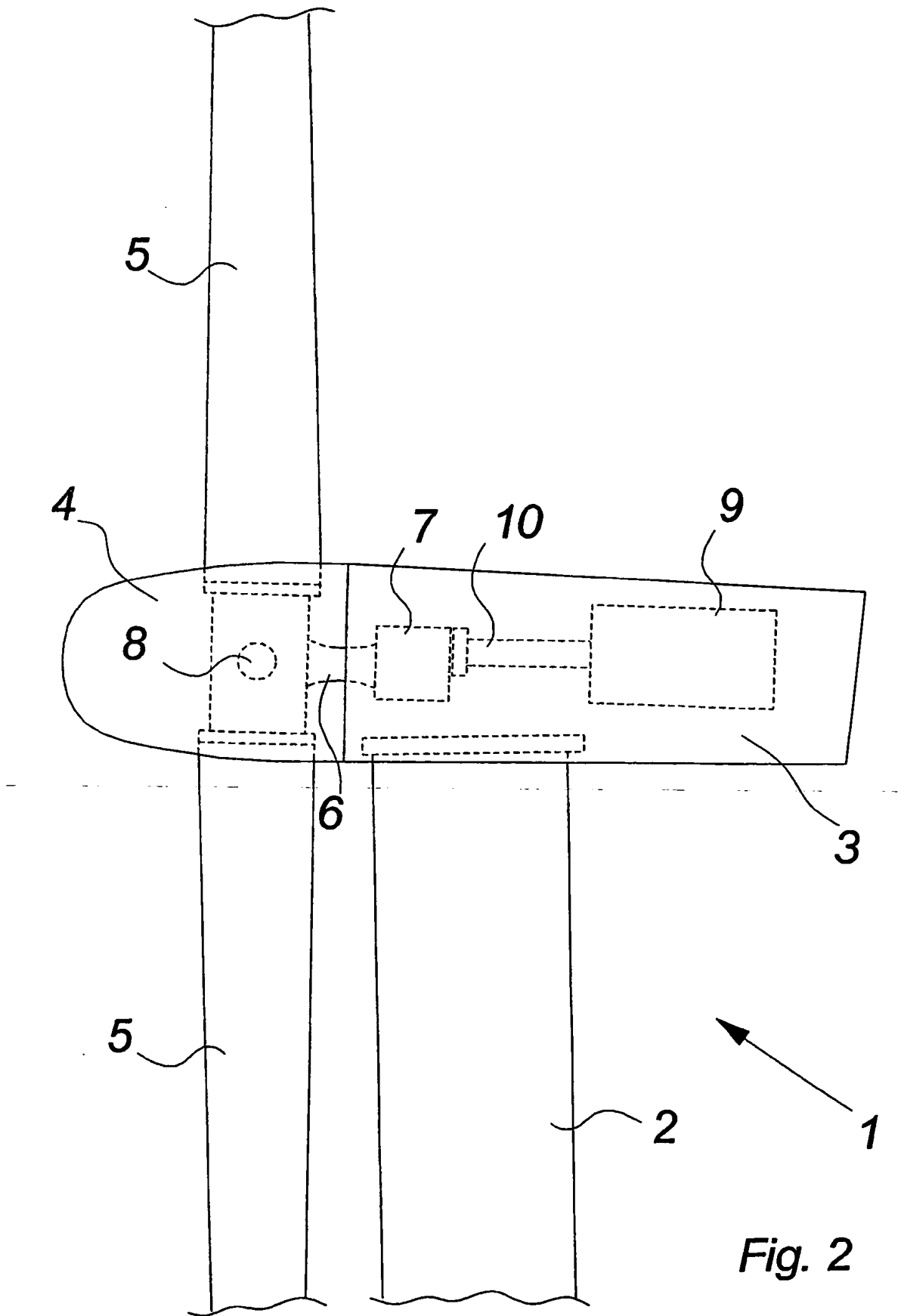
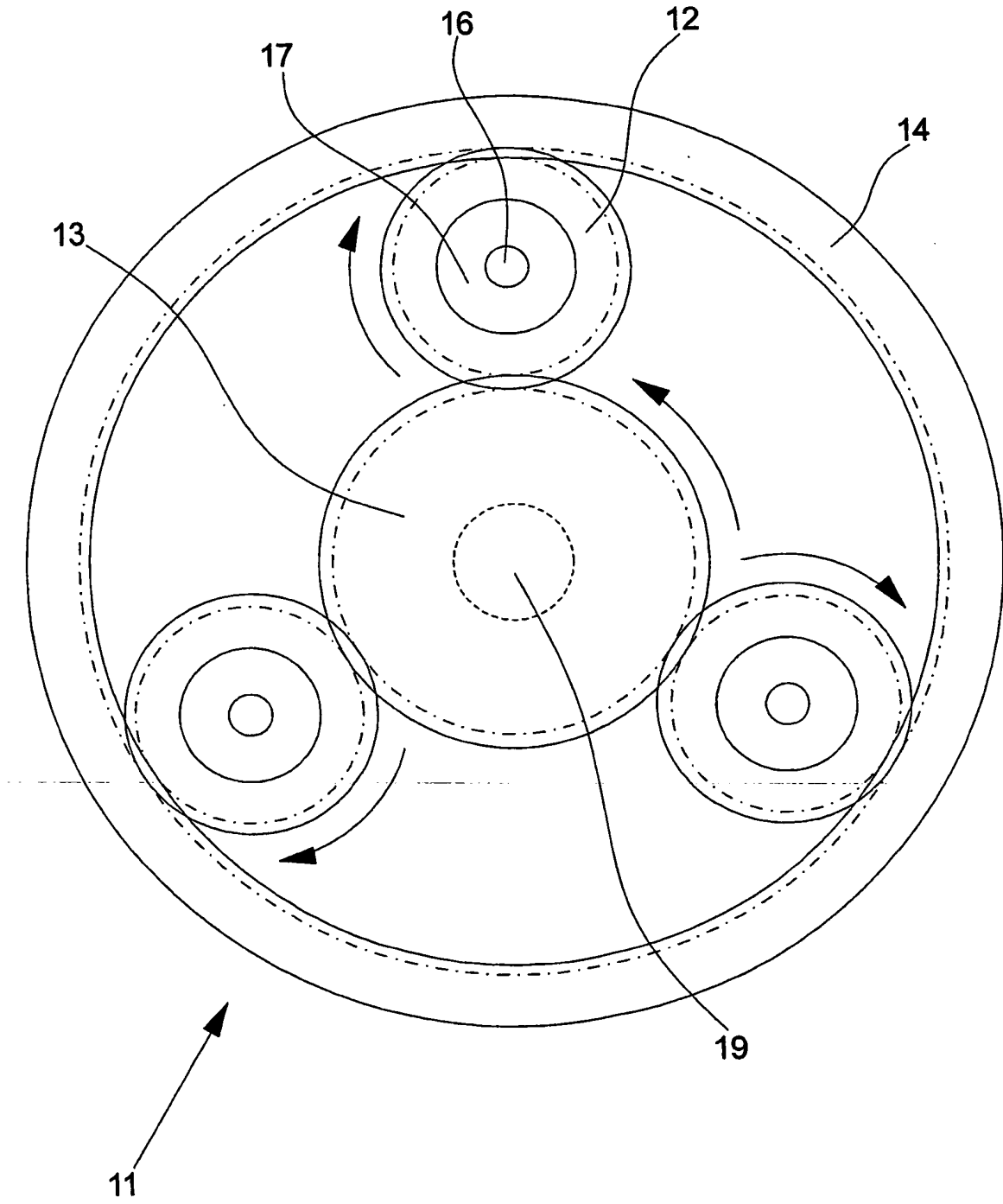
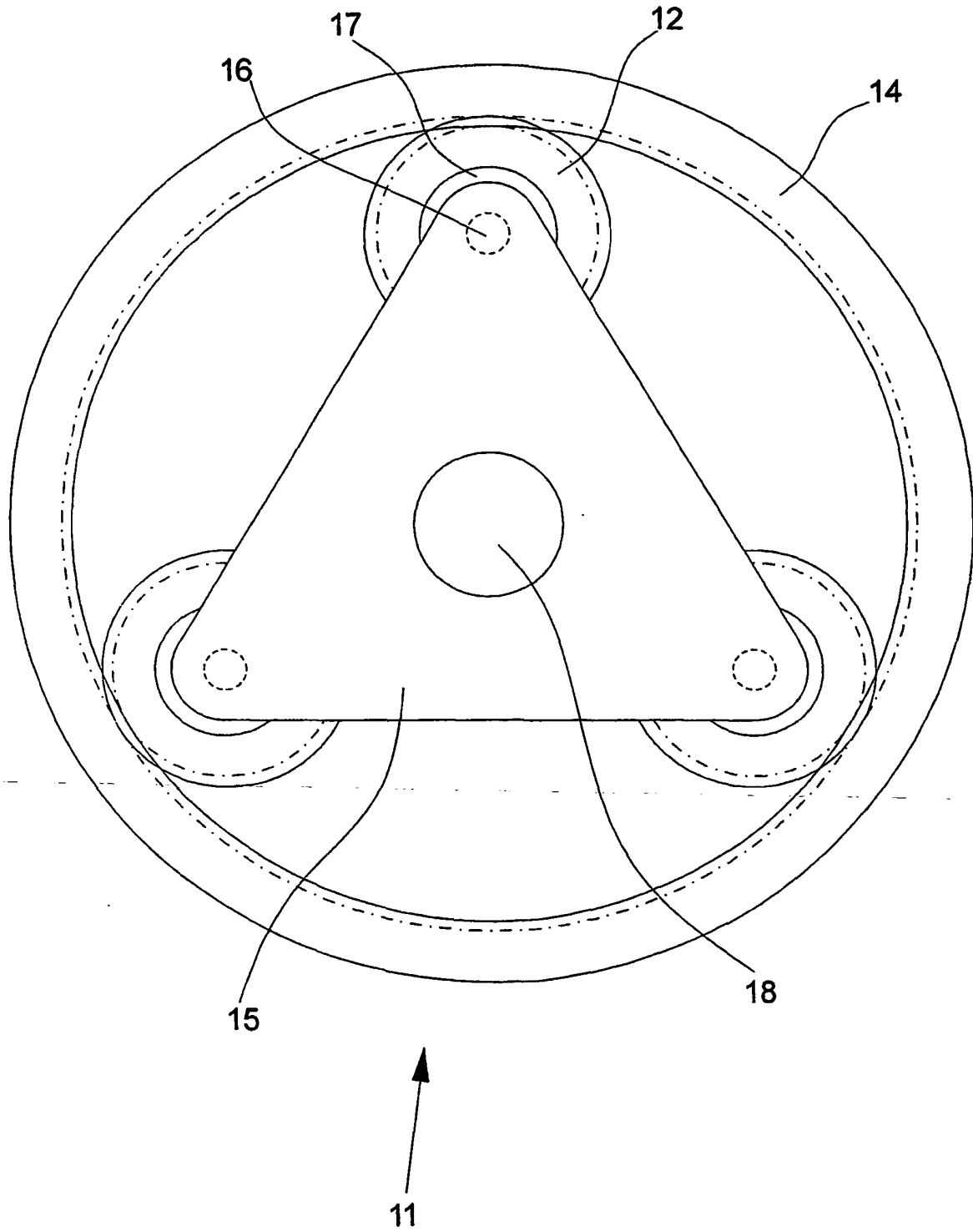


Fig. 2

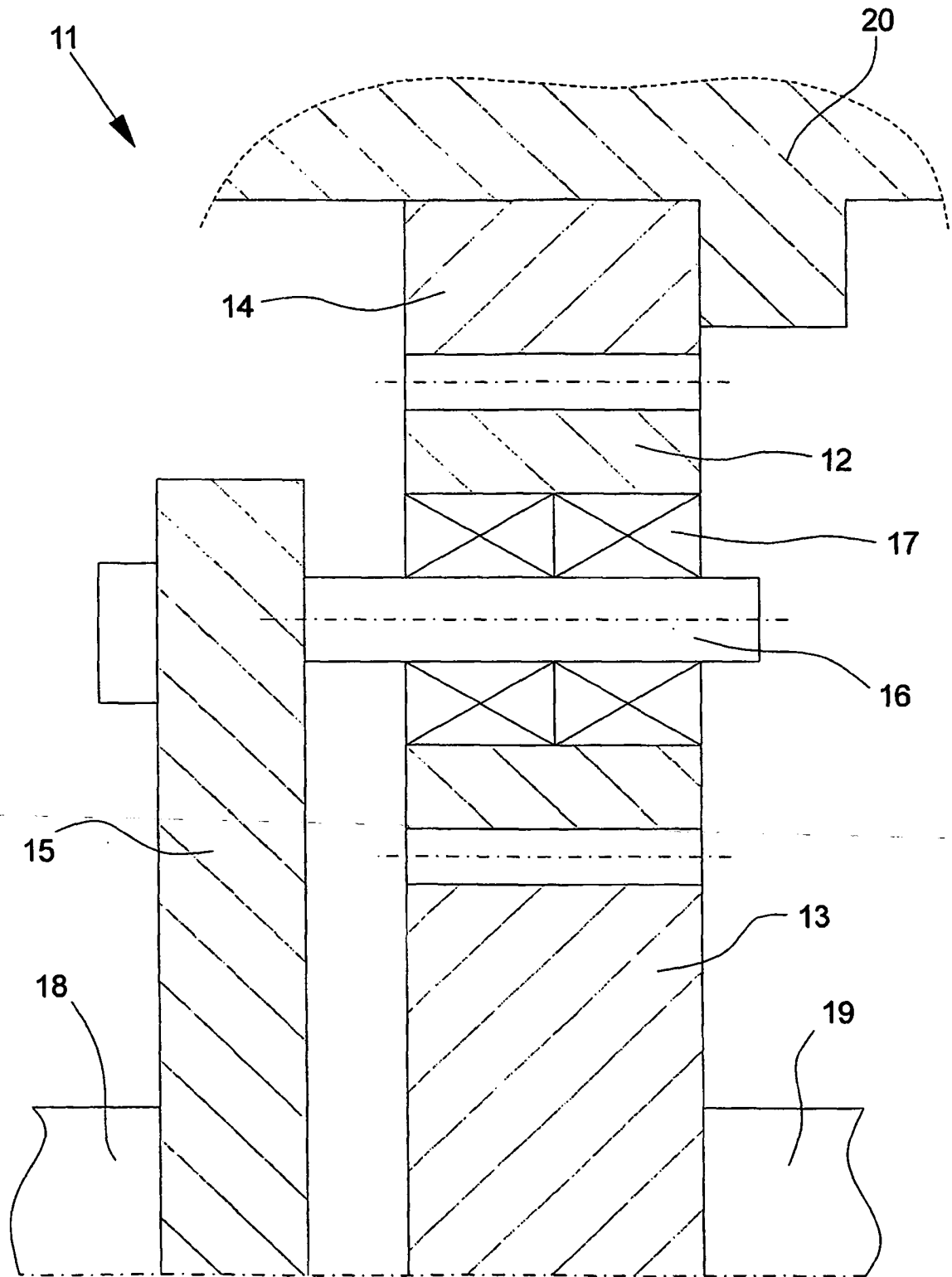




**Fig. 3**



**Fig. 4**



*Fig. 5*

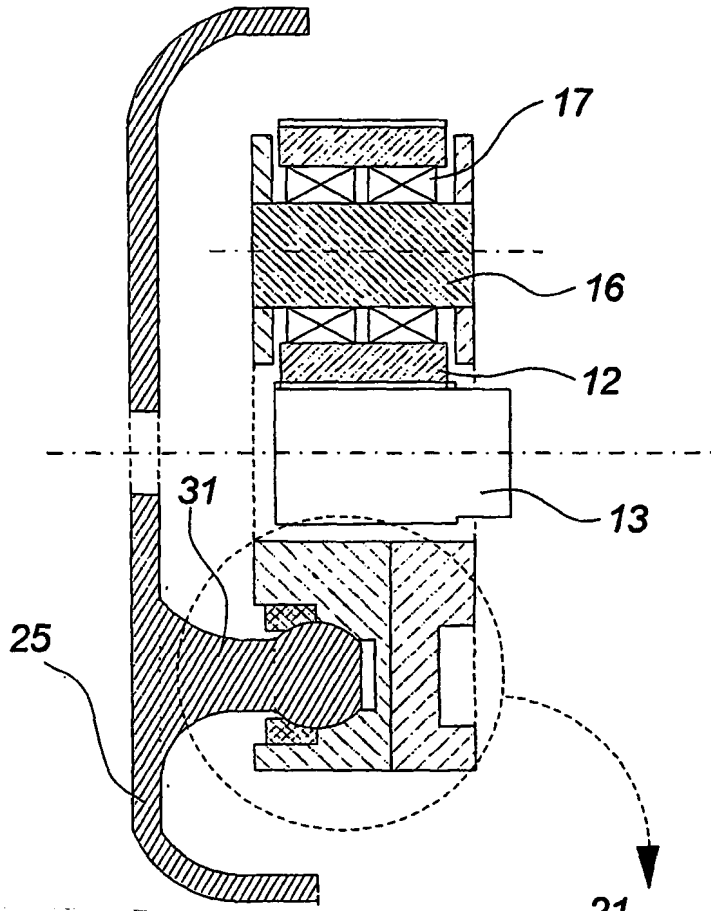


Fig. 6a

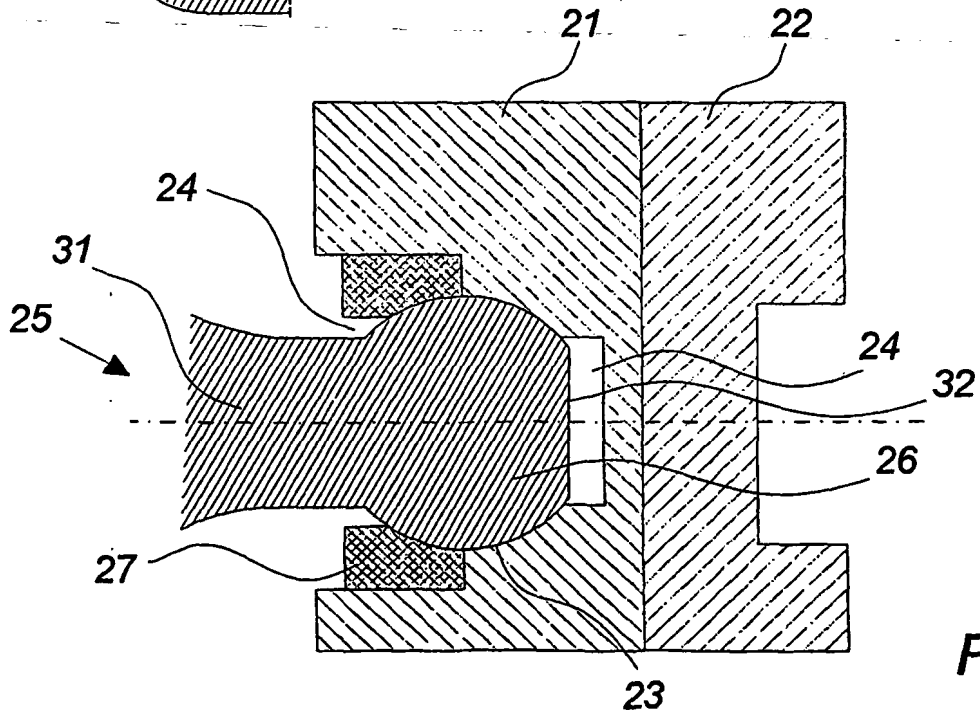


Fig. 6b

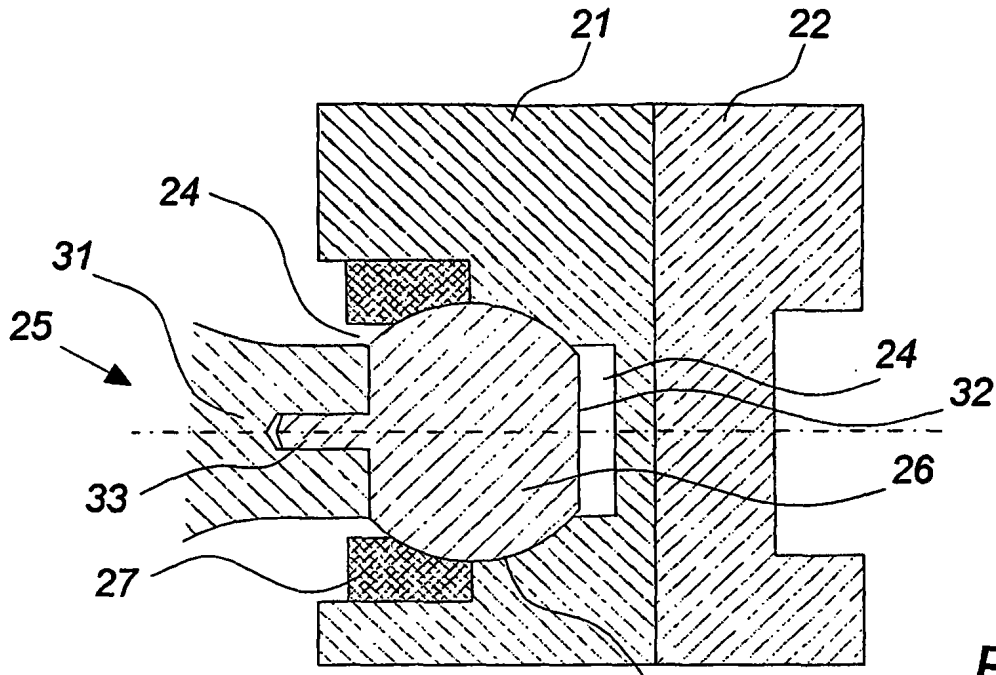


Fig. 6c

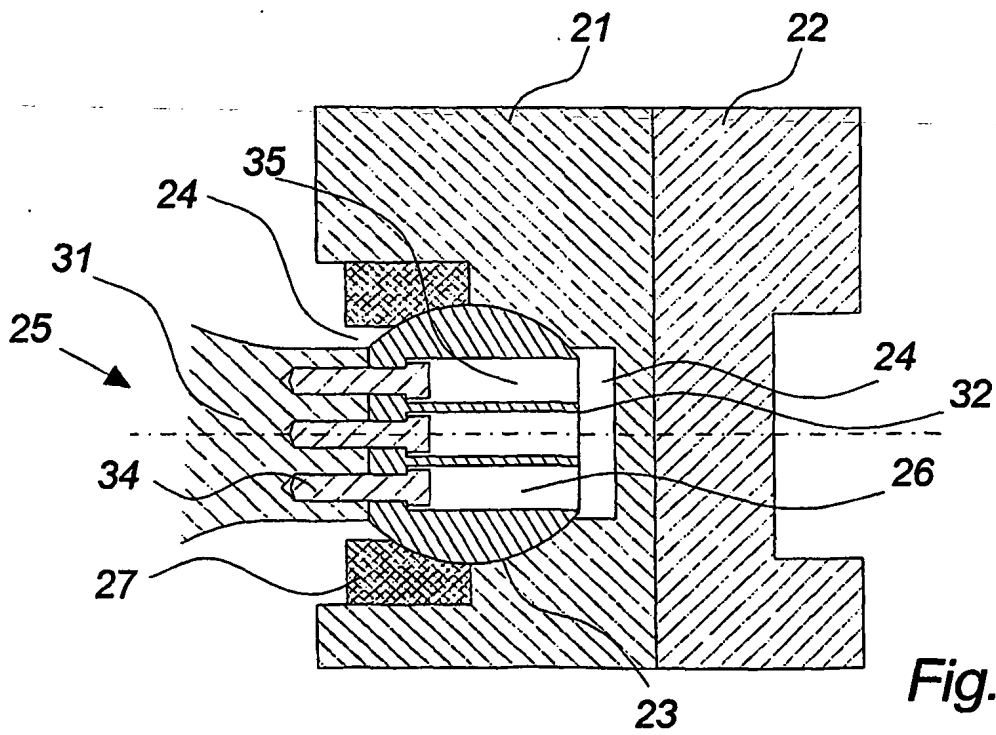


Fig. 6d

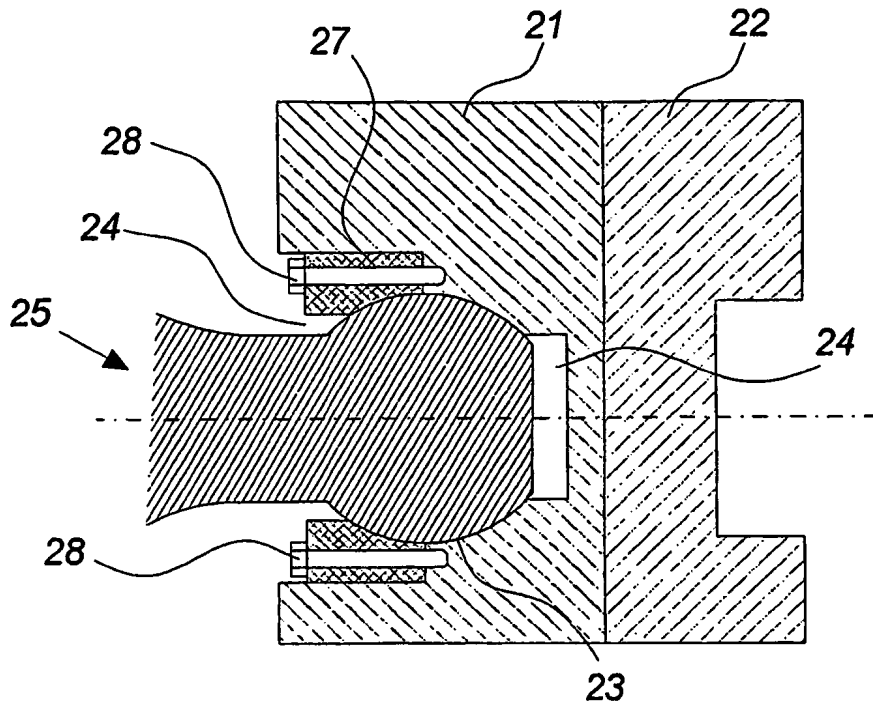


Fig. 7

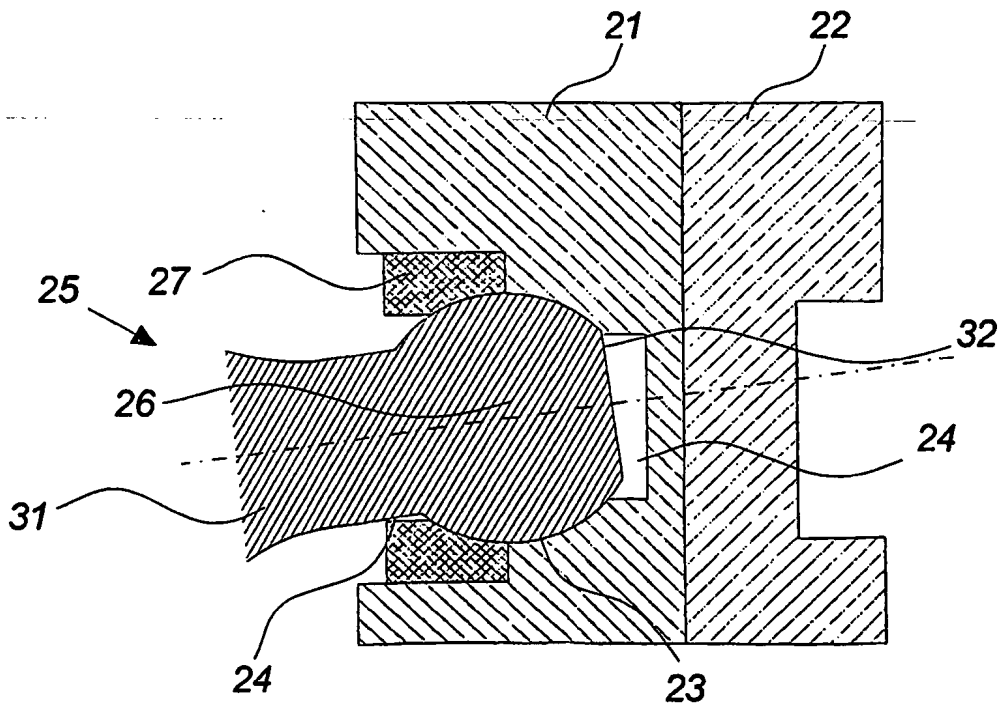
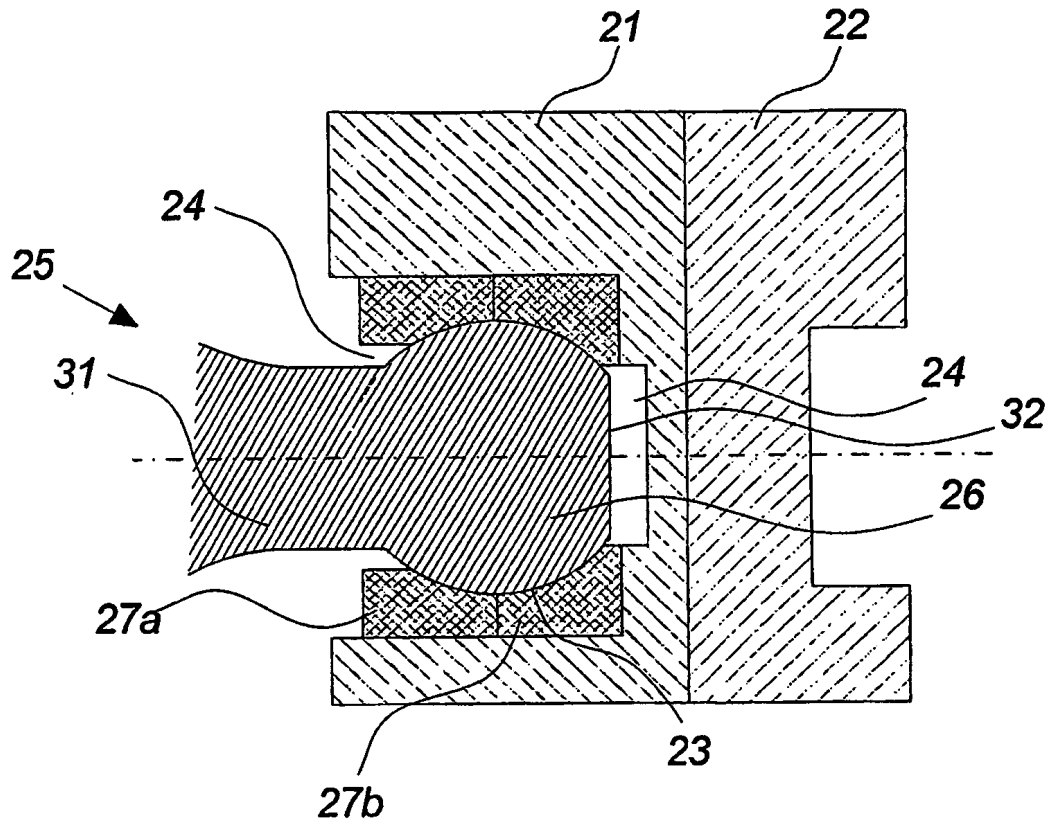
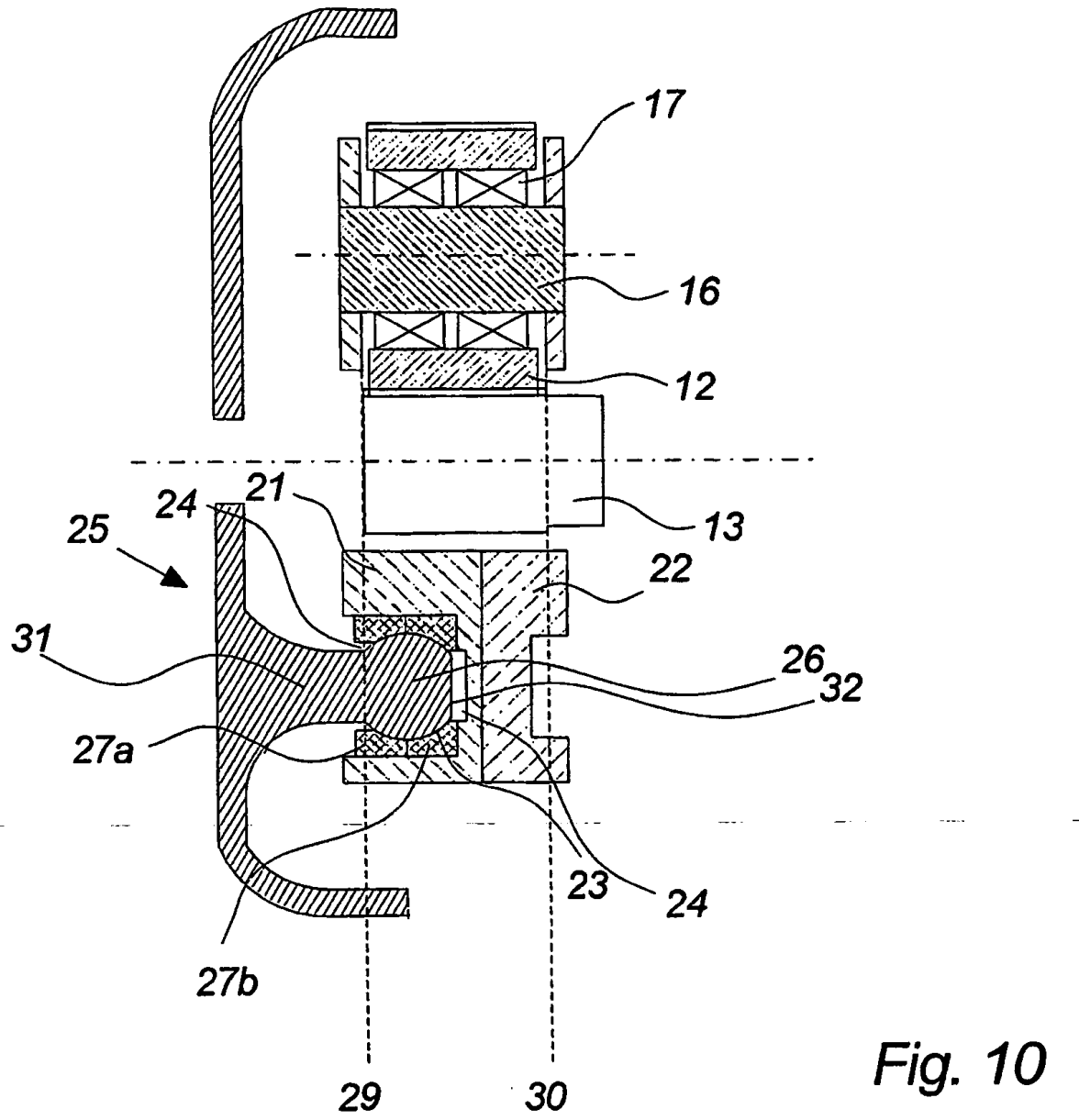


Fig. 8



*Fig. 9*





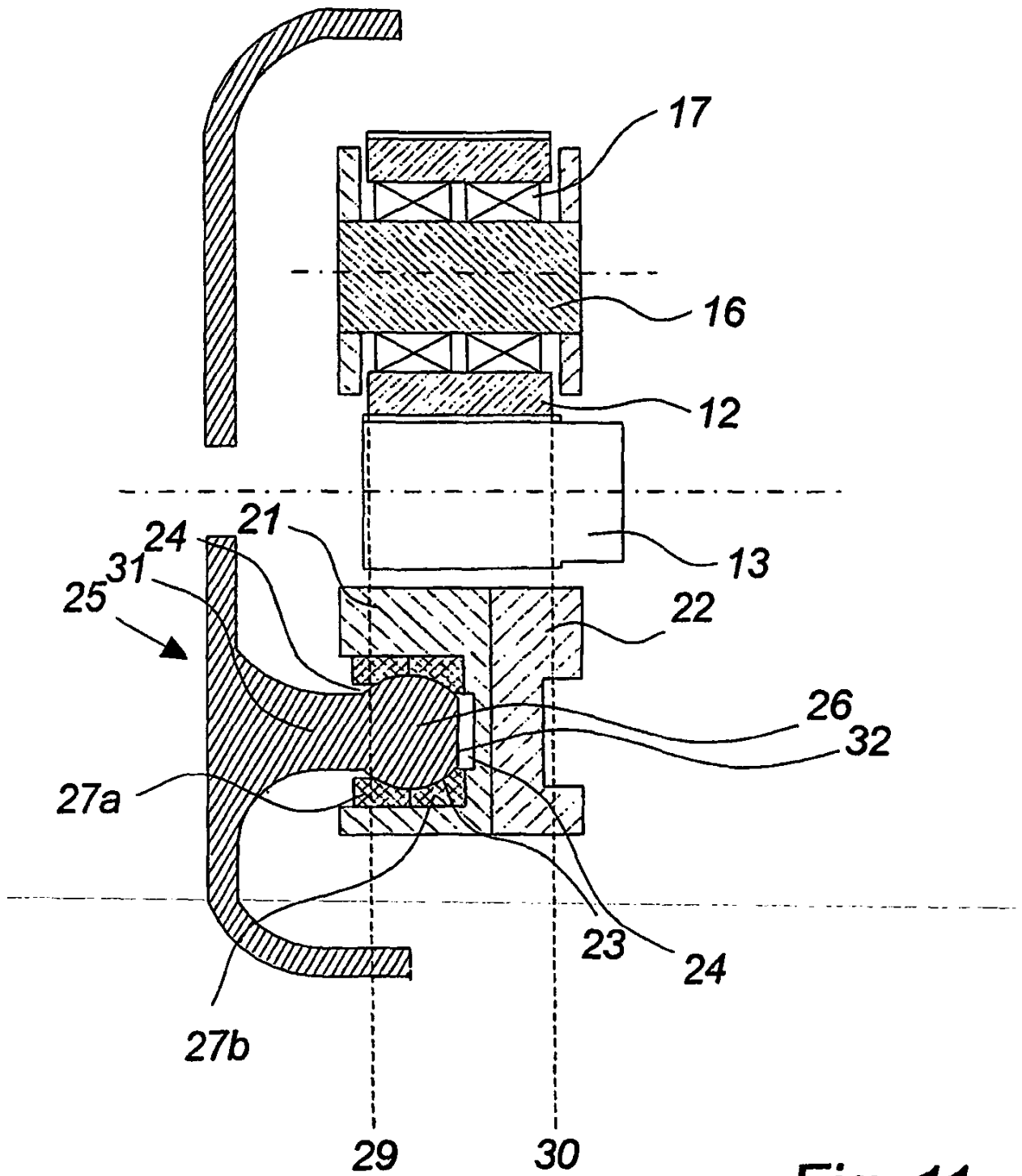


Fig. 11