

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 384 022**

51 Int. Cl.:

F16H 57/02

(2012.01)

F03D 11/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09447040 .8**

96 Fecha de presentación: **10.08.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2284420**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.02.2011**

54 Título: **Unidad de engranaje paralelo para una caja de engranajes para una turbina eólica**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.06.2012

73 Titular/es:
ZF Wind Power Antwerpen NV
De Villermontstraat 9
2550 Kontich, BE

72 Inventor/es:
Leimann, Dirk-Olaf y
Van Eyndhoven, Erwin

74 Agente/Representante:
Tomas Gil, Tesifonte Enrique

ES 2 384 022 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

Unidad de engranaje paralelo para una caja de engranajes para una turbina eólica.

5 Campo técnico de la invención

[0001] La presente invención se refiere a una unidad de engranaje paralelo para una caja de engranajes para una turbina eólica, y más particularmente para una turbina eólica multi-megavatio. La presente invención también proporciona una caja de engranajes comprendiendo tal unidad de engranaje paralelo y una turbina eólica multi-megavatio comprendiendo una caja de engranajes comprendiendo tal unidad de engranaje paralelo.

Antecedentes de la invención

[0002] Como el negocio de energía eólica se vuelve más y más importante los conceptos de caja de engranajes son íntegramente estudiados hoy en día. Conceptos conocidos de cajas de engranajes para turbinas eólicas pueden comprender al menos una unidad de engranaje planetario y una unidad de engranaje paralelo para la conexión de la unidad de engranaje planetario al generador de la turbina eólica.

[0003] El documento JP 2009-144532 A divulga todas las características del preámbulo según la reivindicación 1.

[0004] Fig. 1 y Fig. 2 ilustran esquemáticamente un tipo de caja de engranajes 1 para una turbina eólica según el estado de la técnica. En este ejemplo, la caja de engranajes 1 comprende una unidad de engranaje planetario 2 y una unidad de engranaje paralelo de dos etapas 3. La unidad de engranaje planetario 2 comprende un portador planetario 4 que sostiene una pluralidad de engranajes planetarios 5. La unidad de engranaje planetario 2 comprende además un engranaje anular 6 y un engranaje solar 7. En el ejemplo dado en Fig. 1 y Fig. 2 la unidad de engranaje paralelo de dos etapas 3 comprende un bajo eje de velocidad 8, un eje intermedio 9 y un eje de marcha rápida 10, que son todos paralelos entre sí y son cada uno soportados de forma giratoria por cojinetes 11. La unidad de engranaje paralela 3 comprende además dos engranajes 12, 13. Los engranajes 12, 13 respectivamente engranan con piñón 14 en el eje intermedio 9 y piñón 15 en el eje de marcha rápida 10.

[0005] Según otros conceptos conocidos, las cajas de engranajes 1 para turbinas eólicas pueden comprender dos unidades de engranaje planetario 2 y una unidad de engranaje paralelo de una etapa 3. Esto se ilustra en la Fig. 3. En el ejemplo dado en la Fig. 3, la caja de engranajes 1 comprende una primera unidad de engranaje planetario 2a, una segunda unidad de engranaje planetario 2b y una unidad de engranaje paralelo de una etapa 3. Cada una de las unidades de engranaje planetario 2a, 2b comprende un portador planetario 4 que sostiene una pluralidad de engranajes planetarios 5, un engranaje anular 6 y un engranaje planetario 7. La unidad de engranaje paralelo 3 del presente ejemplo difiere del ejemplo mostrado en Fig. 1 y Fig. 2 en que esta sólo comprende un eje de baja velocidad 8 y un eje de marcha rápida 10, y ningún eje intermedio 9. El eje de baja velocidad 8 y el eje de marcha rápida 10 son soportados de forma giratoria por cojinetes 11. En este ejemplo, la unidad de engranaje paralelo 3 comprende un engranaje 16 que se soporta en el eje de baja velocidad 8 y el eje de marcha rápida 10 y que engrana con piñón 17 en el eje de marcha rápida 10.

[0006] Durante el funcionamiento de la turbina eólica, las cargas que actúan sobre ejes y planetas y fuerzas que se originan en contactos dentales se crean en la caja de engranajes 1. La absorción de cargas pesos y fuerzas en cajas de engranajes es habitualmente hecha usando cojinetes de rodillos. Tales cojinetes se proveen en, por ejemplo, el eje de marcha rápida de la unidad de engranaje paralelo 3 de la caja de engranajes 1 y deben absorber pesos originados del engranaje.

[0007] Debido a que el comportamiento de ruido es un parámetro importante en el diseño de cajas de engranajes de turbina eólica y especialmente en las cajas de engranajes de turbina eólica multi-megavatio, engranajes en la unidad de engranaje paralelo 3 son normalmente provistos de una dentadura helicoidal con un ángulo de hélice alto. No obstante, debido a este ángulo de hélice alto se crean fuerzas radiales y axiales elevadas que van a ser absorbidas por los cojinetes proporcionados en los ejes.

[0008] Disposiciones de cojinete de por ejemplo unidades de engranaje en paralelo de ejes de marcha rápida se pueden diseñar como localizadas o como una combinación de disposiciones de cojinete localizadas y no localizadas. No obstante, hay al menos un cojinete que toma la carga axial o una combinación de cargas radiales y axiales.

[0009] Durante el funcionamiento, turbinas eólicas, y especialmente turbinas eólicas multi-megavatio, crean altas fuerzas dinámicas y variaciones de velocidad en la caja de engranajes 1. Por este motivo, pesos y velocidades durante operación de la caja de engranajes 1 pueden diferir del diseño de las cargas y velocidades, es decir de los pesos predichos y velocidades durante el diseño de la caja de engranajes 1, e incluso cargas inversas pueden ocurrir.

[0010] No obstante, para turbinas eólicas multi-megavatio, cojinetes de rodillos 11 que están disponibles en el mercado puede que ya no sean capaces de asumir cargas combinadas a partir de fuerzas axiales y fuerzas radiales.

Especialmente las fuerzas axiales pueden ser críticas en los cojinetes de rodillos 11. Este comportamiento dinámico puede llevar a daños de cojinete y consecuentemente a fallos de cojinete.

[0011] Carga de cojinete equivalente dinámica es determinada por:

$$P \approx x.F_r + y.F_a \quad (1)$$

donde F_r es la carga de cojinete radial real, F_a la carga de cojinete real axial, x el factor de carga radial para el cojinete e y el factor de carga axial para el cojinete. Los factores X e Y dependen del tipo de cojinetes usado. En caso de, por ejemplo, un cojinete de rodillos cónicos x pueden ser 0.4 e y puede ser entre 1.3 y 1.6, que ilustra que la aportación de la carga axial a la carga total es mucho superior que la de la carga radial.

[0012] Con aumento de potencia transmitida de turbinas eólicas multi-megavatio y el uso de engranaje con un ángulo de hélice grande, se requieren cojinetes con capacidad alta con el objetivo de ser capaz de asumir las cargas reales. Una desventaja de esto, no obstante, es que con capacidad de cojinete más alta el tamaño de los cojinetes aumenta y la muy importante velocidad límite o máxima del cojinete se reduce.

[0013] Muchas turbinas eólicas tienen carrera de generadores de 1500 hasta 2000 r.p.m. que es su velocidad máxima y por lo tanto la velocidad nominal del eje de caja de engranajes. Mientras se tienen fuerzas combinadas fuera de pesos axiales y radiales, la carga resultante puede ser superior a la carga radial. En estos casos, no se pueden encontrar cojinetes de rodillos adecuados para asumir las cargas bajo la velocidad requerida.

Resumen de la invención

[0014] Es un objeto de las formas de realización de la presente invención proporcionar una unidad de engranaje paralelo para una caja de engranajes en una turbina eólica de multi-megavatio, una caja de engranajes que comprende tal unidad de engranaje paralelo y una turbina eólica multi-megavatio que comprende una caja de engranajes que comprende tal unidad de engranaje paralelo.

[0015] El objetivo anterior se realiza por un método y dispositivo según formas de realización de la presente invención.

[0016] Formas de realización de la presente invención se destinan a proporcionar una unidad de engranaje paralelo para una caja de engranajes para una turbina eólica donde los cojinetes pueden resistir las cargas radiales y axiales que se originan de la dentadura de engranaje y todavía permite velocidad de rotación alta de, por ejemplo, entre 1500 y 2000 r.p.m.

[0017] En un primer aspecto, la presente invención proporciona una unidad de engranaje paralelo para una caja de engranajes para una turbina eólica multi-megavatio. Por turbina eólica multi-megavatio se entiende una turbina eólica que es capaz de generar más de 1 megavatio de electricidad. La unidad de engranaje paralelo comprende al menos un eje de baja velocidad y un eje de marcha rápida, comprendiendo cada eje un engranaje con dientes helicoidales, siendo adaptados los engranajes de cada eje para engranar entre sí. En una unidad de engranaje paralelo según la presente invención, el eje de baja velocidad es soportado de forma giratoria por cojinetes de rodillos y el eje de marcha rápida es soportado de forma giratoria por cojinetes deslizantes.

[0018] En un aspecto, la presente invención proporciona una unidad de engranaje paralela para una caja de engranajes para una turbina eólica multi-megavatio comprendiendo al menos dos ejes paralelos, cada eje comprendiendo un engranaje con dientes helicoidales, siendo adaptados los engranajes de cada eje para engranar entre sí, y siendo soportado al menos uno de los ejes por cojinetes de rodillos y siendo soportado al menos otro eje por cojinetes deslizantes.

[0019] Ha de ser entendido, como conocido por un experto en la técnica, que cojinetes deslizantes pueden designarse también cojinetes de fricción, cojinetes deslizantes, cojinetes sencillos o cojinetes lisos.

[0020] Según formas de realización de la invención, la unidad de engranaje paralelo puede comprender además un eje intermedio entre el eje de baja velocidad y el eje de marcha rápida. El eje intermedio es soportado de forma giratoria por cojinetes de rodillos.

[0021] Según otras formas de realización, la unidad de engranaje paralela puede comprender un anillo de presión en al menos uno de los ejes, contactando así el anillo de presión con el engranaje en un eje vecino. Por ejemplo, en caso de una unidad de engranaje paralelo comprendiendo un eje de baja velocidad y un eje de marcha rápida, y se prevé un anillo de presión en el eje de marcha rápida, el anillo de presión está en contacto con el engranaje en el eje de baja velocidad.

[0022] Según formas de realización de la invención, el anillo de presión se puede proporcionar en al menos el eje de marcha rápida que se soporta por los cojinetes de deslizamiento.

[0023] En formas de realización de la invención, el anillo de presión puede estar en contacto directo con el engranaje en el eje vecino. Estando el anillo de presión en contacto directo con el engranaje en el eje vecino se pretende que ninguna parte adicional esté presente entre el anillo de presión y el engranaje en el eje vecino.

[0024] Según otras formas de realización de la invención, el anillo de presión puede estar en contacto indirecto con el engranaje en el eje vecino. Estando el anillo de presión en contacto indirecto con el engranaje en el eje vecino se pretende que una parte adicional, por ejemplo anillo de desgaste, pueda estar presente entre el anillo de presión y el engranaje en el eje vecino.

[0025] El anillo de presión puede tener un diámetro de contacto de entre $0.8 \times d_o$ y $1.4 \times d_o$ y una anchura de entre $0.1 \times d_o$ y $0.3 \times d_o$, con

$$d_o = z.m_n, \quad (2)$$

donde z es el número de dientes y m_n el módulo normal.

[0026] El chaflán de anillo de presión puede ser de entre 0° y 15° , por ejemplo entre 0.5° y 5° o entre 0.5° y 2.5° , y puede por ejemplo ser 1° .

[0027] Los cojinetes de rodillos se pueden seleccionar de la lista que comprende cojinetes de rodillos cónicos, cojinetes de rodillos cilíndricos, cojinetes de rodillos esféricos o cojinetes de rodillos toroidales CARB. Cuando la unidad de engranaje paralela comprende un eje de baja velocidad, un eje intermedio y un eje de marcha rápida, según formas de realización de la invención, cada uno de los ejes de velocidad intermedia y baja se soportan por cojinetes de rodillos. Según formas de realización de la invención, diferentes cojinetes de rodillos se pueden seleccionar para el eje de velocidad baja e intermedia. Según otras formas de realización de la invención, los mismos cojinetes de rodillos se pueden seleccionar para el eje de velocidad intermedia y baja.

[0028] En otro aspecto de la invención, es provista una caja de engranajes para una turbina eólica. La caja de engranajes comprende una unidad de engranaje paralelo con al menos un eje de baja velocidad y un eje de marcha rápida, cada eje comprendiendo un engranaje con dientes helicoidales, siendo adaptados los engranajes de cada eje para engranar entre sí, donde el eje de baja velocidad es soportado de forma giratoria por cojinetes de rodillos y el eje de marcha rápida es soportado de forma giratoria por cojinetes deslizantes.

[0029] La unidad de engranaje paralelo puede comprender además un eje intermedio entre el bajo eje de velocidad y el eje de marcha rápida, siendo soportado el eje intermedio por cojinetes de rodillos.

[0030] Según formas de realización ventajosas, la unidad de engranaje paralelo en la caja de engranajes puede además comprender un anillo de presión en al menos uno de los ejes.

[0031] Según formas de realización específicas, el anillo de presión se puede proveer en al menos el eje de marcha rápida que es soportado por los cojinetes deslizantes.

[0032] En todavía otro aspecto de la invención, es provista una turbina eólica comprendiendo una caja de engranajes según formas de realización de la invención. La turbina eólica puede ser una turbina eólica multi-megavatio. Por turbina eólica multi-megavatio se entiende una turbina eólica que sea capaz de generar más que 1 megavatio de electricidad.

[0033] La turbina eólica comprende una caja de engranajes comprendiendo al menos una unidad de engranaje planetario y una unidad de engranaje paralelo, comprendiendo la unidad de engranaje paralelo al menos un bajo eje de velocidad y un eje de marcha rápida, comprendiendo cada eje un engranaje con dientes helicoidales, siendo adaptados los engranajes de cada eje para engranar entre sí, donde el bajo eje de velocidad es soportado de forma giratoria por cojinetes de rodillos y el eje de marcha rápida es soportado de forma giratoria por cojinetes deslizantes.

[0034] La anterior y otras características, rasgos y ventajas de la presente invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, tomada conjuntamente con los dibujos anexos, que ilustran, por ejemplo, los principios de la invención.

Breve descripción de los dibujos

[0035]

Fig. 1 a Fig. 3 ilustran conceptos de caja de engranajes según la técnica anterior.

5 Fig. 4 y Fig. 5 ilustran una unidad de engranaje paralelo según formas de realización de la presente invención.

Fig. 6 ilustra un anillo de presión que se puede usar con una unidad de engranaje paralelo según formas de realización de la invención.

Fig. 7 a Fig. 11 ilustran unidades de engranaje paralelo según formas de realización de la presente invención.

10 Fig. 12 a 14 ilustran unas cajas de engranajes según formas de realización de la presente invención.

[0036] Los mismos signos de referencia en las diferentes figuras se refieren a los mismos o a elementos análogos.

Descripción de formas de realización ilustrativas

15 [0037] La presente invención se describirá respecto a las formas de realización particulares y con referencia a determinados dibujos no limitativos. Ha de ser entendido que la invención no se limita a esto sino que sólo está limitada por las reivindicaciones. Para usos ilustrativos, el tamaño de algunos de los elementos en los dibujos se pueden agrandar y no trazar en.

20 [0038] Términos tales como "acoplado" y "comprendiendo" no tienen que ser interpretados como limitativos la invención de ninguna manera. El término "comprendiendo", usado en las reivindicaciones, no debería ser interpretado como restringido a los medios citados a continuación; éste no excluye otros elementos o pasos. De forma similar, tiene que ser notado que el término "acoplado", también usado en las reivindicaciones, no debería ser interpretado como solamente restringido a conexiones directas.

25 [0039] Mientras algunas formas de realización descritas aquí incluyen algunas pero no otras características incluidas en otras formas de realización, se entiende que combinaciones de características de diferentes formas de realización están en el ámbito de la invención, y forman formas de realización diferentes, como sería entendido por aquellos de la técnica. Por ejemplo, en las siguientes reivindicaciones, cualquiera de las formas de realización reivindicadas se pueden usar en cualquier combinación.

[0040] De ahora en adelante, la presente invención se describirá mediante formas de realización diferentes. Ha de ser entendido que estas formas de realización son sólo para facilitar la comprensión de la invención y no se destinan a limitar la invención de ninguna manera.

35 [0041] La presente invención proporciona una unidad de engranaje paralelo para una caja de engranajes en una turbina eólica multi-megavatio, comprendiendo una caja de engranajes tal unidad de engranaje paralelo y una turbina eólica multi-megavatio que comprende tal caja de engranajes. Por turbina eólica multi-megavatio se entiende una turbina eólica que es capaz de generar más de 1 megavatio de electricidad.

40 [0042] Fue ya antes descrito que, durante el funcionamiento las turbinas eólicas, y especialmente las turbinas eólicas multi-megavatio, crean altas fuerzas dinámicas y variaciones de velocidad en la caja de engranajes durante el funcionamiento. Este comportamiento dinámico puede llevar a daños en el cojinete y consecuentemente a fallos de cojinete. Una de las posibles causas de fallo de cojinete podría ser el movimiento axial de los rodillos en los cojinetes debido a fuerzas axiales y la dinámica de estas fuerzas axiales. Por lo tanto, encima de la carga radial que actúa sobre los cojinetes, estas fuerzas axiales pueden producir vibración axial de los cojinetes.

45 [0043] Además, el comportamiento del ruido se identifica como un parámetro importante en el diseño de cajas de engranajes de turbina eólica multi-megavatio. Para optimizar el comportamiento del ruido, las unidades de engranaje paralelo de cajas de engranajes se diseñan para tener dentadura helicoidal con un ángulo de hélice grande. Tales ángulos de hélice grande llevan a la creación de altos pesos axiales y radiales. Para asumir las cargas reales en tales cajas de engranajes de turbina eólica multi-megavatio se requieren cojinetes de capacidad alta. No obstante, para una capacidad de cojinete más alta, el tamaño de los cojinetes aumenta y la velocidad máxima o límite de los cojinetes se reduce.

50 [0044] Para turbinas eólicas multi-megavatio, cojinetes de rodillos disponibles para unidades de engranaje en paralelo de uso de una caja de engranajes puede que no sean capaces de asumir cargas combinadas de fuerzas radiales y axiales, a través de las cuales cojinetes adicionales axiales se pueden requerir para compensación para las fuerzas axiales que se originan a partir de dientes helicoidales de los engranajes. Además, aunque tales cojinetes de rodillos disponibles serían capaces de asumir parcial o totalmente las fuerzas radiales y axiales, no pueden hacer esto a las altas velocidades rotacionales requeridas de por ejemplo entre 1500 r.p.m. Y 2000 r.p.m.

55 [0045] Por lo tanto, la presente invención enseña el uso de disposiciones de cojinete adecuadas para ejes de soporte de forma giratoria de la unidad de engranaje paralelo.

[0046] En un aspecto, la presente invención proporciona una unidad de engranaje paralelo para una caja de engranajes para una turbina eólica multi-megavatio. Por turbina eólica multi-megavatio se entiende una turbina eólica que es capaz de generar más de 1 megavatio de electricidad. La unidad de engranaje paralelo comprende al menos un eje de baja velocidad y un eje de marcha rápida, comprendiendo cada eje un engranaje con dientes helicoidales, siendo adaptados los engranajes de cada eje para engranar entre sí. El eje de baja velocidad es soportado de forma giratoria por cojinetes de rodillos y el eje de marcha rápida es soportado de forma giratoria por cojinetes deslizantes.

[0047] Ha a ser entendido, como conocido por un experto en la técnica, que los cojinetes deslizantes puede también ser designados cojinetes de fricción, cojinetes deslizantes, sencillos cojinetes o cojinetes lisos.

[0048] En una unidad de engranaje paralelo según formas de realización de la invención, las disposiciones de cojinete en los ejes pueden resistir la carga creada durante la operación de la caja de engranajes mientras que todavía permite altas velocidades rotacionales de, por ejemplo, entre 1500 r.p.m. y 2000 r.p.m.

[0049] Fig. 4 ilustra parte de una unidad de engranaje paralelo 20 según formas de realización de la presente invención. En el ejemplo dado, la unidad de engranaje paralelo 20 comprende un primer eje 21 y un segundo eje 22 que son paralelos entre sí. Como ya descrito anteriormente, una unidad de engranaje paralelo 20 de una caja de engranajes puede comprender un eje de baja velocidad, un eje intermedio y un eje de marcha rápida en caso de una unidad de engranaje paralelo de dos etapas o puede comprender un eje de baja velocidad y un eje de marcha rápida en caso de una unidad de engranaje paralelo de una etapa. Por ejemplo, con referencia a la Fig. 4, el primer eje 21 puede ser el eje de baja velocidad de la unidad de engranaje paralelo 20 y el segundo eje 22 puede ser el eje de marcha rápida de la unidad de engranaje paralelo 20. O el primer eje 21 puede ser el eje intermedio de la unidad de engranaje paralelo 20 y el segundo eje 22 puede ser el eje de marcha rápida de la unidad de engranaje paralelo 20.

[0050] Ha a ser notado que, como conocido por un experto en la técnica, el eje de baja velocidad puede también designado como eje intermedio de baja velocidad y el eje intermedio puede ser también designado como de marcha rápida como eje intermedio de marcha rápida.

[0051] De ahora en adelante, la presente invención será descrita por medio del primer eje 21 que es el eje de baja velocidad y el segundo eje 22 que es el eje de marcha rápida. Ha a ser entendido que esto es sólo para la facilidad de explicación y no está destinado a limitar la invención de ninguna manera. El primer eje 21 puede, según otras formas de realización de la invención donde la unidad de engranaje paralelo 20 es una unidad de engranaje paralelo de dos etapas, también ser el eje intermedio.

[0052] En los ejemplos dados en Fig. 4, el eje de baja velocidad 21 se acopla a un primer engranaje 23 y es soportado de forma giratoria por cojinetes de rodillos 24a. El primer engranaje 23 puede ser también designado rueda de engranaje, y más particular como rueda de engranaje de baja velocidad. El engranaje 23 tiene dientes helicoidales y tiene un diámetro d_1 . El eje de marcha rápida 22 se acopla a un segundo engranaje 25, que puede también denominarse piñón, y se soporta por cojinetes deslizantes 24b. El segundo engranaje o piñón 25 también tiene dientes helicoidales. El segundo engranaje 25 engrana con el primer engranaje 23 y tiene un diámetro d_2 que es más pequeño que el diámetro d_1 del primer engranaje 23.

[0053] En los dibujos, los cojinetes deslizantes 24b son, para la facilidad de ilustración, trazados como dos rectángulos. Ha de ser entendido que los cojinetes deslizantes 24b pueden ser también trazados en más detalle como se ilustra en la inserción de la figura 4.

[0054] Cojinetes de rodillos 24a puede ser cualquier tipo de cojinetes de rodillos 24a conocido por un experto en la técnica tal como, por ejemplo, cojinetes de rodillos cónicos, cojinetes de rodillos cilíndricos, cojinetes de rodillos esféricos o cojinetes de rodillos toroidales CARB (ver más adelante). En Fig. 4 los cojinetes de rodillos 24a que soportan el eje de baja velocidad 21 son cojinetes de rodillos cilíndricos localizados en posición O.

[0055] En el caso de que la unidad de engranaje paralelo 20 comprenda un eje de baja velocidad 21, un eje de marcha rápida 22 y un eje intermedio, el eje de baja velocidad 21 y el eje intermedio son, según formas de realización de la presente invención, soportados de forma giratoria por cojinetes de rodillos 24a, mientras el eje de marcha rápida 22 es soportado de forma giratoria por cojinetes deslizantes. En este caso, según formas de realización de la invención, los cojinetes de rodillos 24a que soportan el eje de baja velocidad 21 pueden ser de un mismo tipo que los cojinetes de rodillos 24a que soportan el eje intermedio. Según otras formas de realización, los cojinetes de rodillos 24a que soportan el eje de baja velocidad 21 pueden ser de un tipo diferente que los cojinetes de rodillos 24a que soporta el eje intermedio.

[0056] En las figuras, el número de referencia 27 ilustra esquemáticamente el alojamiento de la caja de engranajes.

[0057] Según formas de realización de la invención, la unidad de engranaje paralelo 20 puede además comprender un anillo de presión 26. El anillo de presión 26 se puede proveer en al menos un eje de baja velocidad 22, el eje intermedio o eje de marcha rápida 21. Fig. 5 ilustra una unidad de engranaje paralelo 20 según tales formas de

realización. En este ejemplo se prevé un anillo de presión 26 en el eje de marcha rápida 21 que se soporta por los cojinetes deslizantes 24b y comprende el engranaje 25 con diámetro d_2 más pequeño que el diámetro d_1 de la rueda de engranaje 23. No obstante, según otras formas de realización de la invención, el anillo de presión 26 puede también ser proporcionado en el eje de baja velocidad 21 soportado por los cojinetes de rodillos 24a y comprendiendo el engranaje 23 con diámetro d_1 que es más alto que el diámetro d_2 del piñón 25 (ver más adelante).

[0058] Una combinación de disposiciones de cojinete adecuadas y el uso de un anillo de presión en al menos un eje, por ejemplo el eje de marcha rápida, de la unidad de engranaje paralela 20 como se ha descrito anteriormente proporciona una toma adecuada de las cargas radiales y axiales originadas a partir de la dentadura de engranaje mientras que todavía permite velocidades giratorias altas de, por ejemplo, entre 1500 r.p.m. y 2000 r.p.m.

[0059] Una ventaja de la presente forma de realización es que no son necesarios cojinetes axiales adicionales en cada eje porque las fuerzas axiales resultantes de los dientes helicoidales de los engranajes son directamente tomados por el anillo de presión. Por lo tanto, los cojinetes de rodillos 24a y los cojinetes deslizantes 24b que soportan ejes 21 y 22 no padecen de fuerzas axiales altas o al menos padecerán menos de tales fuerzas axiales que los cojinetes del estado de la técnica. Consecuentemente, los cojinetes de rodillos 24a y los cojinetes deslizantes 24b pueden tener tiempos de vida más largos.

[0060] Otro efecto de proporcionar un anillo de presión según formas de realización de la invención es una reducción de las cargas axiales normalmente grandes en el alojamiento porque las fuerzas axiales se absorben en un pequeño bucle en los engranajes. Este ofrecerá la posibilidad de usar materiales ligeros o espesores de pared más finos en el diseño de los alojamientos de la caja de engranajes.

[0061] Fig. 6 ilustra un ejemplo de un anillo de presión 26 que se puede usar en una unidad de engranaje paralelo 20 según formas de realización de la invención. Ha de ser entendido que esto es sólo un ejemplo y no está destinado a limitar la invención de ninguna manera. El dibujo a a la izquierda de la figura 6 muestra una vista lateral y el dibujo en medio de la fig. 6 muestra una vista desde arriba de tal anillo de presión 26. El anillo de presión 26 puede tener un diámetro d_c de contacto (ver Fig. 5) de entre $0.8 \times d_o$ y $1.4 \times d_o$ y una anchura w_c de entre $0.1 \times d_o$ y $0.3 \times d_o$, con

$$d_o = z m_n,$$

donde z es el número de dientes y m_n el módulo normal.

[0062] El dibujo de la derecha de la figura 6 ilustra la parte A como indicado en el dibujo de la izquierda de la figura 6. De este dibujo de la derecha se puede observar que el anillo de presión 26 comprende un chaflán X de anillo de presión. El chaflán X de anillo de presión puede estar entre 0° y 15° , por ejemplo entre 0.5° y 5° o entre 0.5° y 2.5° , y puede por ejemplo ser 1° . Debido a la existencia del chaflán X del anillo de presión, el anillo de presión 26 puede tener un primer diámetro de contacto d_{c1} y un segundo diámetro de contacto d_{c2} por lo que d_{c1} es más pequeño que d_{c2} . La diferencia entre d_{c1} y d_{c2} se determina por el tamaño del chaflán del anillo de presión X.

[0063] En la forma de realización ilustrada en Fig. 5, el anillo de presión 26 está provisto en contacto directo con el engranaje del eje vecino, en la rueda de engranaje dada de ejemplo 23. Estando el anillo de presión 26 en contacto directo con la rueda de engranaje 23 se pretende que ninguna otra parte esté presente entre el anillo de presión 26 y la rueda de engranaje 23.

[0064] No obstante, según otras formas de realización de la invención, el anillo de presión 26 se puede proporcionar en contacto indirecto con la rueda de engranaje 23. Estando el anillo de presión 26 en contacto indirecto con la rueda de engranaje 23 se pretende que no haya una parte adicional, tal como por ejemplo un anillo de desgaste, presente entre el anillo de presión 26 y la rueda de engranaje 23. Según formas de realización de la invención, el anillo de desgaste 28 puede, por ejemplo, tener un diámetro exterior D_w de entre $0.8 \times d_o$ y $1.4 \times d_o$, con

$$d_o = z m_n,$$

donde z es el número de dientes y m_n el módulo normal.

[0065] De ahora en adelante, se describirán algunos ejemplos de aplicaciones de unidades de engranaje paralelos 20 según formas de realización de la invención. Ha de ser entendido que esto es sólo a modo de un ejemplo y con motivo de ilustración y no está destinado a limitar la invención de ninguna manera.

[0066] En Fig. 7 el eje de baja velocidad 21 se soporta por cojinetes de rodillos cónicos 24a y el eje de marcha rápida 22 se soportan por cojinetes deslizantes 24b. Ninguna leva de presión 26 está presente.

[0067] Fig. 8 ilustra una puesta en práctica similar a la de la Fig. 7. El eje de baja velocidad 21 es soportado por

cojinetes de rodillos cónicos 24a y el eje de marcha rápida 22 es soportado por cojinetes deslizantes 24b. La diferencia entre el ejemplo presente y el ejemplo de la Fig. 7 es que en el ejemplo presente se prevé un anillo de presión 26 en el eje de marcha rápida 22. El anillo de presión 26 está en contacto directo con la rueda de engranaje 23. En este ejemplo, los cojinetes de rodillos cónicos 24a se localizan en posición X.

[0068] En la Fig. 9 el eje de baja velocidad 21 es soportado por cojinetes de rodillos cilíndricos 24a y el eje de marcha rápida 22 es soportado por cojinetes deslizantes 24b. En el presente ejemplo, los cojinetes de rodillos cilíndricos 24a en el bajo eje de velocidad 21 se proveen en una configuración X. Se prevé un anillo de presión 26 en el eje de marcha rápida 22. El anillo de presión 26 está en contacto directo con la rueda de engranaje 23.

[0069] En la Fig. 10 el eje de baja velocidad 21 es soportado por cojinetes de rodillos cónicos 24a y el eje de marcha rápida 22 es soportado por cojinetes deslizantes 24b. La diferencia con la Fig. 8 es que en el presente ejemplo los cojinetes de rodillos cónicos 24a se localizan en posición O. Se prevé un anillo de presión 26 en el eje de marcha rápida 21. El anillo de presión 26 está en contacto directo con el piñón 25.

[0070] En Fig. 11 el bajo eje de velocidad 21 es, de forma similar a la Fig. 8, es soportado por cojinetes de rodillos cónicos 24a en posición X y el eje de marcha rápida 22 es soportado por cojinetes deslizantes 24b. Se prevé un anillo de presión 26 en el eje de baja velocidad 21. El anillo de presión 26 está en contacto directo con el piñón 25.

[0071] Ha de ser entendido que en los ejemplos anteriores, el eje de baja velocidad 21 puede ser soportado por cualquier tipo de cojinetes de rodillos 24a como se ha descrito anteriormente. Además, cualquier combinación de cojinetes de rodillos 24a en el eje de baja velocidad 21 y cojinetes deslizantes 24b en el eje de marcha rápida 22 se puede combinar con un anillo de presión 26 proporcionado en el engranaje 23 en el eje de baja velocidad 21 o con un anillo de presión 26 proporcionado en el engranaje 25 en el eje de marcha rápida 22. Además, cualquier combinación de este tipo se puede combinar con la presencia opcional de un anillo de desgaste 28 entre el engranaje 23, 25 y el anillo de presión 26.

[0072] Tiene que ser entendido además que en los ejemplos anteriores el primer eje fue designado como eje de baja velocidad 21. Como se ha mencionado anteriormente, según formas de realización de la invención el primer eje 21 puede ser puesto en práctica también como eje intermedio de la unidad de engranaje paralelo 20.

[0073] En un segundo aspecto, la presente invención proporciona una caja de engranajes 30 para una turbina eólica multi-megavatio. La

caja de engranajes 30 comprende al menos una unidad de engranaje planetario 31 y una unidad de engranaje paralelo 20. La unidad de engranaje paralelo 20 comprende al menos un bajo eje de velocidad 21 y un eje de marcha rápida 22, comprendiendo cada eje 21, 22 un engranaje 23, 25 con dientes helicoidales, siendo adaptados los engranajes 23, 25 de cada eje 21, 22 para engranar entre sí. El eje de baja velocidad 21 es soportado de forma giratoria por cojinetes de rodillos 24a y el eje de marcha rápida 22 es soportado de forma giratoria por cojinetes deslizantes 24b. La unidad de engranaje paralelo 20 en la caja de engranajes 30 según formas de realización de la invención se puede poner en práctica de todas las formas que han sido descritas anteriormente con respecto al primer aspecto de la invención.

[0074] Fig. 12 ilustra una caja de engranajes 30 según una primera forma de realización del segundo aspecto de la presente invención. La caja de engranajes 30 comprende un alojamiento 27, una unidad de engranaje planetario 31 y una unidad de engranaje paralelo de dos etapas 20. La unidad de engranaje planetario 31 comprende un portador planetario 32 que soporta una pluralidad de engranajes planetarios 33. Los engranajes planetarios 33 engranan con un engranaje planetario 34 y un engranaje anular 35. Según la primera forma de realización, la unidad de engranaje paralelo de dos etapas 20 comprende un eje de baja velocidad 21, un eje intermedio 36 y un eje de marcha rápida 22. El eje de baja velocidad 21 y el eje intermedio 36 son soportados de forma giratoria por cojinete de rodillos 24a. El eje de marcha rápida 22 es soportado de forma giratoria por cojinetes de deslizamiento 24b.

[0075] Según formas de realización de la invención, se puede proporcionar un anillo de presión 26 en al menos uno de los ejes 21, 22, 36 de la unidad de engranaje paralelo 20. Fig. 13 ilustra un ejemplo de una caja de engranajes 30 donde en la unidad de engranaje paralelo 20 se prevé un anillo de presión 26 en el eje de marcha rápida 22.

[0076] Según todavía otra forma de realización de la invención, un anillo de desgaste 28 podría estar presente entre el anillo de presión 26 y el engranaje 23, 25 del eje vecino.

[0077] Además, la unidad de engranaje paralelo 20 en la caja de engranajes 30 ilustrada en Fig. 12 o Fig. 13 puede ser cualquier unidad de engranaje paralelo 20 como se describe en las formas de realización del primer aspecto de esta invención.

[0078] Fig. 14 ilustra una caja de engranajes 30 según una segunda forma de realización del segundo aspecto de la presente invención. La caja de engranajes 30 comprende dos unidades de engranaje planetario 31 a y 31b y una unidad de engranaje paralelo de una etapa 20. Cada una de las unidades de engranaje planetario 31 a, 31 b comprende las mismas partes descritas para la unidad de engranaje planetario 31 en la primera forma de

realización. La unidad de engranaje paralelo 20 comprende un eje de baja velocidad 21 y un eje de marcha rápida 22. El eje de baja velocidad 21 es soportado de forma giratoria por cojinetes de rodillos 24a y el eje de marcha rápida 22 es soportado de forma giratoria por cojinetes deslizantes 24b.

- 5 [0079] Se prevé un anillo de presión 26 en el eje de marcha rápida 22. Según otras formas de realización, no obstante, el anillo de presión 26 podría también ser proporcionado en el eje de baja velocidad 21. Según otras formas de realización de la invención, el anillo de presión 26 puede ser omitido. O, para todavía otras formas de realización, un anillo de desgaste 28 podría estar presente entre el anillo de presión 26 y el engranaje 23, 25 del eje vecino.
- 10 [0080] Nuevamente, ha a ser entendido que la unidad de engranaje paralelo 20 en la caja de engranajes 30 ilustrada en Fig. 14 puede ser cualquier unidad de engranaje paralelo 20 como se describe en las formas de realización del primer aspecto de esta invención.
- 15 [0081] En un tercer aspecto, la presente invención también proporciona una turbina eólica comprendiendo una caja de engranajes 30 según formas de realización de la invención. Preferiblemente, la turbina eólica puede ser una turbina eólica multi-megavatio. Por turbina eólica multi-megavatio se entiende una turbina eólica que sea capaz de generar más que 1 megavatio de electricidad. La caja de engranajes 30 puede comprender al menos una unidad de engranaje planetario 31 y una unidad de engranaje paralelo 20. La unidad de engranaje paralelo 20 comprende al menos un eje de baja velocidad 21 y un eje de marcha rápida 22, comprendiendo cada eje 21, 22 un engranaje 23, 25 con dientes helicoidales, siendo adaptados los engranajes 23, 25 de cada eje 21, 22 para engranar entre sí. El eje de baja velocidad 21 es soportado de forma giratoria por cojinetes de rodillos 24a y el eje de marcha rápida 22 es soportado de forma giratoria por cojinetes deslizantes 24b.
- 20
- 25 [0082] Ha de ser entendido que la caja de engranajes 30 en la turbina eólica puede ser cualquier caja de engranajes 30 como se describe con respecto al segundo aspecto de esta invención, comprendiendo una unidad de engranaje paralelo 20 que puede ser cualquier unidad de engranaje paralelo 20 como se describe en las formas de realización del primer aspecto de esta invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Unidad de engranaje paralelo (20) para una caja de engranajes (30) para una turbina eólica, comprendiendo la unidad de engranaje paralelo (20) al menos un bajo eje de velocidad (21) y un eje de marcha rápida (22), comprendiendo cada eje (21, 22) un engranaje (23, 25) con dientes helicoidales, siendo adaptados los engranajes (23, 25) de cada eje (21, 22) para engranar entre sí, **caracterizada por que** el eje de baja velocidad (21) es soportado de forma giratoria por cojinetes de rodillos (24a) y el eje de marcha rápida (22) es soportado de forma giratoria por cojinetes deslizantes (24b).
- 10 2. Unidad de engranaje paralela (20) según la reivindicación 1, donde la unidad de engranaje paralela (20) comprende además un eje intermedio (36) entre el bajo eje de velocidad (21) y el eje de marcha rápida (22), siendo soportado el eje intermedio (36) de forma giratoria por cojinetes de rodillos (24a).
- 15 3. Unidad de engranaje paralelo (20) según la reivindicación 1 o 2, donde la unidad de engranaje paralelo (20) comprende además un anillo de presión (26) en al menos uno de los ejes (21, 22, 36), contactando así el anillo de presión (26) con el engranaje (23, 25) en un eje vecino.
- 20 4. Unidad de engranaje paralelo (20) según la reivindicación 3, donde el anillo de presión (26) es provisto en al menos el eje de marcha rápida (22) que es soportado por los cojinetes deslizantes (24b).
- 25 5. Unidad de engranaje paralelo (20) según la reivindicación 3 o 4, donde el anillo de presión (26) está en el contacto directo con el engranaje (23 o 25) en el eje vecino.
- 30 6. Unidad de engranaje paralelo (20) según la reivindicación 3 o 4, donde el anillo de presión (26) está en contacto indirecto con el engranaje (23, 25) en el eje vecino.
- 35 7. Unidad de engranaje paralelo (20) según la reivindicación 6, donde un anillo de desgaste (28) está presente entre el anillo de presión (26) y el engranaje (23, 25) en el eje vecino.
8. Unidad de engranaje paralelo (20) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde los cojinetes de rodillos (24a) se seleccionan a partir de cojinetes de rodillos cónicos, cojinetes de rodillos cilíndricos, cojinetes de rodillos esféricos o cojinetes de rodillos toroidales CARB.
9. Caja de engranajes (30) para una turbina eólica, comprendiendo la caja de engranajes (30) al menos una unidad de engranaje planetario (31) y una unidad de engranaje paralelo (20) según todas las reivindicaciones precedentes.
10. Turbina eólica comprendiendo una caja de engranajes (30) según la reivindicación 9.

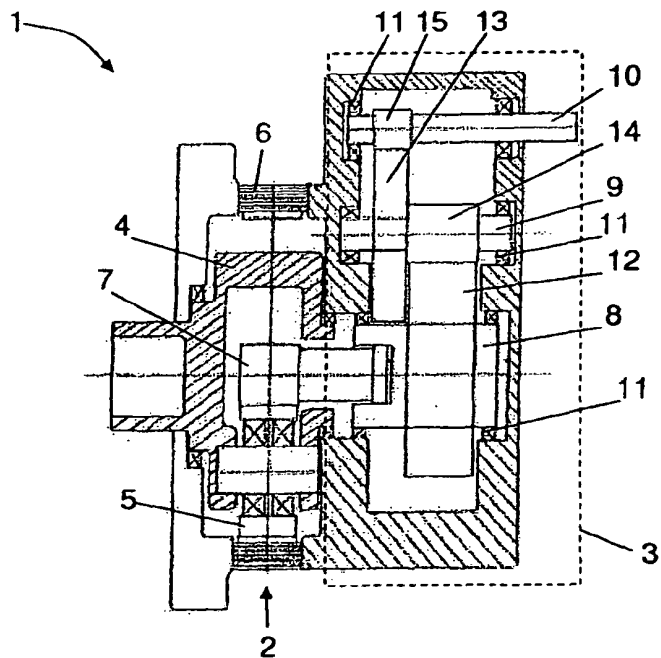


FIG. 1 - ESTADO DE LA TÉCNICA

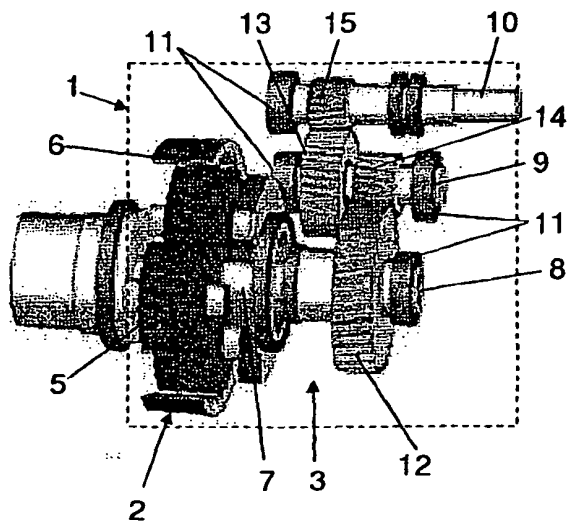


FIG. 2 - ESTADO DE LA TÉCNICA

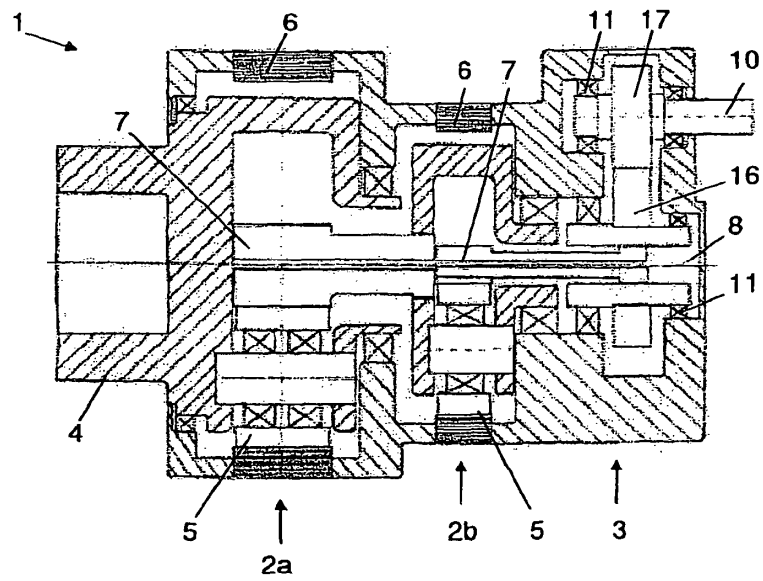


FIG. 3 - ESTADO DE LA TÉCNICA

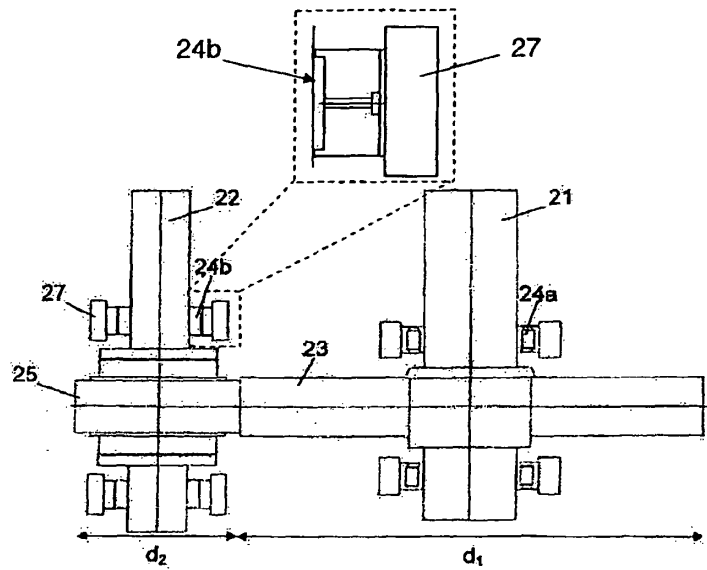


FIG. 4

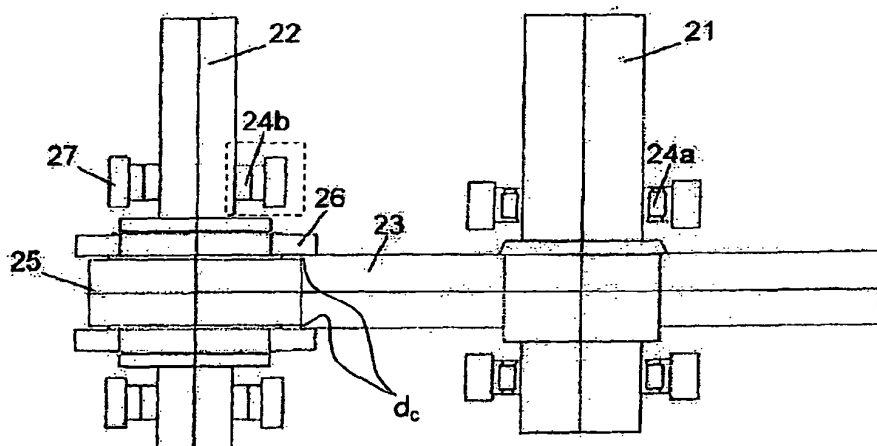


FIG. 5

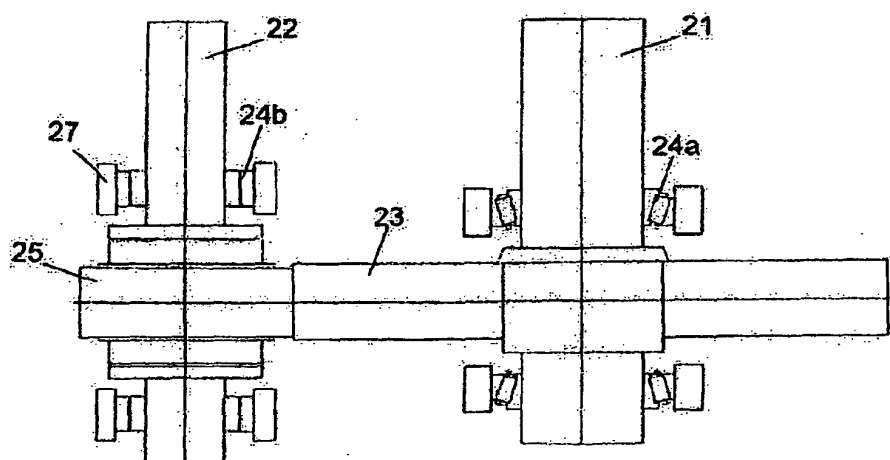


FIG. 7

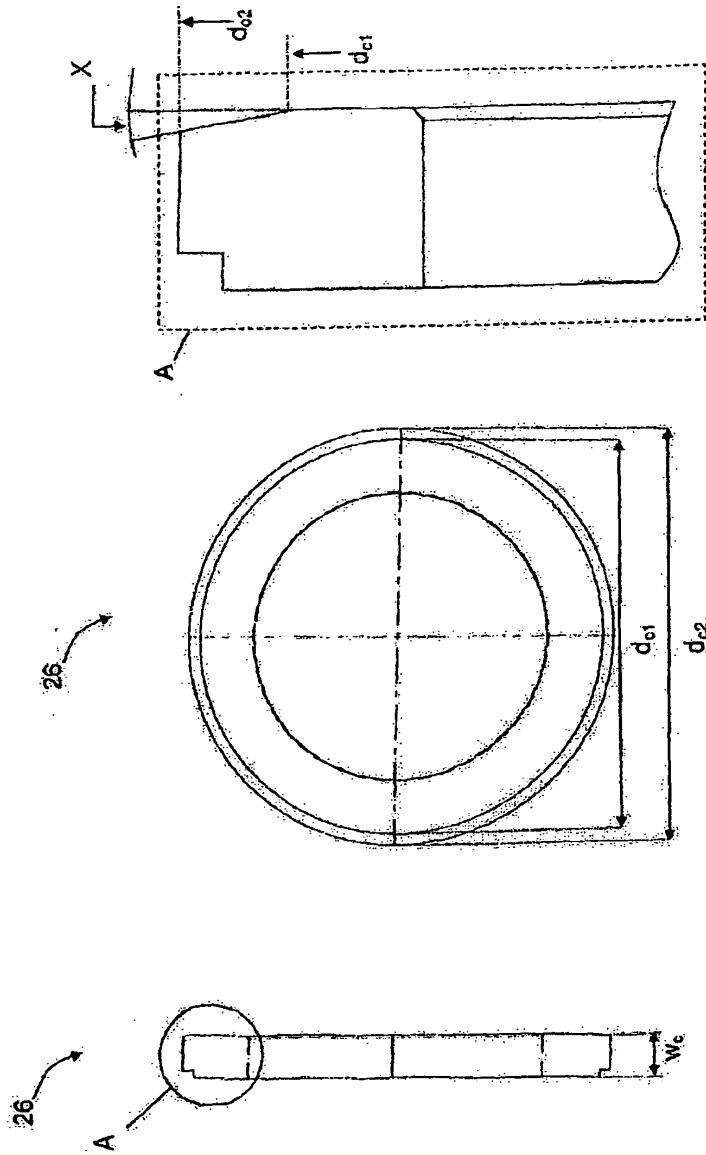


FIG. 6

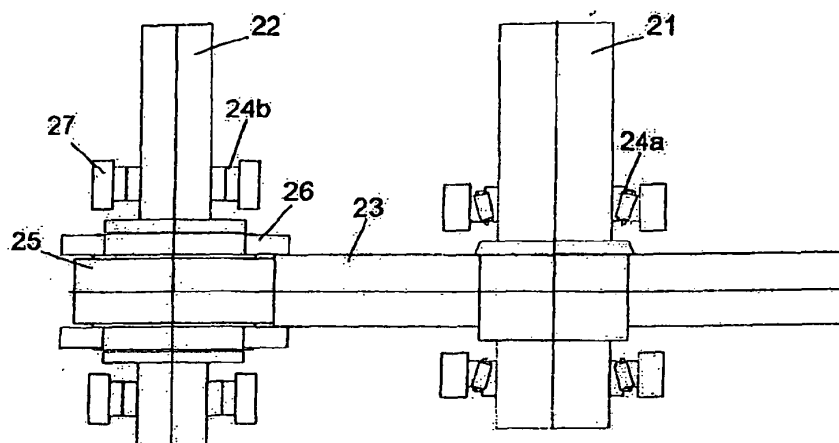


FIG. 8

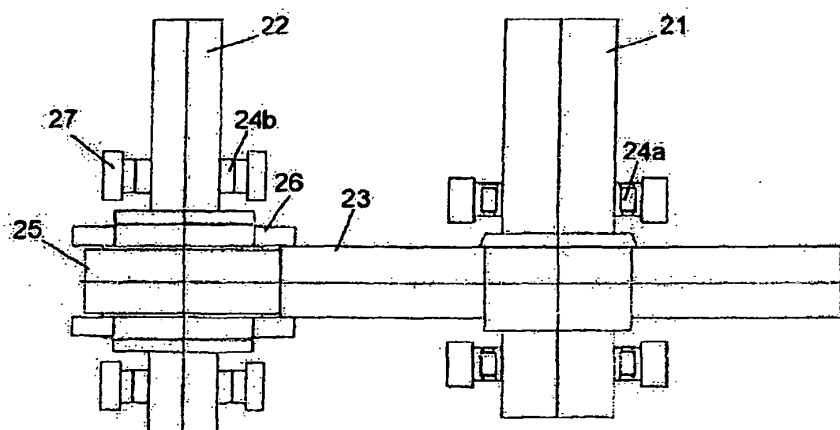


FIG. 9

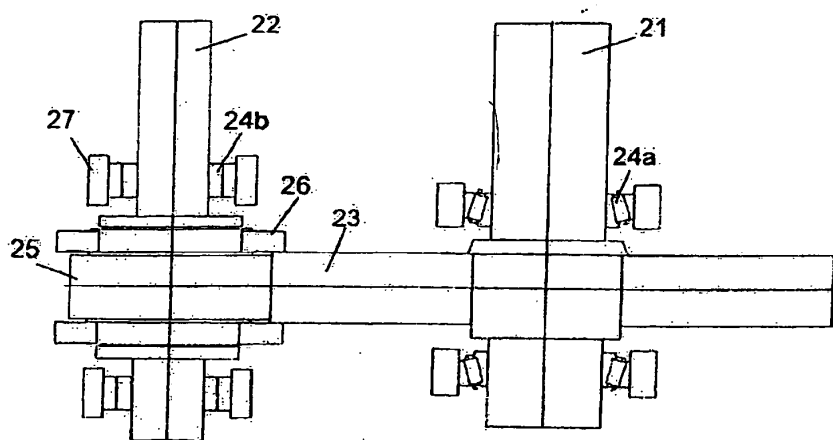


FIG. 10

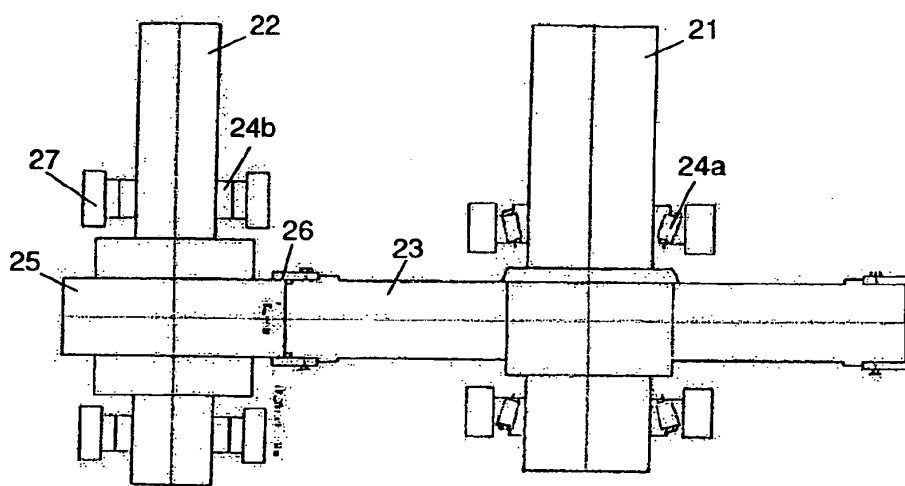


FIG. 11

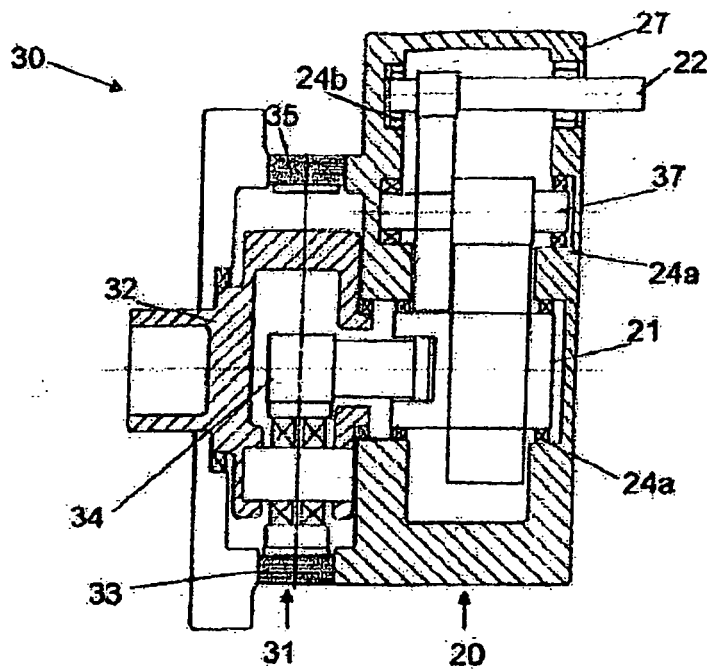


FIG. 12

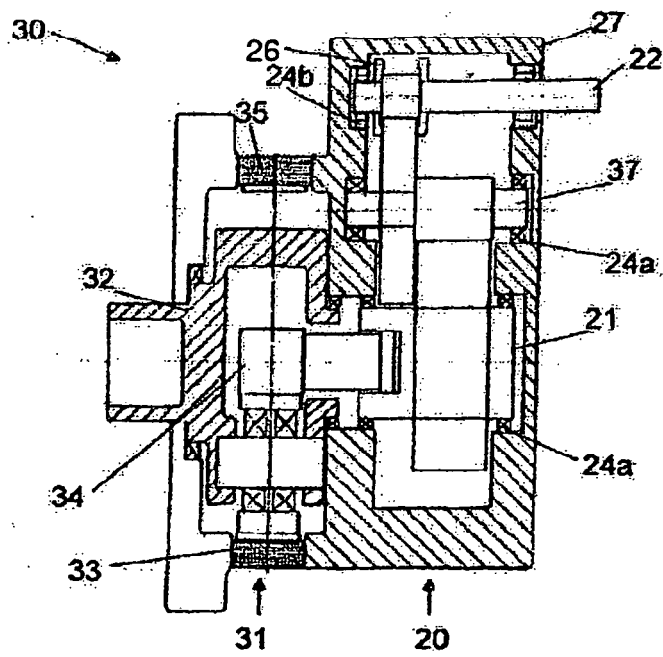


Fig. 13

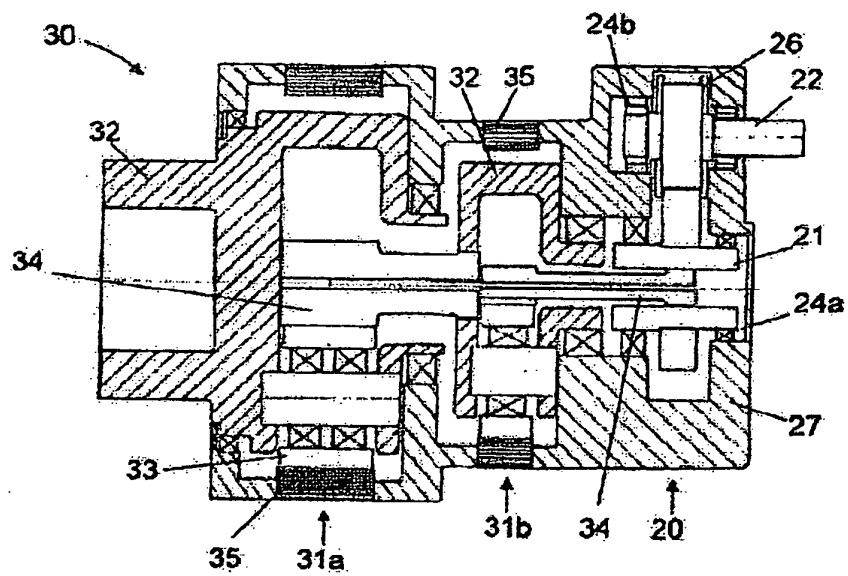


FIG. 14