

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 617 193**

51 Int. Cl.:

F16H 57/08 (2006.01)

F16C 17/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.04.2013 PCT/EP2013/057345**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.11.2013 WO2013167332**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.04.2013 E 13720260 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.11.2016 EP 2847497**

54 Título: **Etapas de engranaje planetario con rodamientos lisos como rodamientos planetarios y su utilización**

30 Prioridad:

08.05.2012 EP 12167088

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

15.06.2017

73 Titular/es:

**ZF WIND POWER ANTWERPEN NV (100.0%)
Gerard Mercatorstraat 40
3920 Lommel, BE**

72 Inventor/es:

**VAN DEN DONKER, MICHIEL;
BOGAERT, ROGER y
LEIMANN, DIRK**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 617 193 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 engranaje planetario con rodamientos lisos como rodamientos planetarios y su utilización

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una etapa de engranaje planetario para una multiplicadora para un aerogenerador. Más en concreto, la presente invención se refiere a una etapa de engranaje planetario que comprende rodamientos lisos para soportar de manera giratoria engranajes planetarios en la etapa de engranaje planetario.

Antecedentes de la invención

10 El mercado de los aerogeneradores está cambiando rápidamente hoy en día. Hay una demanda continua de aerogeneradores más grandes que puedan generar un mayor número de megavatios de electricidad, también conocidos como aerogeneradores multimegavatio. Al mismo tiempo, los requisitos para reducir el tamaño y el peso de las turbinas y sus componentes son cada vez más importantes.

15 El documento EP 0 156 067 de la técnica anterior más cercana describe: una etapa de engranaje planetario para una multiplicadora, comprendiendo la etapa de engranaje planetario una corona anular, un engranaje central y un portaplanetas para accionar al menos tres ejes planetarios en cada uno de los cuales se monta de manera giratoria al menos un engranaje planetario mediante un sistema de rodamientos lisos, teniendo los engranajes planetarios una superficie de contacto radial y una superficie de contacto axial, en el que el sistema de rodamientos lisos comprende:

20 - dos cojinetes teniendo cada uno de los dos cojinetes una forma de L en sección transversal y una superficie de contacto radial y una superficie de contacto axial, siendo montados los cojinetes fijos en forma de L para definir una forma de U en sección transversal y siendo bloqueados en una dirección axial en ambos lados exteriores por un tope, y por lo que al menos parte del engranaje planetario está situado dentro de la forma de U definida por los cojinetes fijos en forma de L.

25 En aerogeneradores, normalmente un rotor de aerogenerador acciona un eje de baja velocidad de una unidad de transmisión de engranaje o multiplicadora, que transforma el par y la velocidad del rotor en el par y la velocidad requeridos de un generador eléctrico. La creciente demanda de aerogeneradores multimegavatio supone un desafío sobre los nuevos diseños de componentes tales como multiplicadoras para tales aerogeneradores. Esto se debe a que el peso y el coste del aerogenerador deben mantenerse tan bajos como sea posible o al menos dentro de rangos aceptables, mientras que al mismo tiempo se tiene que asegurar que los componentes puedan soportar altas cargas de rotor generadas durante el funcionamiento del aerogenerador. Una forma de reducir el peso de los componentes de la multiplicadora es utilizando menos material y por tanto haciéndolos más delgados. Esto puede ofrecer algún tipo de flexibilidad a estos componentes. Esta flexibilidad puede aumentar la posibilidad de deformación durante el funcionamiento del aerogenerador. Esto se debe a que, durante tal funcionamiento, los aerogeneradores y especialmente los aerogeneradores multimegavatio, crean altas fuerzas dinámicas y variaciones de velocidad en la multiplicadora. Debido a ello, las cargas y velocidades durante el funcionamiento de la multiplicadora pueden diferir de las cargas y velocidades de diseño, es decir, de las cargas y velocidades previstas durante el diseño de la multiplicadora, e incluso pueden producirse cargas inversas. Debido a estas altas fuerzas y cargas específicas en multiplicadoras para aerogeneradores y a los requisitos con respecto al peso de la multiplicadora como se ha descrito anteriormente, al hacer el diseño de la multiplicadora, debe tenerse en cuenta la posibilidad de deformaciones potencialmente grandes de, por ejemplo, los engranajes planetarios.

En los diseños de la técnica anterior, los rodamientos de rodillos han tenido principalmente la función de soportar los engranajes planetarios. Sin embargo, actualmente también se ha estudiado el uso de rodamientos lisos como rodamientos planetarios.

45 En el documento EP 2383480 se describe una unidad de engranaje planetario para un aerogenerador. La unidad de engranaje planetario comprende un engranaje central, una corona anular y un portaplanetas, en la que una pluralidad de engranajes planetarios están montados sobre ejes planetarios. La unidad de engranaje planetario comprende además una pluralidad de rodamientos lisos radiales y axiales para soportar los engranajes planetarios. Cada rodamiento liso radial comprende un cojinete formado de un material de rodamiento liso que está montado como un anillo interior en el eje planetario o como un anillo exterior en un diámetro interno de un engranaje planetario, por lo que un anillo exterior o anillo interior correspondiente es formado respectivamente por el diámetro interno de los engranajes planetarios o por el eje planetario. Cada rodamiento liso axial comprende un primer elemento de rodamiento formado por un material de rodamiento liso que está dispuesto sobre una superficie de contacto entre una pared de portaplanetas y un lado frontal de un engranaje planetario, ya sea en la pared de portaplanetas o en el lado frontal del engranaje planetario, y por lo que un segundo elemento de rodamiento correspondiente es formado respectivamente por el lado frontal del engranaje planetario o por la pared de portaplanetas.

El sistema de rodamientos lisos descrito en el documento EP 2383480 está limitado a ser utilizado con un portaplanetas tipo jaula en el que los engranajes planetarios están situados entre dos paredes del portaplanetas y en el que estas paredes soportan los ejes planetarios a cada lado de los engranajes planetarios.

- 5 Además, cuando se utilizan rodamientos lisos para soportar engranajes planetarios, las deformaciones de los engranajes planetarios, como se ha descrito anteriormente, pueden resultar desventajosas para estos sistemas de rodamientos. El rodamiento liso puede desgastarse localmente, lo que puede reducir su eficacia e incluso puede derivar en fallo del rodamiento.

Breve descripción de la invención

- 10 La presente invención proporciona una etapa de engranaje planetario para una multiplicadora. La etapa de engranaje planetario comprende un engranaje central, una corona anular y un portaplanetas para accionar al menos tres ejes planetarios, en cada uno de los cuales se monta de manera giratoria al menos un engranaje planetario mediante un sistema de rodamientos lisos, teniendo los engranajes planetarios una superficie de contacto radial y una superficie de contacto axial. El sistema de rodamientos lisos comprende dos cojinetes conectados de manera fija al eje planetario, teniendo cada uno de los dos cojinetes fijos una forma de L en sección transversal y una superficie de contacto radial y una superficie de contacto axial, siendo montados los cojinetes en forma de L para definir una forma de U en sección transversal y siendo bloqueados en una dirección axial en ambos lados exteriores mediante un tope. De acuerdo con realizaciones de la invención, el tope puede estar formado por una parte del portaplanetas y / o una parte del eje planetario y / o un mecanismo de bloqueo independiente tal como, por ejemplo, una placa de bloqueo, un circlips o una tuerca. Al menos parte del engranaje planetario está situado dentro de la forma de U definida por los cojinetes en forma de L. El sistema de rodamientos lisos comprende además un soporte de deslizamiento radial dispuesto entre la superficie de contacto radial de los cojinetes fijos en forma de L y la superficie de contacto radial del engranaje planetario, y un soporte de deslizamiento axial dispuesto entre la superficie de contacto axial de los cojinetes fijos en forma de L y la superficie de contacto axial de los engranajes planetarios.

- 25 Una etapa de engranaje planetario de acuerdo con realizaciones de la invención puede usarse con todo tipo de portaplanetas, tales como por ejemplo un portaplanetas de brida única, un portaplanetas de doble brida y un portaplanetas con una placa de soporte, por ejemplo una placa bogie.

- 30 Además, en una etapa de engranaje planetario de acuerdo con realizaciones de la presente invención, el sistema de rodamientos lisos se puede usar con cualquier tamaño de engranaje planetario, ya que puede adaptarse fácilmente el tamaño de los lados de los cojinetes en forma de L que han de ser conectados para definir la forma de U, por ejemplo mediante rectificado, o puede colocarse un separador o un cojinete adicional entre los cojinetes en forma de L.

- 35 Además, debido a que el sistema de rodamientos lisos comprende dos cojinetes en forma de L, puede adaptarse más fácilmente a las deformaciones del engranaje planetario que pueden ocurrir durante el funcionamiento de la multiplicadora en la que está montada la etapa de engranaje planetario, lo que deriva en un menor desgaste y así en una vida útil más larga del sistema de rodamientos lisos.

Según las realizaciones de la invención, el ángulo de la superficie de contacto de las superficies de contacto axiales de los cojinetes fijos en forma de L y el engranaje planetario puede oscilar entre $-2,5^\circ$ y $+2,5^\circ$, por ejemplo entre $+0,2^\circ$ y $+2,5^\circ$, o entre $+0,5^\circ$ y $+1,5^\circ$.

- 40 Los cojinetes en forma de L tienen una anchura y el eje planetario tiene un diámetro y la relación entre la anchura de los cojinetes en forma de L y el diámetro del eje planetario puede ser, según realizaciones de la invención, igual o mayor de 0.3, y puede ser, de acuerdo aún con otras realizaciones, por ejemplo, igual o mayor de 0.5.

Los cojinetes en forma de L pueden ser fijos frente a la rotación con respecto al eje planetario, mediante un elemento de posicionamiento, tal como por ejemplo una chaveta prevista en un chavetero en el eje planetario.

- 45 Según realizaciones de la invención, los dos cojinetes fijos en forma de L pueden estar conectados de manera fija entre sí.

Según otras realizaciones de la invención, el sistema de rodamientos lisos puede comprender además un separador entre los dos cojinetes fijos en forma de L.

- 50 De acuerdo aún con otras realizaciones, el sistema de rodamientos lisos puede comprender además al menos otro cojinete entre los dos cojinetes fijos en forma de L. Según realizaciones de la invención, al menos algunos de los cojinetes en forma de L y los cojinetes entre los cojinetes en forma de L pueden estar conectados de manera fija entre sí. De acuerdo con otras realizaciones de la invención, entre un cojinete fijo en forma de L y un cojinete adyacente y / o entre otros dos cojinetes adyacentes, puede estar presente un separador.

Según las realizaciones de la invención, el soporte de deslizamiento radial puede comprender un revestimiento de material de rodamiento liso dispuesto sobre la superficie de contacto radial de los cojinetes fijos en forma de L y / o sobre la superficie de contacto radial del engranaje planetario.

5 De acuerdo con otras realizaciones de la invención, el soporte de deslizamiento radial puede comprender un cojinete plano radial, tal como por ejemplo un cojinete de rotación libre. Según las realizaciones de la invención, el al menos un cojinete de rotación libre puede estar formado de un material de rodamiento liso o puede estar formado de acero o de acero recubierto con un material de rodamiento liso.

10 Según otras realizaciones de la invención, el soporte de deslizamiento axial puede comprender un revestimiento de material de rodamiento liso dispuesto sobre la superficie de contacto axial de los rodamientos fijos en forma de L y / o sobre la superficie de contacto axial de los engranajes planetarios.

15 El portaplanetas puede ser un portaplanetas de doble brida. Un portaplanetas de doble brida puede denominarse también portaplanetas de tipo jaula. En un portaplanetas de tipo jaula o de doble brida, el portaplanetas tiene dos paredes entre las cuales se sitúan los engranajes planetarios y donde estas paredes soportan los ejes planetarios a cada lado de los engranajes planetarios. De acuerdo con tales realizaciones, los topes para bloquear los cojinetes fijos en forma de L en dirección axial pueden estar formados en un lado externo por un tope del portaplanetas y en el otro lado exterior por un collarín del eje planetario.

20 Según otras realizaciones, el portaplanetas puede ser un portaplanetas de brida única. En tal caso, el eje planetario puede estar formado íntegramente con el portaplanetas. En el caso de un portaplanetas de brida única, los topes para bloquear los cojinetes fijos en forma de L en dirección axial pueden estar formados por un tope del portaplanetas y en el otro lado por un mecanismo de bloqueo, tal como por ejemplo un anillo de retención, una placa de bloqueo o una tuerca.

25 De acuerdo aún con otras realizaciones, el portaplanetas puede comprender una placa de soporte. La placa de soporte puede ser, por ejemplo, una placa bogie. En estos casos, los topes para bloquear los cojinetes fijos en forma de L en dirección axial pueden estar formados en ambos lados exteriores por un mecanismo de bloqueo, tal como por ejemplo un anillo de retención, una placa de bloqueo o una tuerca.

Según realizaciones de la invención, en un eje planetario, uno, dos o más de dos engranajes planetarios pueden ser montados de manera giratoria. En el caso de que se proporcione más de un engranaje planetario en un mismo eje planetario, cada uno de los engranajes planetarios es soportado por su propio sistema de rodamientos lisos.

30 La presente invención proporciona además el uso de una etapa de engranaje planetario de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en una multiplicadora para un aerogenerador.

La presente invención también proporciona una multiplicadora para un aerogenerador. La multiplicadora comprende al menos una etapa de engranaje planetario según realizaciones de la invención. Según realizaciones de la invención, la multiplicadora puede comprender además una etapa de engranaje paralela.

Breve descripción de los dibujos

35 Debe observarse que los mismos signos de referencia en las diferentes figuras se refieren a elementos iguales, similares o análogos.

La figura 1 ilustra esquemáticamente una multiplicadora para un aerogenerador tal como conoce un experto en la técnica.

40 La figura 2 ilustra esquemáticamente diferentes implementaciones de sistemas de rodamientos para ser usadas con una etapa de engranaje planetario de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

Las figuras 3 y 4 ilustran respectivamente y esquemáticamente los cojinetes en forma de L y su montaje para definir una forma de U.

Las figuras 5 a 17 ilustran esquemáticamente diferentes implementaciones de sistemas de rodamientos para utilizar con una etapa de engranaje planetario según realizaciones de la presente invención.

45 La figura 18 ilustra una multiplicadora que comprende una etapa de engranaje planetario de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción de realizaciones ilustrativas

En la descripción, se usarán diferentes realizaciones para describir la invención. Por tanto, se hará referencia a diferentes dibujos. Debe entenderse que estos dibujos no están destinados a ser limitativos, la invención sólo está

limitada por las reivindicaciones. Los dibujos, por tanto, tienen fines ilustrativos, el tamaño de algunos de los elementos de los dibujos puede ser exagerado con fines de claridad.

5 El término "que comprende" no debe interpretarse de ninguna manera como una limitación de la invención. No se pretende que el término "que comprende", usado en las reivindicaciones esté restringido a lo que se describe a partir de ahora; no excluye otros elementos, partes o pasos.

10 El término "conectado" tal como se utiliza en las reivindicaciones y en la descripción no debe interpretarse como restringido a conexiones directas, a menos que se especifique lo contrario. Por tanto, la parte A que está conectada a la parte B no está limitada a la parte A que está en contacto directo con la parte B, sino que también incluye contacto indirecto entre la parte A y la parte B, es decir, también incluye el caso en el que partes intermedias están presentes entre la parte A y la parte B.

No todas las realizaciones de la invención comprenden todas las características de la invención. En la siguiente descripción y reivindicaciones, se puede utilizar cualquiera de las realizaciones reivindicadas en cualquier combinación.

15 La presente invención proporciona una etapa de engranaje planetario para una multiplicadora. La etapa de engranaje planetario comprende un engranaje central, una corona anular y un portaplanetas para accionar al menos tres ejes planetarios, en cada uno de los cuales se monta de manera giratoria al menos un engranaje planetario mediante un sistema de rodamientos lisos, teniendo los engranajes planetarios una superficie de contacto radial y una superficie de contacto axial. En el caso de que se proporcione más de un engranaje planetario en un mismo eje planetario, cada uno de los engranajes planetarios es soportado por su propio sistema de rodamientos lisos. El sistema de rodamientos lisos comprende:

20 - dos cojinetes conectados de manera fija al eje planetario, teniendo cada uno de los dos cojinetes fijos una forma de L en sección transversal y una superficie de contacto radial y una superficie de contacto axial, siendo montados los cojinetes en forma de L para definir una forma de U en sección transversal y siendo bloqueados en ambos lados exteriores mediante un tope, y por lo que al menos parte del engranaje planetario está situado dentro de la forma de U definida por los cojinetes en forma de L,

25 - un soporte de deslizamiento radial dispuesto entre la superficie de contacto radial de los cojinetes fijos en forma de L y la superficie de contacto radial del engranaje planetario, y

- un soporte de deslizamiento axial dispuesto entre la superficie de contacto axial de los cojinetes fijos en forma de L y la superficie de contacto axial del engranaje planetario.

30 De acuerdo con realizaciones de la invención, el tope para bloquear los cojinetes en forma de L montados puede estar formado por una parte del portaplanetas y / o una parte del eje planetario y / o un mecanismo de bloqueo independiente tal como por ejemplo, aunque no limitado a, una placa de bloqueo, un anillo de retención o una tuerca.

35 Debe tenerse en cuenta que los rodamientos lisos también pueden denominarse chumaceras, rodamientos hidrodinámicos o rodamientos deslizantes.

La etapa de engranaje planetario para una multiplicadora de acuerdo con realizaciones de la invención está destinada a ser utilizada en una multiplicadora para un aerogenerador.

40 Una etapa de engranaje planetario de acuerdo con realizaciones de la invención puede usarse con todos los tipos de portaplanetas, tales como por ejemplo un portaplanetas de brida única, un portaplanetas de doble brida y un portaplanetas con una placa de soporte, por ejemplo una placa bogie.

45 Además, en una etapa de engranaje planetario de acuerdo con realizaciones de la presente invención, el sistema de rodamientos lisos se puede usar con cualquier tamaño de engranajes planetarios, ya que puede adaptarse fácilmente el tamaño de los lados de los cojinetes en forma de L que han de ser conectados para definir la forma de U, por ejemplo mediante rectificado, o puede colocarse un separador o un cojinete adicional entre los cojinetes en forma de L.

Además, debido a que el sistema de rodamientos lisos comprende dos cojinetes en forma de L, puede adaptarse más fácilmente a las deformaciones del engranaje planetario que pueden ocurrir durante el funcionamiento de la multiplicadora en la que está montada la etapa de engranaje planetario, lo que deriva en un menor desgaste y así en una vida útil más larga del sistema de rodamientos lisos.

50 La presente invención se describirá a continuación mediante diferentes realizaciones. Debe entenderse que estas realizaciones son sólo para facilitar la comprensión de la invención y no pretenden limitar la invención de ninguna manera.

La figura 1 ilustra un ejemplo de una multiplicadora 1. La multiplicadora 1 comprende una primera etapa de engranaje planetario 2a, una segunda etapa de engranaje planetario 2b y una etapa de engranaje paralela 3. Las etapas planetarias primera y segunda 2a, 2b comprenden un portaplanetas 4 y una pluralidad de engranajes planetarios 5 que están montados cada uno de manera giratoria sobre un eje planetario 6 por medio de un sistema de rodamientos planetarios 7. Según realizaciones de la invención, el sistema de rodamientos planetarios 7 está formado por un sistema de rodamientos lisos 7. Las etapas de engranaje planetario 2a, 2b comprenden además una corona anular 8 y un engranaje central 9. En el ejemplo dado, la etapa de engranaje paralela 3 comprende un eje de baja velocidad 10 y un eje de alta velocidad 11.

Debe entenderse que la figura 1 es sólo para facilitar la explicación y no pretende limitar la invención de ninguna manera. Una etapa de engranaje planetario 2 de acuerdo con realizaciones de la invención puede ser usada en cualquier tipo de multiplicadora conocida por un experto en la técnica. Por ejemplo, la multiplicadora 1 también puede comprender una única etapa de engranaje planetario 2 o la etapa de engranaje paralela 3 puede comprender, además de un eje de baja velocidad 10 y un eje de alta velocidad 11, también un eje intermedio.

La presente invención se refiere a la etapa de engranaje planetario 2. Más en concreto, la presente invención se refiere a un concepto para montar de manera giratoria engranajes planetarios 5 en su eje planetario 6 mediante un sistema de rodamientos lisos 7. La figura 2 ilustra una primera realización de un sistema de rodamientos lisos 7 según realizaciones de la invención. El sistema de rodamientos lisos 7 comprende dos cojinetes 12 conectados de manera fija al eje planetario 6. Cada cojinete fijo 12 tiene, en sección transversal, una forma en L. En la descripción adicional y en las reivindicaciones, estos cojinetes 12 se denominarán cojinetes fijos en forma de L 12. La figura 3 ilustra esquemáticamente y aclara qué se entiende por cojinetes en forma de L. De hecho, los cojinetes 12 utilizados en un sistema de rodamientos de acuerdo con realizaciones de la presente invención son cojinetes embridados 12, es decir, un cojinete que tiene una brida 12a en un lado. Esto se ilustra en la figura 3 (a) que muestra una sección transversal del cojinete embridado 12. Cuando se considere sólo la mitad superior o sólo la mitad inferior de esta sección transversal (ver figura 3 (b)), este cojinete embridado 12 tiene forma de L. Por tanto, siempre que en la descripción adicional y / o en las reivindicaciones se haga referencia a un cojinete en forma de L, se entiende un cojinete embridado como se ilustra en la figura 3 (a).

Cada uno de los cojinetes fijos en forma de L 12 tiene una superficie de contacto radial 13 y una superficie de contacto axial 14. Los cojinetes fijos en forma de L 12 se montan para definir, en sección transversal, una forma de U. Esto se ilustra esquemáticamente y se aclara en la figura 4. Los cojinetes embridados 12 están montados juntos en un lado opuesto al lado que tiene la brida 12a, como se puede ver en la figura 4 (a). Es decir, los cojinetes embridados 12 están montados de manera que sus bridas 12a se encuentran situadas lo más lejos posible entre sí. Cuando se considere sólo la mitad superior o sólo la mitad inferior de esta sección transversal (ver figura 4 (b)), los cojinetes en forma de L 12 están montados juntos para definir una forma de U. Por tanto, siempre que en la descripción adicional y / o en las reivindicaciones se haga referencia a los cojinetes en forma de L 12 montados juntos para definir una forma de U, se entiende el diseño ilustrado en la figura 4 (a).

En el ejemplo dado, el portaplanetas 4 es un portaplanetas de tipo jaula, también denominado portaplanetas de doble brida. Este portaplanetas de tipo jaula tiene dos paredes 4a, 4b. Los engranajes planetarios 5 se colocan entre estas dos paredes 4a, 4b que a su vez soportan los ejes planetarios 6 a cada lado de los engranajes planetarios 5. En el ejemplo dado, el tope para bloquear los cojinetes en forma de L 12 está formado en un lado exterior por un tope 15 del portaplanetas 4 y en el otro lado exterior por un collarín 16 del eje planetario 6.

Al menos una parte del engranaje planetario 5 se encuentra situado dentro de la forma de U definida por los cojinetes fijos en forma de L 12. En el ejemplo dado en la figura 2, la forma del engranaje planetario 5 es tal que sólo una parte del engranaje planetario 5 se encuentra dentro de la forma de U definida por los cojinetes fijos en forma de L 12. De acuerdo con este ejemplo, el engranaje planetario 5 tiene una parte más pequeña y una parte más amplia, estando situada la parte más pequeña dentro de la forma de U definida por los cojinetes fijos en forma de L 12. Una ventaja de esto es que todavía puede utilizarse todo el ancho del engranaje planetario 5, mientras que el portaplanetas 4 se puede hacer más pequeño que en caso de que el engranaje planetario tenga una anchura igual a la parte más ancha del engranaje planetario 5, como se ilustra en la figura 2 y el rodamiento tendría que ser diseñado alrededor del engranaje planetario. Cuando el portaplanetas 4 se puede hacer de menor tamaño, es menos propenso a deformaciones, lo que resulta muy ventajoso para el sistema de rodamientos lisos en lo que se refiere al desgaste y de ese modo al tiempo de la vida útil.

Cada uno de los cojinetes en forma de L 12 tiene una anchura W y el eje planetario 6 tiene un diámetro d (en los dibujos solamente se muestra $d/2$). De acuerdo con realizaciones de la invención, la relación entre la anchura W de los cojinetes en forma de L 12 y el diámetro d del eje planetario 6 puede ser igual o mayor que 0.3, o dicho de otra forma $W/d \geq 0.3$. Por ejemplo, la relación entre la anchura W de los cojinetes en forma de L 12 y el diámetro d del eje planetario 6 puede ser igual o mayor que 0.5 o dicho de otra forma $W/d \geq 0.5$.

El sistema de rodamientos lisos 7 comprende además un soporte de deslizamiento radial 17 entre la superficie de contacto radial 13 de los cojinetes fijos en forma de L 12 y una superficie de contacto radial 18 del engranaje

planetario 5 y un soporte de deslizamiento axial 19 entre la superficie de contacto axial 14 de los cojinetes fijos en forma de L 12 y una superficie de contacto axial 20 del engranaje planetario 5.

En el ejemplo dado, el soporte de deslizamiento radial 17 puede estar formado por un revestimiento 17 de un material de rodamiento liso previsto tanto en la superficie de contacto radial 13 de cada uno de los cojinetes fijos en forma de L 12 como en la superficie de contacto radial 18 del engranaje planetario 5. Sin embargo, de acuerdo con otras realizaciones de la invención, aunque no mostrado en los dibujos, se puede proporcionar un material de rodamiento liso 17 sólo en una de la superficie de contacto radial 13 de los cojinetes fijos en forma de L 12 o la superficie de contacto radial 18 del engranaje planetario 5.

De acuerdo con otras realizaciones, y tal como se ilustra en la figura 5, el soporte de deslizamiento radial 17 puede estar formado por un cojinete liso radial 17, más en concreto por un cojinete liso radial 17. De acuerdo con realizaciones de la invención, el cojinete liso radial 17 puede estar formado por al menos un cojinete de rotación libre o flotante 17 (ver figura 5). Por cojinete de rotación libre o flotante se entiende que el cojinete no está conectado por ninguno de sus lados y de ninguna otra manera a otra parte del sistema de rodamientos 7. De acuerdo con realizaciones de la invención, el cojinete de rotación libre 17 puede estar formado completamente de un material de rodamiento liso. De acuerdo con otras realizaciones de la invención, el cojinete de rotación libre 17 puede estar formado de acero o puede estar formado de acero recubierto con un material de rodamiento liso.

El soporte de deslizamiento axial 19 puede estar formado por un revestimiento 19 de un material de rodamiento liso previsto en la superficie de contacto axial 14 de los cojinetes fijos en forma de L 12 y / o en la superficie de contacto axial 20 del engranaje planetario 5. En el ejemplo ilustrado en la figura 2, un revestimiento 19 de un material de rodamiento liso se proporciona sólo en la superficie de contacto axial 14 de los cojinetes fijos en forma de L 12. En el ejemplo dado en la figura 5, un revestimiento 19 de un material de rodamiento liso se proporciona sólo en la superficie de contacto axial 20 del engranaje planetario 5. También de acuerdo con otras realizaciones de la invención, aunque no ilustrado en los dibujos, el revestimiento 19 de material de rodamiento liso puede estar previsto tanto en la superficie de contacto axial 14 del cojinete fijo en forma de L 12 como en la superficie de contacto axial 20 del engranaje planetario 5.

También en el ejemplo dado en la figura 5, similar al ejemplo ilustrado en la figura 2, el engranaje planetario 5 tiene una forma adaptada de tal manera que una parte del engranaje planetario 5 se encuentra dentro de la forma de U definida por los cojinetes fijos en forma de L 12, más en concreto el engranaje planetario 5 tiene una parte más pequeña y una parte más amplia, estando la parte más pequeña situada dentro de la forma de U definida por los cojinetes fijos en forma de L 12.

En las figuras 6 y 7, se ilustra una implementación alternativa de un sistema de rodamientos lisos 7 de acuerdo con la presente invención. De acuerdo con estas realizaciones, el engranaje planetario 5 está también situado al menos en parte dentro de la forma de U definida por los dos cojinetes fijos en forma de L 12, o dicho de otra forma, al menos una parte del engranaje planetario 5 se encuentra situado dentro de la forma de U definida por los dos cojinetes fijos en forma de L 12. Sin embargo, en la figura 6 y la figura 7, el engranaje planetario 5 no comprende dos partes con diferente anchura como es el caso en los ejemplos ilustrados en la figura 2 y la figura 5, aunque en el presente ejemplo, el ancho del engranaje planetario 5 es tal que encaja en la forma de U definida por los dos cojinetes fijos en forma de L 12. En la figura 6, el engranaje planetario 5 se encuentra situado parcialmente dentro de la forma de U definida por los dos cojinetes fijos en forma de L 12, mientras que en la figura 7, el engranaje planetario 5 está totalmente situado dentro de la forma de U definida por los dos cojinetes fijos en forma de L 12.

Además, según las realizaciones ilustradas en las figuras 6 y 7, el soporte de deslizamiento axial 19 se proporciona como un revestimiento 19 de material de rodamiento liso en la superficie de contacto axial 20 de los cojinetes fijos en forma de L 12. Se debe entender que esto no pretende limitar la invención de ninguna manera, sino que es sólo para facilitar la explicación.

La figura 8 ilustra otra realización de la invención. Una parte del engranaje planetario 5 se encuentra situado dentro de la forma de U definida por los dos cojinetes fijos en forma de L 12. De acuerdo con esta realización, similar a la realización ilustrada en la figura 2 y la figura 5, el engranaje planetario 5 tiene una parte más pequeña y una parte más amplia y la parte más pequeña se encuentra dentro de la forma de U definida por los cojinetes fijos en forma de L 12. Sin embargo, lo que es diferente en esta realización con respecto a la realización ilustrada en la figura 2 y la figura 5, es que la parte más amplia del engranaje planetario 5 es menor que la anchura total de los dos cojinetes fijos en forma de L 12 cuando se monta para definir una forma de U, o dicho de otra forma, la parte más amplia del engranaje planetario 5 es menor que el anchura total de la forma de U.

De acuerdo con otras realizaciones y como se ilustra en la figura 9, la superficie de contacto axial 20 del engranaje planetario 5 en lugar de ser sustancialmente perpendicular a una superficie de contacto radial 18 del engranaje planetario 5, como era el caso en los ejemplos anteriores, la superficie de contacto axial 20 del engranaje planetario 5 puede desviarse de la dirección perpendicular. Esto se indica con el ángulo α de la superficie de contacto, como se indica en la figura 9. De acuerdo con realizaciones de la invención, el ángulo α de superficie de contacto de la superficie de contacto axial 20 del engranaje planetario 5 puede oscilar entre $-2,5^\circ$ y $+2,5^\circ$, por ejemplo entre $+0,2^\circ$

$^{\circ} y + 2,5^{\circ} o + 0,5^{\circ} y + 1,5^{\circ}$. Del mismo modo, la superficie de contacto axial 14 puede tener un ángulo α de superficie de contacto de entre $-2,5^{\circ} y + 2,5^{\circ}$, por ejemplo entre $+ 0,2^{\circ} y + 2,5^{\circ} o + 0,5^{\circ} y + 1,5^{\circ}$. Esto proporciona una forma de manipulación de materiales en un modo más económico. Es decir, una ligera inclinación de las superficies de contacto axiales 14, 20 de los cojinetes en forma de L 12 y el engranaje planetario 5 proporciona medios de soporte mejorados del material del que están formados los cojinetes en forma de L 12 y el engranaje planetario 5, lo que permite el uso de un material más barato para estos componentes.

De acuerdo con otra realización que se ilustra en la figura 10, los cojinetes en forma de L 12 en lugar de ser idénticos o simétricos y por tanto tener una misma anchura W, los cojinetes en forma de L 12 también pueden ser asimétricos o diferentes unos de otros. En consecuencia, de acuerdo con la presente realización los cojinetes en forma de L 12 pueden tener una anchura diferente. O dicho de otro modo, un primer cojinete en forma de L 12a puede tener una primera anchura W_1 y un segundo cojinete en forma de L 12b puede tener una segunda anchura W_2 , siendo la primera anchura W_1 diferente de la segunda anchura W_2 .

En los ejemplos descritos anteriormente con respecto a las figuras 5 a 10, un cojinete de rotación libre o flotante 17 se proporciona como un soporte de deslizamiento radial. Sin embargo, de acuerdo con otras realizaciones de la invención, el soporte de deslizamiento radial 17 puede comprender más de un cojinete de rotación libre o flotante 17. La figura 11 ilustra una realización de un sistema de rodamientos lisos 7 en el que el soporte de deslizamiento radial 17 está formado por dos cojinetes de rotación libre o flotantes 17a, 17b. Estos cojinetes de rotación libre o flotantes 17a, 17b están situados uno junto a otro en una dirección a lo largo del eje planetario 6. Cabe señalar que el ejemplo dado en la figura 11 no pretende limitar la invención de ninguna manera, de acuerdo con otras realizaciones de la invención, el soporte de deslizamiento radial 17 puede estar formado de cualquier número adecuado de cojinetes de rotación libre o flotantes 17 y en combinación con todas las otras características que se describen en otras realizaciones de acuerdo con la presente invención.

De acuerdo con realizaciones de la invención, los cojinetes fijos en forma de L 12 pueden ser fijos frente a la rotación, con respecto al eje planetario 6, mediante un elemento de posicionamiento 21. La figura 12 ilustra un ejemplo de tal elemento de posicionamiento 21. En este ejemplo, los cojinetes fijos en forma de L 12 se pueden ser fijos frente a la rotación con respecto al eje planetario 6 mediante una chaveta 21 prevista en un chavetero en el eje planetario 6.

En los ejemplos descritos anteriormente, los cojinetes fijos en forma de L 12 están conectados de manera fija entre sí. Esto se puede hacer mediante el uso de, por ejemplo, pernos. Sin embargo, de acuerdo con otras realizaciones de la invención, se puede proporcionar un separador 22 entre los dos cojinetes fijos en forma de L 12, como se ilustra en la figura 13. De acuerdo aún con otras realizaciones de la invención, al menos un cojinete adicional 23 puede estar presente entre los cojinetes fijos en forma de L 12 (ver figura 14). El al menos un cojinete adicional 23 puede estar conectado de manera fija al eje planetario 6. De acuerdo con realizaciones de la invención y como se ilustra en la figura 14, el al menos un cojinete adicional 23 puede estar conectado de manera fija a los cojinetes fijos en forma de L 12 de la misma manera a como se describe para la conexión fija entre los cojinetes fijos en forma de L 12. En caso de que se proporcione más de un cojinete adicional 23 entre los cojinetes fijos en forma de L 12, los cojinetes adicionales 23 se pueden también conectar de manera fija entre sí. De acuerdo con otras realizaciones de la invención, un separador 22 puede estar presente entre el cojinete adicional 23 y cada uno de los cojinetes fijos en forma de L 12. En caso de que haya más de un cojinete adicional 23, un separador 22 también puede estar presente entre cada uno de los cojinetes adicionales adyacentes 23.

En los ejemplos descritos anteriormente, el portaplanetas 4 es un portaplanetas de tipo jaula o de doble brida 4 con dos paredes 4a, 4b. Sin embargo, el portaplanetas 4 también puede ser un portaplanetas de brida única 4, como se ilustra en la figura 15. En tales casos, los topes para bloquear los cojinetes en forma de L 12 contra la rotación con respecto al eje planetario 6 están formados en un lado exterior por un tope 15 del portaplanetas 4 y en el otro lado exterior por un mecanismo de bloqueo 24, en el ejemplo dado un anillo de retención 24. Según otras realizaciones, el mecanismo de bloqueo 24 puede ser también cualquier otro mecanismo de bloqueo adecuado, tal como es conocido por una persona experta en la técnica, tal como por ejemplo, aunque no limitado a, una placa de bloqueo o una tuerca. En el ejemplo dado en la figura 15, el eje planetario 6 está íntegramente formado con el portaplanetas 4, o dicho de otra forma el portaplanetas 4 y el eje planetario 6 están formados en una sola pieza. Cabe señalar que en el ejemplo dado en la figura 15, el soporte de deslizamiento radial 17 está formado por un cojinete flotante 17. Sin embargo, el soporte de deslizamiento radial 17, como ya se ha descrito anteriormente, también puede estar formado por un revestimiento de material de rodamiento liso previsto en la superficie de contacto radial 13 de los cojinetes en forma de L 12 y / o en la superficie de contacto radial 18 del engranaje planetario 5. El soporte de deslizamiento axial 19 está formado por un revestimiento 19 previsto en la superficie de contacto axial 20 del engranaje planetario 5. Sin embargo, el soporte de deslizamiento axial 19 también puede estar formado por el revestimiento 19 previsto en la superficie de contacto axial 14 de los cojinetes en forma de L 12 o tanto en la superficie de contacto axial 20 del engranaje planetario 5 como en la superficie de contacto axial 14 de los cojinetes en forma de L 12.

En todas las realizaciones descritas anteriormente, sólo se proporciona un engranaje planetario 5 en cada eje planetario 6. Sin embargo, de acuerdo con otras realizaciones de la invención, cada eje planetario 6 puede comprender más de un engranaje planetario 5. La figura 16 ilustra un ejemplo en el que se proporcionan dos

engranajes planetarios 5 en un mismo eje. Los engranajes planetarios 5 se proporcionan directamente uno junto a otro. En el ejemplo dado, el portaplanetas 4 es un portaplanetas de brida única 4. De acuerdo con este ejemplo, los topes para bloquear los cojinetes en forma de L 12 están formados en un lado exterior por un tope 15 del portaplanetas 4 y en el otro lado exterior por un mecanismo de bloqueo 24, que en este caso está formado por una placa de bloqueo 24 que está fijada al eje planetario 6 mediante un perno 25. El mecanismo de bloqueo 24 también puede estar formado por un anillo de retención o una tuerca, como ya se ha descrito anteriormente. Según otras realizaciones, el portaplanetas 4 también puede ser un portaplanetas de tipo jaula o de doble brida 4. De nuevo, en el ejemplo dado en la figura 16, el soporte de deslizamiento radial 17 está formado por un cojinete flotante 17. Sin embargo, el soporte de deslizamiento radial 17, como ya se ha descrito anteriormente, también puede estar formado por un revestimiento de material de rodamiento liso previsto en la superficie de contacto radial 13 de los cojinetes en forma de L 12 y / o en la superficie de contacto radial 18 del engranaje planetario 5. El soporte de deslizamiento axial 19 está formado por un revestimiento 19 previsto en la superficie de contacto axial 20 del engranaje planetario 5. Sin embargo, el soporte de deslizamiento axial 19 también puede estar formado por el revestimiento 19 previsto en la superficie de contacto axial 14 de los cojinetes en forma de L 12 o tanto en la superficie de contacto axial 20 del engranaje planetario 5 como en la superficie de contacto axial 14 de los cojinetes en forma de L 12.

Todavía de acuerdo con otras realizaciones de la invención, se pueden proporcionar más de dos engranajes planetarios 5 en un mismo eje planetario 6 (no mostrado en los dibujos).

Todavía en otras realizaciones, el portaplanetas 4 puede estar provisto de una placa de soporte 26 (ver figura 17).

De acuerdo con una realización específica, la placa de soporte 26 puede ser una placa bogie 26 en la que están montados los ejes planetarios 6 y la cual está conectada a una parte restante del portaplanetas 4 mediante espárragos, soportando cada eje planetario 6 un par de engranajes planetarios 5, estando montados los engranajes planetarios 5 de cada par en sitios opuestos de la placa bogie 26. En este ejemplo, los topes para bloquear los cojinetes en forma de L 12 están formados en ambos lados exteriores por un mecanismo de bloqueo 24, más en concreto por una placa de bloqueo 24 que está fijada al eje planetario 6 mediante un perno 25. Sin embargo, también se puede utilizar cualquier otro mecanismo de bloqueo adecuado 24, tal como por ejemplo un anillo de retención o una tuerca, con el presente ejemplo, para bloquear los cojinetes en forma de L 12.

Ha de entenderse que las realizaciones descritas anteriormente mediante los dibujos no pretenden limitar la invención de ninguna manera. Las propiedades descritas con respecto a los diferentes dibujos y realizaciones se pueden intercambiar y / o utilizarse conjuntamente.

Para lubricar un sistema de rodamientos lisos 7 de acuerdo con realizaciones de la invención, se pueden utilizar sistemas de lubricación convencionales como es sabido por una persona experta en la técnica. Por ejemplo, se pueden utilizar sistemas de lubricación tal como se describe en el documento EP 1 488 139 o en el documento EP 1 767 814 para lubricar un sistema de rodamientos lisos 7 de acuerdo con realizaciones de la invención. Canales de lubricación y bolsas de petróleo están diseñados y situados preferiblemente de tal manera que se obtiene la mejor manera de lubricar el sistema de rodamientos lisos 7.

En una etapa de engranaje planetario 2 de acuerdo con realizaciones de la presente invención, se puede utilizar un sistema de rodamientos lisos 7, como se describe anteriormente, con todos los tipos conocidos de portaplanetas, tal como un portaplanetas de brida única, un portaplanetas de doble brida o un portaplanetas que comprende una placa de soporte. Por lo que proporciona una solución global que no se limita a un tipo de portaplanetas y por lo tanto no se limita a un tipo de etapa de engranaje planetario.

Además, en una etapa de engranaje planetario 2 de acuerdo con realizaciones de la presente invención, el sistema de rodamientos lisos 7 se puede utilizar con cualquier tamaño de engranaje planetario, ya que puede adaptarse fácilmente el tamaño de los lados de los cojinetes en forma de L 12 que han de ser conectados para definir la forma de U, por ejemplo mediante rectificado, o puede colocarse un separador 22 o un cojinete adicional 23 entre los cojinetes en forma de L. Además, debido a que el sistema de rodamientos lisos 7 comprende dos cojinetes en forma de L 12, puede adaptarse más fácilmente a las deformaciones del engranaje planetario 5, lo que deriva en un menor desgaste y así en una vida útil más larga del sistema de rodamientos lisos 7.

En un segundo aspecto, la presente invención proporciona una multiplicadora 1 que comprende al menos una etapa de engranaje planetario 2 como se describe en las realizaciones anteriores. Una multiplicadora 1 que comprende una etapa de engranaje planetario 2 de acuerdo con una realización de la invención, se ilustra en la figura 18. La multiplicadora 1 comprende una etapa de engranaje planetario 2 y una etapa de engranaje paralela 3. La etapa de engranaje paralela 3 comprende un eje de baja velocidad 10, un eje intermedio 27 y un eje de alta velocidad 11.

La etapa de engranaje planetario 2 comprende una corona anular 8, un engranaje central 9 y un portaplanetas 4 para accionar al menos tres ejes planetarios 6, en cada uno de los cuales se monta de manera giratoria un engranaje planetario 5 mediante un sistema de rodamientos lisos 7. El portaplanetas 4 es un portaplanetas de doble brida o de tipo jaula 4 que tiene dos paredes 4a, 4b entre las que se monta el engranaje planetario 5 y donde estas paredes 4a, 4b soportan los ejes planetarios 6 a cada lado del engranaje planetario 5.

Los cojinetes en forma de L 12 se montan juntos para definir una sección transversal en forma de U y son bloqueados en la dirección axial en un lado exterior por un tope 15 del portaplanetas 4 y en el otro lado exterior por un collarín 16 del eje planetario 6.

5 En el ejemplo dado en la figura 18, el sistema de rodamientos lisos 7 comprende un soporte de deslizamiento radial 17 formado por un revestimiento 17 en la superficie de contacto radial de los cojinetes en forma de L 12 y en la superficie de contacto radial del engranaje planetario 5. El soporte de deslizamiento axial 19 está formado por un revestimiento 19 dispuesto en la superficie de contacto axial del engranaje planetario 5.

10 Ha de entenderse que la figura 18 es sólo para facilitar la ilustración y no se pretende limitar la invención de ninguna manera. Cualquier otra etapa de engranaje planetario 7, según se describe en las realizaciones anteriores, se puede utilizar en la multiplicadora 1 ilustrada en la figura 18. Además, el soporte de deslizamiento radial 17 y el soporte de deslizamiento axial 19 se pueden formar de cualquier otro modo, como se describe en las realizaciones anteriores. Además, el portaplanetas 4 también puede ser un portaplanetas de brida única o puede ser un portaplanetas que comprende una placa de soporte, por ejemplo una placa bogie. La multiplicadora 1 puede comprender dos etapas de engranaje planetario 2a, 2b de las cuales al menos una es una etapa de engranaje planetario 2 de acuerdo con realizaciones de la presente invención. Por otra parte, la etapa de engranaje paralela 3, en lugar de un eje de baja velocidad 10, un eje intermedio 27 y un eje de alta velocidad 11, puede comprender únicamente un eje de baja velocidad 10 y un eje de alta velocidad 11.

REIVINDICACIONES

1. Etapa de engranaje planetario (2) para una multiplicadora (1), comprendiendo la etapa de engranaje planetario (2) un corona anular (8), un engranaje central (9) y un portaplanetas (4) para accionar al menos tres ejes planetarios (6), en cada uno de los cuales se monta de manera giratoria al menos un engranaje planetario (5) mediante un sistema de rodamientos lisos (7), teniendo los engranajes planetarios (5) una superficie de contacto radial (18) y una superficie de contacto axial (20), en el que el sistema de rodamientos lisos (7) comprende:
 - dos cojinetes (12) conectados de manera fija al eje planetario (6), teniendo cada uno de los dos cojinetes fijos (12) una forma de L en sección transversal y una superficie de contacto radial (13) y una superficie de contacto axial (14), siendo montados los cojinetes fijos en forma de L (12) para definir una forma de U en sección transversal y siendo bloqueados en una dirección axial en ambos lados exteriores mediante un tope (15, 16, 24), y por lo que al menos parte del engranaje planetario (5) está situado dentro de la forma de U definida por los cojinetes fijos en forma de L (12),
 - un soporte de deslizamiento radial (17) dispuesto entre la superficie de contacto radial (13) de los cojinetes fijos en forma de L (12) y la superficie de contacto radial (18) del engranaje planetario (5), y
 - un soporte de deslizamiento axial (19) dispuesto entre la superficie de contacto axial (14) de los cojinetes fijos en forma de L (12) y la superficie de contacto axial (20) de los engranajes planetarios (5).
2. Etapa de engranaje planetario (2) según la reivindicación 1, en la que un ángulo entre las superficies de contacto (α) de las superficies de contacto axiales (14, 20) de los cojinetes fijos en forma de L (12) y el engranaje planetario (5) está comprendido entre $-2,5^\circ$ y $+2,5^\circ$.
3. Etapa de engranaje planetario (2) según la reivindicación 2, en la que el ángulo entre las superficies de contacto (α) de las superficies de contacto axiales (14, 20) de los cojinetes fijos en forma de L (12) y el engranaje planetario (5) está comprendido entre $+0,5^\circ$ y $+1,5^\circ$.
4. Etapa de engranaje planetario (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los cojinetes en forma de L (12) tienen una anchura (W) y el eje planetario (6) tiene un diámetro (d), en la que la relación entre la anchura (W) de los cojinetes en forma de L (12) y el diámetro (d) del eje planetario (6) es igual o mayor que 0,3.
5. Etapa de engranaje planetario (2) según la reivindicación 4, en la que la relación entre la anchura (W) de los cojinetes en forma de L (12) y el diámetro (d) del eje planetario (6) es igual o mayor que 0,5.
6. Etapa de engranaje planetario (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los cojinetes en forma de L (12) se fijan frente a la rotación con respecto al eje planetario (6) mediante un elemento de posicionamiento (21).
7. Etapa de engranaje planetario (2) según la reivindicación 6, en la que el elemento de posicionamiento (21) es una chaveta prevista en un chavetero en el eje planetario (6).
8. Etapa de engranaje planetario (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los cojinetes fijos en forma de L (12) están conectados de manera fija entre sí.
9. Etapa de engranaje planetario (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que el sistema de rodamientos lisos (7) comprende además un separador (22) dispuesto entre los cojinetes fijos en forma de L (12).
10. Etapa de engranaje planetario (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que el sistema de rodamientos lisos (7) comprende además al menos un cojinete adicional (23) entre los cojinetes fijos en forma de L (12).
11. Etapa de engranaje planetario (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el soporte de deslizamiento radial (17) comprende un revestimiento (17) de material de rodamiento liso dispuesto sobre la superficie de contacto radial (13) de los cojinetes fijos en forma de L (12) y / o sobre la superficie de contacto radial (18) del engranaje planetario (5).
12. Etapa de engranaje planetario (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en la que el soporte de deslizamiento radial (17) comprende al menos un cojinete de rotación libre (17).
13. Etapa de engranaje planetario (2) según la reivindicación 12, en la que el al menos un cojinete de rotación libre (17) está formado de un material de rodamiento liso.
14. Etapa de engranaje planetario (2) según la reivindicación 12, en la que el al menos un cojinete de rotación libre (17) está formado de acero o de acero revestido de un material de rodamiento liso.

15. Etapa de engranaje planetario (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el soporte de deslizamiento axial (19) comprende un revestimiento (19) de material de rodamiento liso previsto sobre la superficie de contacto axial (14) de los cojinetes fijos en forma de L (12) y / o sobre la superficie de contacto axial (20) de los engranajes planetarios (5).
- 5 16. Etapa de engranaje planetario (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el portaplanetas (4) es un portaplanetas de doble brida.
17. Etapa de engranaje planetario (2) según la reivindicación 16, en la que los topes para bloquear los cojinetes en forma de L (12) en la dirección axial están formados en un lado exterior por un tope (15) del portaplanetas (4) y en el otro lado exterior por un collarín (16) del eje planetario (6).
- 10 18. Etapa de engranaje planetario (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en la que el portaplanetas (4) es un portaplanetas de brida única.
19. Etapa de engranaje planetario (2) según la reivindicación 18, en la que los topes para bloquear los cojinetes en forma de L (12) en la dirección axial están formados en un lado exterior por un tope (15) del portaplanetas (4) y en el otro lado exterior por un mecanismo de bloqueo (24).
- 15 20. Etapa de engranaje planetario (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en la que el portaplanetas (4) comprende una placa de soporte (26).
21. Etapa de engranaje planetario (2) según la reivindicación 20, en la que los topes para bloquear los cojinetes en forma de L (12) en la dirección axial están formados en ambos lados exteriores por un mecanismo de bloqueo (24).
- 20 22. Etapa de engranaje planetario (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que al menos dos engranajes planetarios (5) están montados de manera giratoria en un mismo eje planetario (6).
23. Uso de una etapa de engranaje planetario (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en una multiplicadora (1) para un aerogenerador.

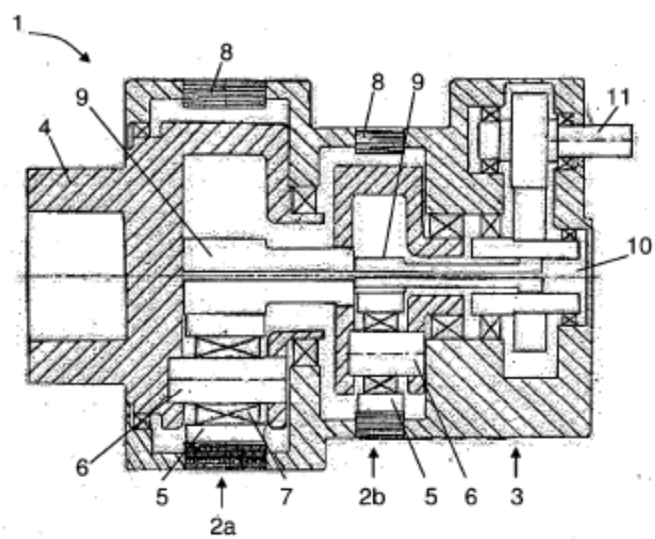


FIG. 1

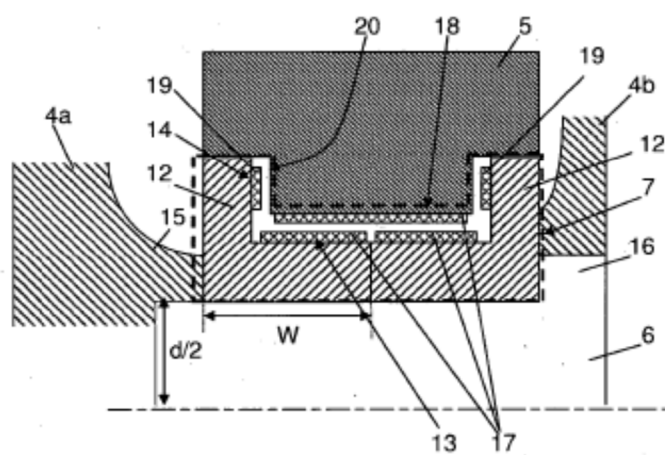


FIG. 2

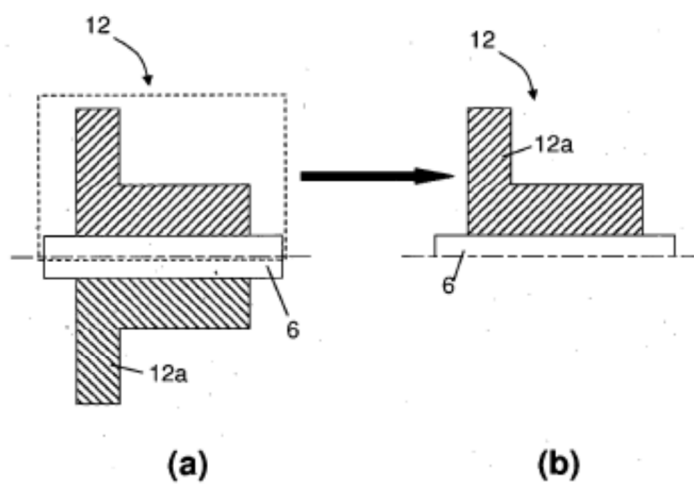


FIG. 3

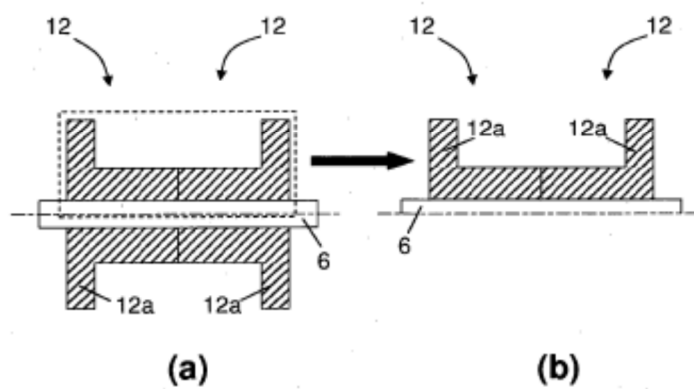


FIG. 4

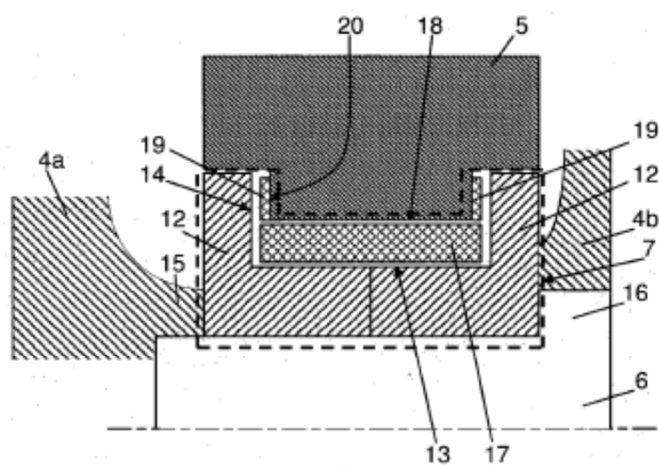


FIG. 5

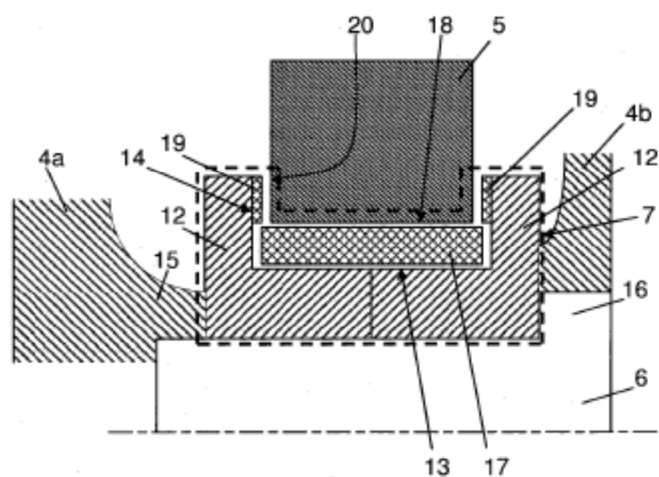


FIG. 6

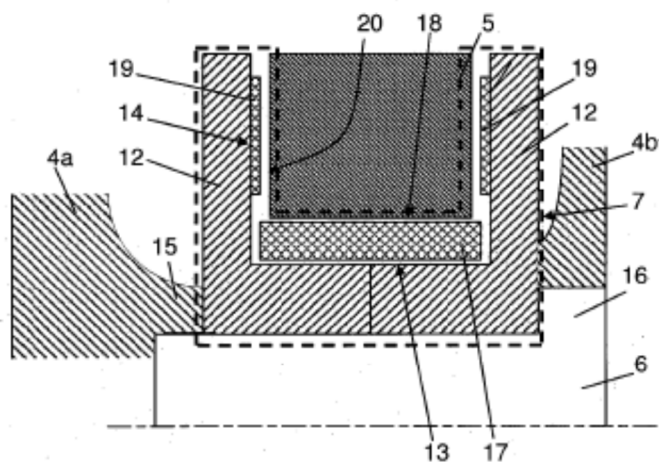


FIG. 7

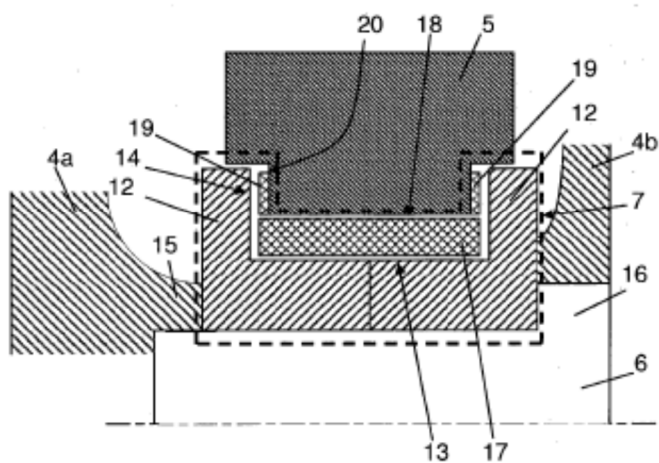


FIG. 8

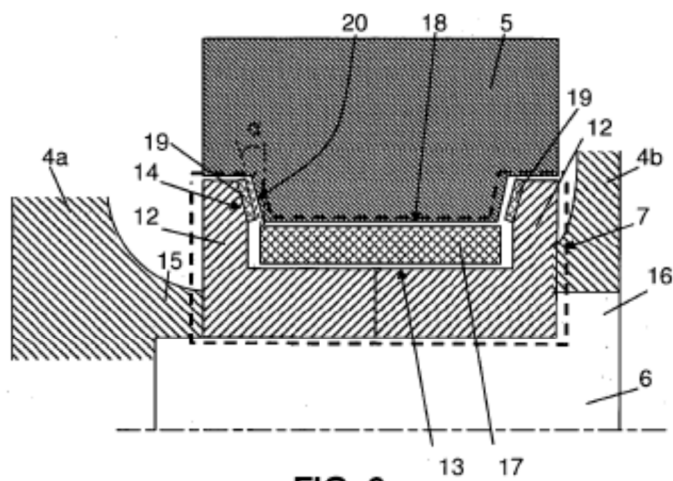


FIG. 9

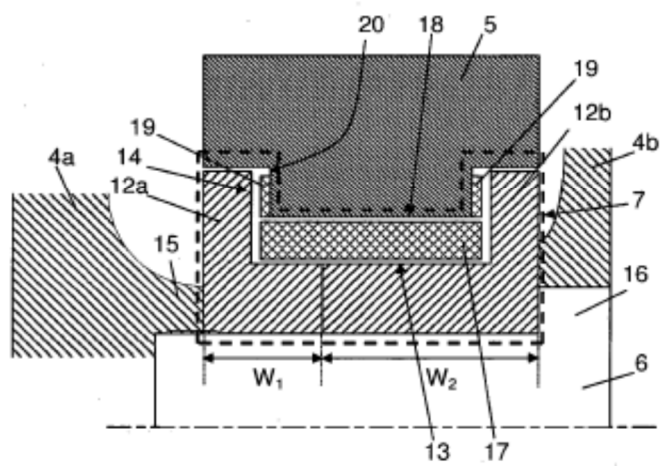


FIG. 10

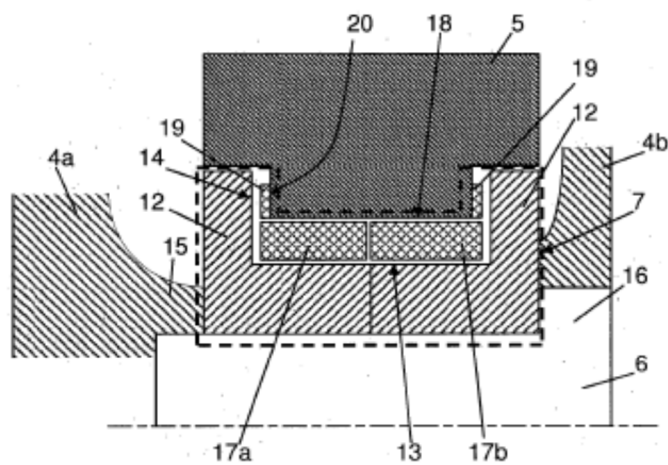


FIG. 11

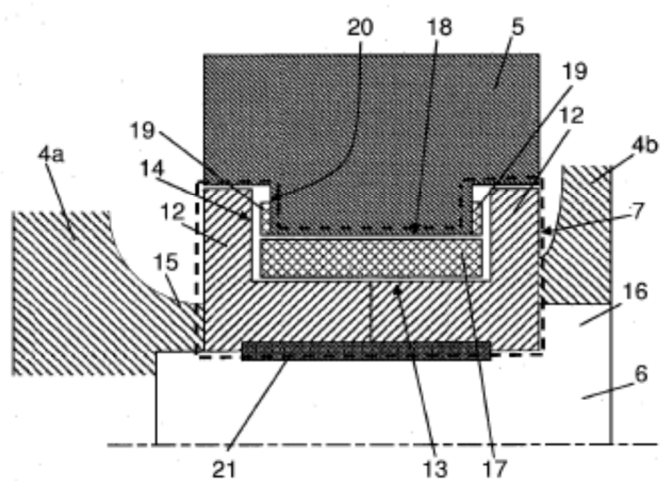


FIG. 12

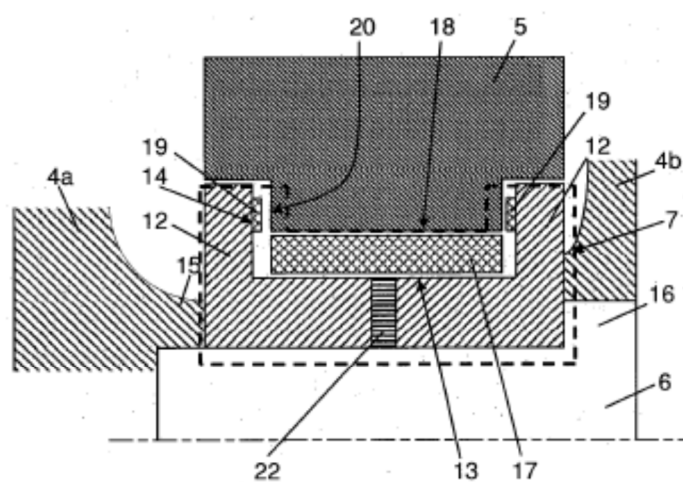


FIG. 13

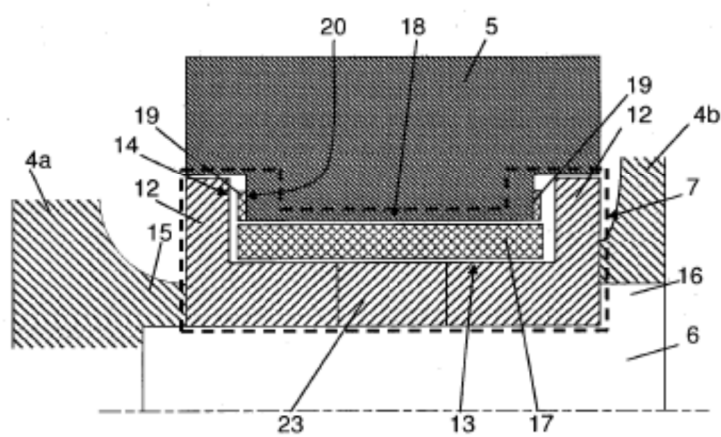


FIG. 14

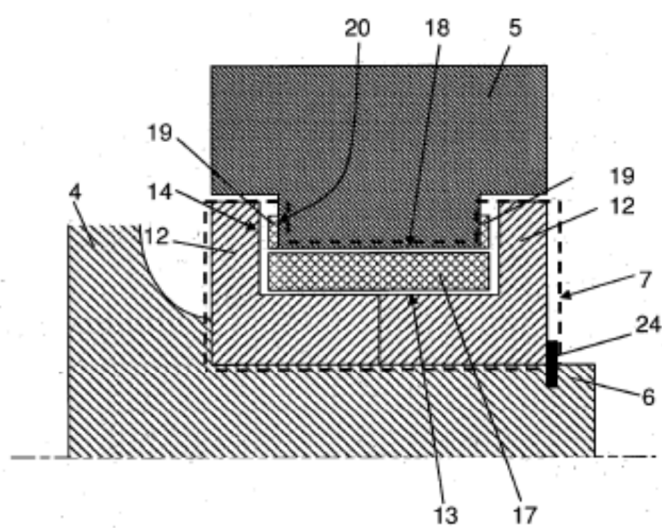


FIG. 15

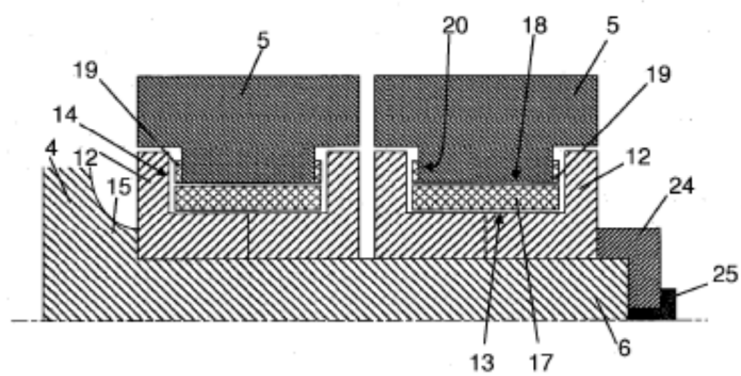


FIG. 16

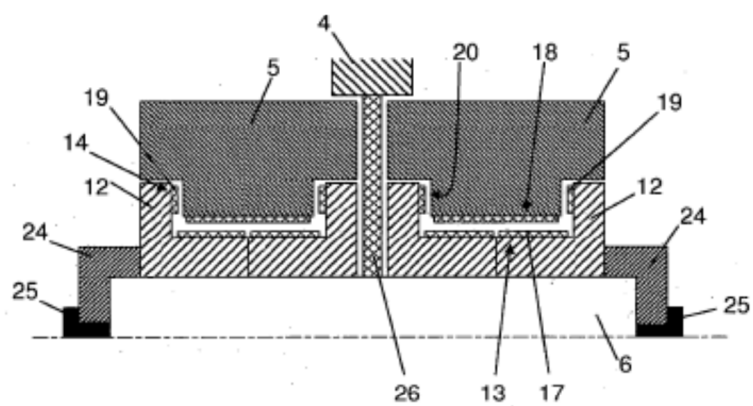


FIG. 17

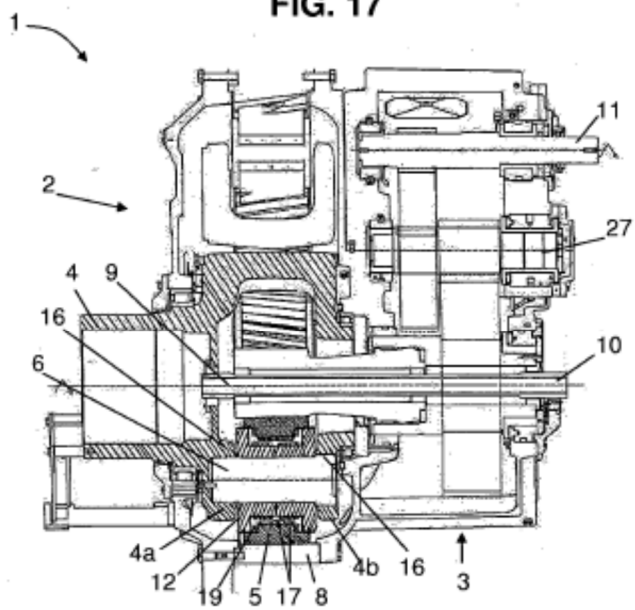


FIG. 18