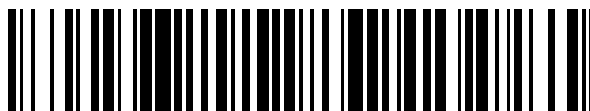


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 423 033**

51 Int. Cl.:

F03D 80/70 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

F16C 33/60 (2006.01)

F16C 33/58 (2006.01)

F16C 19/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2008 E 08104136 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **24.08.2016 EP 2045464**

54 Título: **Cojinete de paso para palas de rotor de turbina eólica**

30 Prioridad:

01.10.2007 US 976560 P

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

24.02.2017

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:

**LARSEN, MARTIN HEDEDGAARD;
NIELSEN, ANDERS VANGSGAARD y
POULSEN, STEFFEN FRYDENDAL**

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 423 033 T5

COJINETE DE PASO PARA PALAS DE ROTOR DE TURBINA EÓLICA**DESCRIPCIÓN**

- 5 La presente invención se refiere a un cojinete de paso para palas de rotor de turbina eólica con un anillo de cojinete interno que puede conectarse a una pala de rotor de un rotor de turbina eólica y un anillo de cojinete externo que puede conectarse a un buje de rotor de un rotor de turbina eólica. Además, la invención se refiere a una turbina eólica con al menos un cojinete de paso de este tipo.
- 10 En las turbinas eólicas modernas las palas de rotor están montadas en el buje por medio de cojinetes de paso que permiten controlar las cargas que actúan en las palas cambiando el paso de las palas en relación con el viento. Esos cojinetes comprenden habitualmente un anillo de cojinete interno cilíndrico al que se fija la pala de rotor y un anillo de cojinete externo cilíndrico que se fija al buje de rotor. Entre ambos anillos de cojinete están presentes una o más filas de elementos rodantes que permiten que el anillo externo y el anillo interno roten el uno en relación con el otro.
- 15 Cuando se usan cojinetes con más de una fila de elementos rodantes la carga puede llegar a distribuirse de manera irregular entre las filas, especialmente con vientos fuertes cuando las fuerzas de viento actúan para doblar sustancialmente las palas. Este doblado también tiene el efecto de deformar el anillo externo del cojinete de paso de tal manera que la carga se reduce adicionalmente en algunos de los elementos rodantes dejando que el resto de los
- 20 elementos rodantes porten una carga mayor. Por tanto, partes del cojinete portan una carga mayor que la prevista, conduciendo a una vida útil acortada en comparación con la vida útil diseñada.
- En algunos de los diseños de cojinete de pala no se tiene en cuenta la compartición irregular entre las filas. En su lugar se supone que la compartición se distribuye exactamente de manera regular lo que conduce a un diseño no conservador. Una manera de resolver el problema de las cargas distribuidas de manera irregular sería realizar el
- 25 cojinete mayor. Sin embargo, esto añadiría peso y coste al diseño.
- Otra manera de obtener más capacidad portante sería usando bolas de cojinete mayores. El inconveniente de usar bolas de cojinete mayores sería que esto requeriría un cojinete mayor y de este modo un cojinete más flexible.
- 30 Como consecuencia, se vuelve más difícil obtener la rigidez requerida del cojinete.
- Una manera adicional de resolver el problema de cargas distribuidas de manera irregular se describe en el documento WO 2007/003866 A1. En este documento se describe el montaje de un anillo de refuerzo en el extremo
- 35 externo axial del anillo de cojinete externo cilíndrico.
- El documento FR 2 887 934 A1 da a conocer un anillo de cojinete externo para una pala de rotor de turbina eólica en la que el anillo de cojinete externo tiene un grosor de pared que disminuye linealmente hacia el extremo del buje del anillo de cojinete.
- 40 El documento WO 2006/129351 A1 da a conocer un anillo de cojinete externo con una primera sección de anillo externo y una segunda sección de anillo externo. El grosor radial de la primera sección de anillo externo se hace más grueso que el grosor radial de la segunda sección de anillo externo.
- Con respecto a esta técnica anterior un objetivo de la presente invención es proporcionar un cojinete de paso con un
- 45 diseño alternativo para una sección de refuerzo anular para reforzar el anillo de cojinete externo. Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar una turbina eólica ventajosa.
- El primer objetivo se resuelve mediante un cojinete de paso según la reivindicación 1 y mediante un cojinete de paso según la reivindicación 3. El objetivo adicional se resuelve mediante una turbina eólica según la reivindicación 6. Las
- 50 reivindicaciones dependientes describen desarrollos ventajosos de la invención.
- En un primer aspecto de la invención, el cojinete de paso de la invención para un rotor de turbina eólica con un buje de rotor y al menos una pala de rotor comprende un anillo de cojinete interno cilíndrico que puede conectarse a una
- 55 pala de rotor del rotor de turbina eólica, un anillo de cojinete externo cilíndrico que puede conectarse al buje de rotor del rotor de turbina eólica, y una sección de refuerzo anular para reforzar el anillo de cojinete externo. En el cojinete de paso de la invención, la sección de refuerzo anular está en contacto con el anillo de cojinete externo cilíndrico en su pared externa radial.
- La invención está basada en la siguiente observación: las fuerzas resultantes de las cargas actúan en la dirección
- 60 radial del anillo de cojinete externo. La intensidad de estas fuerzas varía dependiendo de la ubicación axial del anillo de cojinete siendo las fuerzas más altas en el extremo externo axial del anillo de cojinete. Si la sección de refuerzo está en contacto con el extremo externo axial del anillo como, por ejemplo, en el documento WO 2007/003866 A1, puede suceder que la fuerza radial que actúa en la sección de refuerzo sea mayor que la fuerza radial que actúa en el extremo externo axial del anillo de cojinete. Esto puede conducir a que actúen cargas en la junta entre la sección
- 65 de refuerzo y el anillo externo de cojinete lo que podría debilitar la junta a lo largo del tiempo.

Por otro lado, si la sección de refuerzo está en contacto con el anillo de cojinete externo cilíndrico en su superficie externa radial su ubicación axial corresponde a la ubicación axial del anillo de cojinete externo en la que actúan las fuerzas radiales. Por tanto, las cargas que actúan en el anillo de cojinete externo son las mismas que las cargas que actúan en la sección de refuerzo.

5 En particular, la sección de refuerzo se forma mediante un grosor de pared aumentado del anillo de cojinete externo en una parte de anillo que está en contacto con el extremo externo axial del cojinete externo hacia su extremo interno axial de modo que el refuerzo es una parte integrante del anillo de cojinete sin ninguna junta.

10 A medida que las fuerzas radiales que actúan en el anillo de cojinete externo disminuyen desde el extremo externo axial del anillo de cojinete hacia su extremo interno axial el grosor de pared del anillo de cojinete externo disminuye desde una parte de grosor de pared constante que está ubicada en el extremo externo axial hacia su extremo interno axial. La disminución es continua.

15 En un segundo diseño del cojinete de paso de la invención para un rotor de turbina eólica con un buje de rotor y al menos una pala de rotor el cojinete de paso comprende un anillo de cojinete interno cilíndrico que puede conectarse a una pala de rotor del rotor de turbina eólica, un anillo de cojinete externo cilíndrico que puede conectarse a un buje de rotor del rotor de turbina eólica, y una sección de refuerzo anular para reforzar el anillo de cojinete externo. En este diseño los al menos dos segmentos de anillo separados están en contacto con la superficie externa radial del
 20 anillo de cojinete externo cilíndrico y la sección de refuerzo consiste en al menos dos segmentos de anillo separados que están adaptados para unirse entre sí y para unirse al anillo de cojinete externo. En particular, los al menos dos segmentos de anillo separados pueden estar adaptados para unirse de manera liberable entre sí y/o unirse de manera liberable al anillo de cojinete externo. Esto permite proporcionar segmentos de anillo diferentes que pueden unirse entre sí y al anillo de cojinete externo de modo que combinando diferentes clases de segmentos el refuerzo
 25 puede adaptarse a las necesidades reales del cojinete de paso. En particular, los al menos dos segmentos de anillo separados pueden estar adaptados para unirse de manera liberable entre sí y/o al anillo de cojinete externo mediante la unión con pernos.

30 Una turbina eólica de la invención comprende un rotor con al menos un cojinete de paso de la invención. La turbina eólica de la invención consigue las ventajas comentadas anteriormente con respecto al cojinete de paso de la invención.

35 Características, propiedades y ventajas adicionales de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción de las realizaciones de la invención en combinación con los dibujos adjuntos.

La figura 1 muestra una turbina eólica.

La figura 2 muestra una primera realización del cojinete de paso de la turbina eólica.

40 La figura 3 muestra una segunda realización del cojinete de paso de la turbina eólica.

La figura 4 muestra una sección a través del cojinete de paso mostrado en la figura 3 a lo largo de la línea IV-IV.

45 La figura 5 muestra una tercera realización del cojinete de paso de la invención.

Una turbina eólica con un cojinete de paso de la invención se muestra en la figura 1. La turbina eólica comprende una torre 1, una góndola 3 que se monta de manera pivotante sobre el eje de torre en la parte superior de torre y que aloja el generador de la turbina eólica, y un rotor 5 que está conectado de manera rotativa al generador en el interior de la góndola. El rotor 5 comprende un buje 7 de rotor y, en la presente realización, tres palas 9 de rotor que
 50 están montadas en el buje de rotor para poder rotar sobre un eje de paso, tal como se indica para una de las palas 9 mediante la flecha 11.

Aunque la turbina eólica mostrada en la figura 1 está equipada con tres palas de rotor, el rotor puede tener un número diferente de palas, por ejemplo sólo dos palas. En general, sería posible cualquier número de palas, aunque
 55 los rotores de dos palas y, en particular, los rotores de tres palas son los más comunes.

Las palas 9 de rotor de turbina eólica se montan en el buje 7 de rotor mediante el uso de cojinetes de paso. Una primera realización de un cojinete de paso que puede usarse en la turbina eólica mostrada en la figura 1 se muestra en la figura 2. El cojinete de paso comprende un anillo 13 de cojinete interno al que se fija la pala 9 de rotor (de la que sólo se muestra un segmento de pared en la figura 2), y un anillo 15 de cojinete externo que está montado en un
 60 elemento 17 de base del buje 7 de rotor. El anillo 13 de cojinete interno y el anillo 15 de cojinete externo comprenden cada uno dos filas de aros entre los que se ubican los elementos rodantes para permitir la rotación fácil del anillo 13 de cojinete interno cilíndrico y el anillo 15 de cojinete externo cilíndrico el uno en relación con el otro. En la presente realización, los elementos 19 rodantes son bolas 19.

65 Si actúan vientos fuertes en las palas de rotor, las palas 9 de rotor tienden a doblarse. Este doblado tiende a

deformar el anillo 15 de cojinete externo del cojinete de paso de tal manera que se aumenta la carga sobre las bolas 19 superiores en la figura y se disminuye la carga sobre las bolas 19 inferiores en la figura. Para reducir una deformación de este tipo del anillo 15 de cojinete externo se refuerza el anillo de cojinete externo añadiendo material a la forma cilíndrica habitual del anillo 15 de cojinete externo. El material se añade a la superficie externa de un anillo de cojinete externo cilíndrico habitual, que se indica mediante la línea discontinua en la figura 2. El material añadido aumenta el grosor (grosor de pared) de una parte de anillo del anillo 15 de cojinete externo tal como se indica mediante el número de referencia 21. El grosor de pared de esta parte 21 de anillo es máximo en el extremo 23 externo axial del anillo 15 de cojinete y disminuye continuamente hacia su extremo interno axial. Desde aproximadamente la mitad del anillo 15 de cojinete el grosor de pared es constante hasta el extremo 25 interno axial.

No sólo se refuerza el anillo 15 de cojinete externo sino también el anillo 13 de cojinete interno. Esto se hace cerrando el anillo 13 de cojinete cilíndrico mediante placas 27, 29 de refuerzo en los extremos del anillo de cojinete cilíndrico.

Una segunda realización del cojinete de paso de la invención se muestra en la figura 3. Esta realización difiere de la primera realización mostrada en la figura 2 en que el refuerzo del anillo 15 de cojinete externo se hace mediante dos elementos 31, 33 de refuerzo semianulares que se unen mediante pernos al anillo 15 de cojinete externo por medio de tornillos 35 que se extienden a través los elementos 31, 33 de refuerzo en el anillo 15 de cojinete externo cilíndrico (véase también la figura 4). Además, ambos elementos 31, 33 de refuerzo semianulares se unen entre sí mediante pernos 37. Obsérvese que aunque los dos elementos 31, 33 de refuerzo semianulares están presentes en la realización mostrada en la figura 3 el número de elementos de refuerzo puede ser más de dos, por ejemplo tres o cuatro, representando cada elemento un tercio o un cuarto de un elemento anular completo.

Proporcionar los elementos 31, 33 de refuerzo en la segunda realización del cojinete de paso de la invención simplifica el montaje de los elementos de refuerzo en el anillo 15 de cojinete externo. En particular los elementos 31, 33 de refuerzo pueden montarse en el anillo de cojinete externo mientras que una pala de rotor se fija al anillo de cojinete interno. Esto no sería posible con un único elemento de refuerzo anular completo.

Los elementos de refuerzo mostrados en las presentes realizaciones proporcionan rigidez uniforme adicional al anillo de cojinete externo en su ubicación más próxima a la pala de rotor. Aunque esto se hace en la primera realización aumentando localmente el grosor de pared del anillo de cojinete externo, se usan elementos de refuerzo separados que se fijan al anillo de cojinete externo en las realizaciones segunda y tercera. Obsérvese, que en todas las realizaciones el refuerzo resultante es de forma anular y cubre toda la circunferencia del anillo de refuerzo externo. Esto tiene dos ventajas, concretamente que el cojinete se reforzará en toda la circunferencia en relación con las deformaciones de estructuras complementarias, y que el cojinete se reforzará de manera similar para todo el intervalo de ángulos de paso de pala diferentes y ejes de momento flector diferentes. Como resultado, puede asegurarse una compartición más uniforme de fuerzas de bolas entre aros de bolas superior e inferior (banda de bolas) en un cojinete de bolas de doble fila usado como cojinete de pala para una turbina eólica. Una compartición más uniforme tiene un gran impacto en la vida útil de los aros de bolas. Es normal que la combinación de fuerzas de bolas grandes combinadas con la inclinación (cabecero de pala) conduzca a la fatiga de los aros de bolas. La reducción de las fuerzas de bolas con una mejor compartición dará como resultado una fatiga inferior de manera significativa en los aros de bolas. Además, pueden evitarse deformaciones grandes relativas del anillo externo de cojinete de pala. De este modo, también puede evitarse la fatiga de la estructura de anillo externo. La fatiga de la estructura de anillo externo es un problema común en cojinetes de pala para turbina eólicas.

REIVINDICACIONES

1. Cojinete de paso para un rotor (5) de turbina eólica con un buje (7) de rotor y al menos una pala (9) de rotor, comprendiendo el cojinete de paso un anillo (13) de cojinete interno cilíndrico que puede conectarse a una pala (9) de rotor del rotor (5) de turbina eólica, un anillo (15) de cojinete externo cilíndrico que puede conectarse al buje (7) de rotor del rotor (5) de turbina eólica y una sección (21) de refuerzo anular para reforzar el anillo (15) de cojinete externo, en el que la sección (21, 31, 33) de refuerzo anular está en contacto con el anillo (15) de cojinete externo cilíndrico en su superficie externa radial y se forma mediante un grosor de pared aumentado del anillo (15) de cojinete externo en una parte de anillo que está en contacto con el extremo externo axial del cojinete externo hacia su extremo (25) interno axial,
- 5
- 10
- caracterizado porque
- 15
- el grosor de pared del anillo (15) de cojinete externo disminuye continuamente desde una parte de grosor de pared constante que está ubicada en el extremo (23) externo axial hacia el extremo (25) interno axial del anillo de cojinete externo.
2. Cojinete de paso según la reivindicación 1,
- 20
- caracterizado porque
- 25
- el grosor de pared del anillo (15) de cojinete externo es constante desde aproximadamente la mitad del anillo (15) de cojinete externo hasta el extremo (25) interno axial del anillo de cojinete externo.
3. Cojinete de paso para un rotor (5) de turbina eólica con un buje (7) de rotor y al menos una pala (9) de rotor, comprendiendo el cojinete de paso un anillo (13) de cojinete interno cilíndrico que puede conectarse a una pala (9) de rotor del rotor (5) de turbina eólica, un anillo (15) de cojinete externo cilíndrico que puede conectarse al buje (7) de rotor del rotor (5) de turbina eólica y una sección (31, 33) de refuerzo anular para reforzar el anillo (15) de cojinete externo,
- 30
- caracterizado porque
- 35
- los al menos dos segmentos (31, 33) de anillo separados están en contacto con la superficie externa radial del anillo (15) de cojinete externo cilíndrico; y
- la sección (31, 33) de refuerzo consiste en al menos dos segmentos (31, 33) de anillo separados que están adaptados para unirse entre sí y para unirse al anillo (15) de cojinete externo.
4. Cojinete de paso según la reivindicación 3,
- 40
- caracterizado porque
- 45
- los al menos dos segmentos (31, 33) de anillo separados están adaptados para unirse de manera liberable entre sí y/o unirse de manera liberable al anillo (15) de cojinete externo.
5. Cojinete de paso según la reivindicación 4,
- 50
- caracterizado porque
- los al menos dos segmentos (31, 33) de anillo separados están adaptados para unirse de manera liberable entre sí mediante la unión con pernos.
6. Turbina eólica que comprende un rotor (5) con al menos un cojinete de paso según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.
- 55

FIG 1

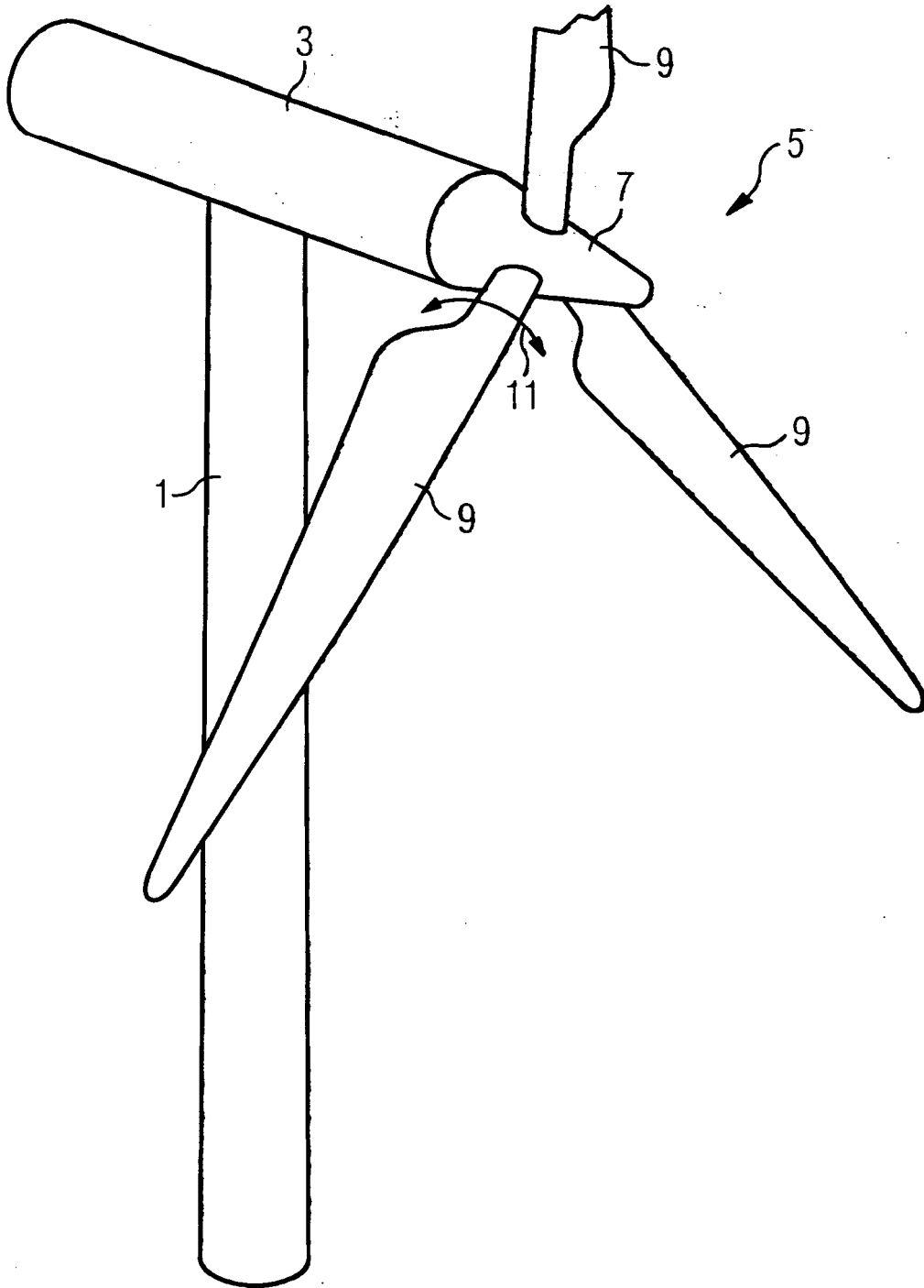


FIG 2

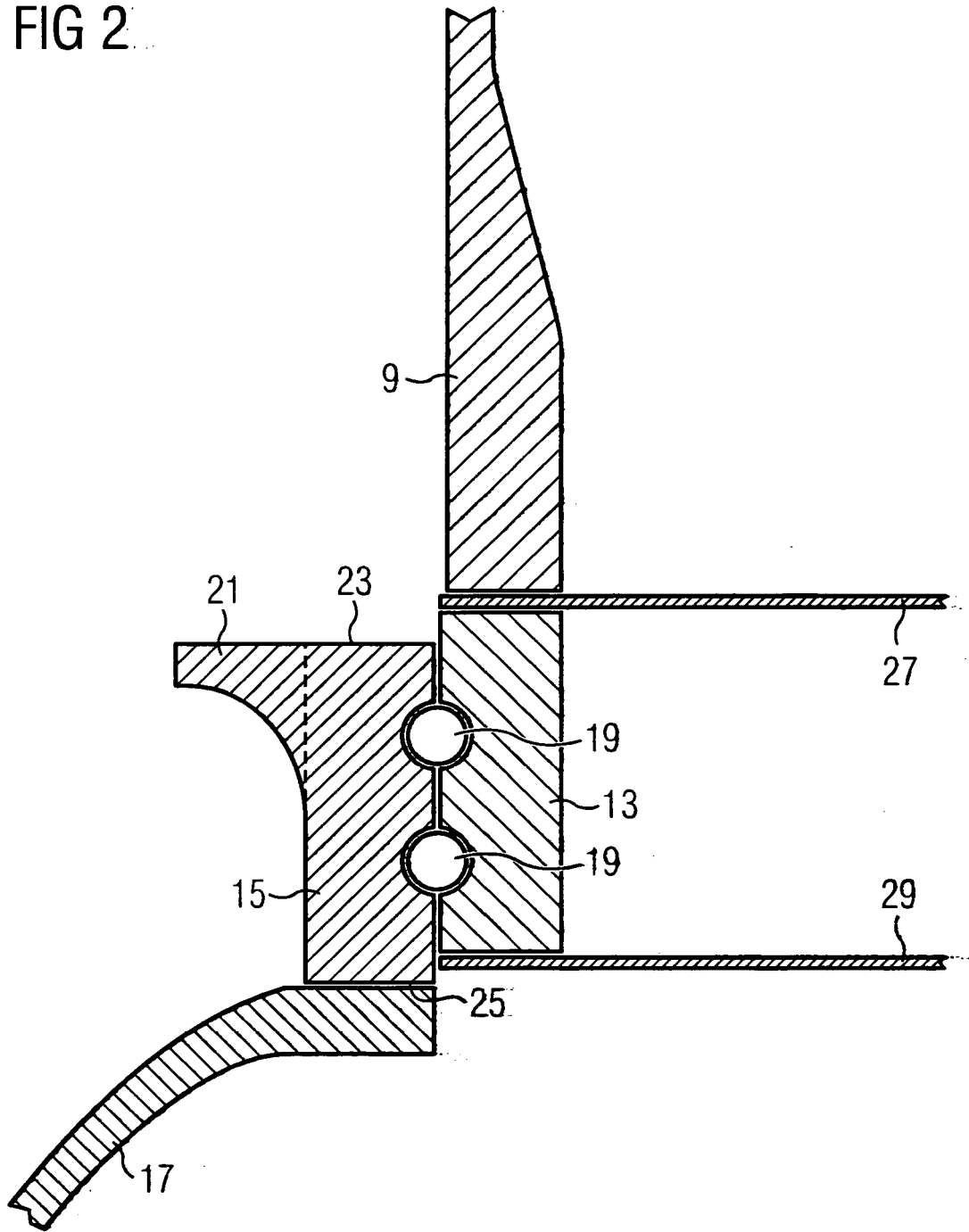


FIG. 3

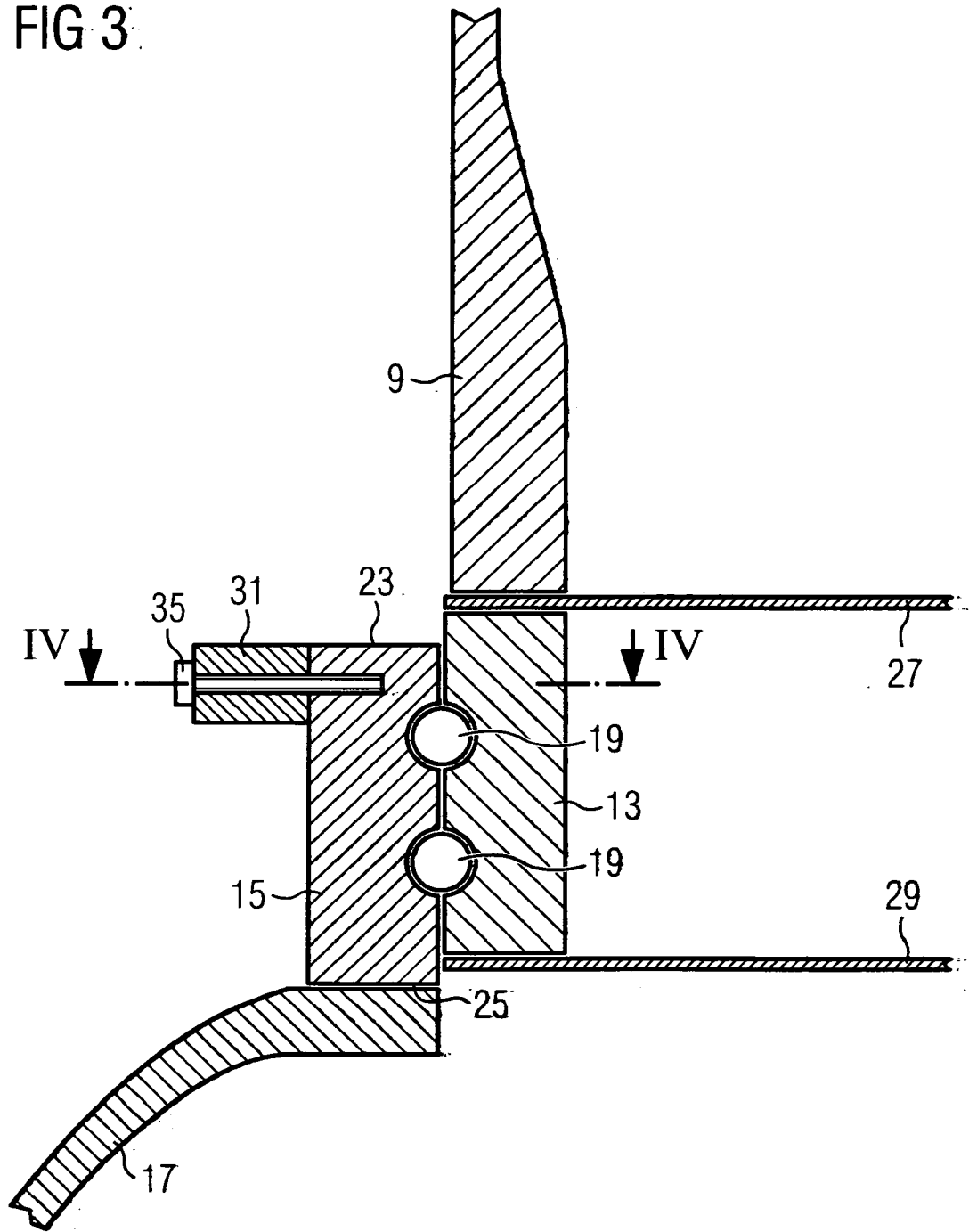


FIG 4

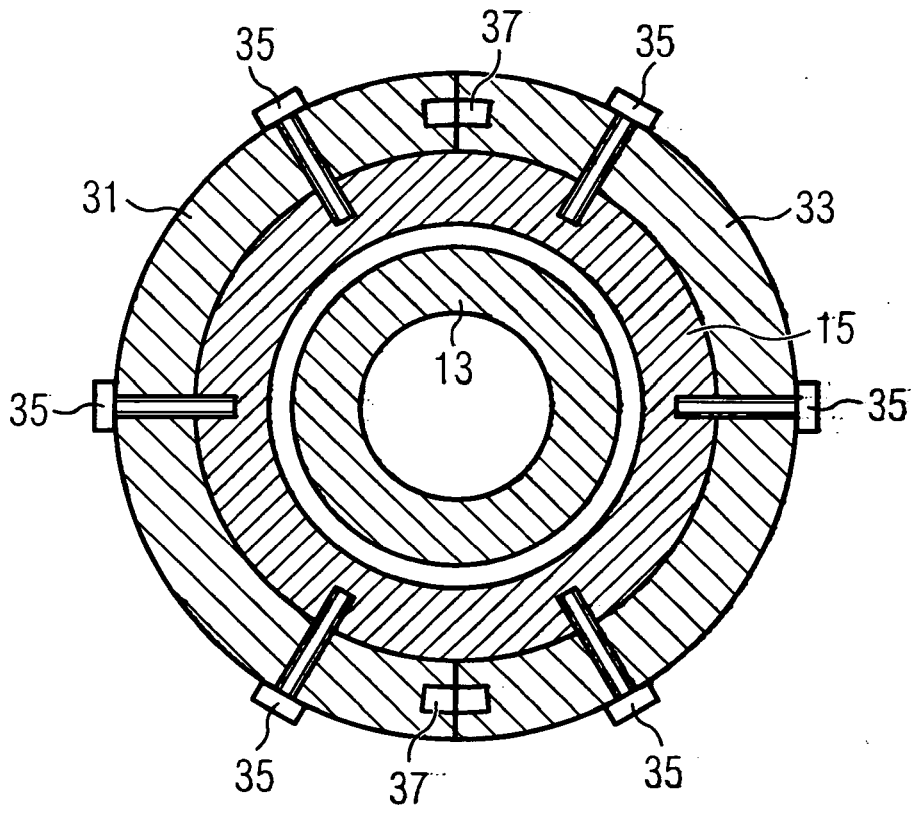


FIG 5

