



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 355 354**

⑯ Int. Cl.:

**F16C 32/06** (2006.01)

**F16C 33/10** (2006.01)

⑫

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑯ Número de solicitud europea: **00960236 .8**

⑯ Fecha de presentación : **12.09.2000**

⑯ Número de publicación de la solicitud: **1212542**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **12.06.2002**

⑯ Título: **Cojinete deslizante radial y axial combinado.**

⑯ Prioridad: **14.09.1999 BE 9900610**

⑯ Titular/es: **ATLAS COPCO AIRPOWER N.V.**  
**Boomsesteenweg 957**  
**2610 Wilrijk, BE**

⑯ Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**25.03.2011**

⑯ Inventor/es: **Michiels, Mark, Walter, Elza**

⑯ Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**25.03.2011**

⑯ Agente: **Polo Flores, Luis Miguel**

**ES 2 355 354 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

Esta invención se refiere a un cojinete deslizante radial y axial combinado.

Una forma posible de un cojinete deslizante axial lubricado con líquido es un cojinete hidrostático en el cual se usa una fuente de energía externa que suministra el líquido a presión al cojinete deslizante.

5 Este líquido se introduce en el cojinete por medio de un reductor de flujo o reductor, tal como un capilar o un pequeño orificio.

El principio de dicho cojinete hidrostático se basa en el hecho de que, cuando la abertura del cojinete se vuelve más pequeña, el flujo disminuye y la caída de presión sobre el reductor se reduce. La presión en la abertura aumenta y se compensa la fuerza causante de estrechar la abertura.

10 Estos cojinetes hidrostáticos tienen una alta capacidad de carga que depende de la presión de alimentación del líquido, una gran rigidez y una capacidad portante que depende poco de la cantidad de revoluciones.

Sin embargo, especialmente si el líquido lubricante tiene baja viscosidad, como es el caso del agua, este reductor debe ser muy sensible a las obstrucciones como resultado de lo cual este se vuelve muy sensible a obstrucciones.

15 En dicho cojinete las tolerancias son muy estrechas, en especial cuando se utiliza agua, teniendo en cuenta el hecho de que, a fin de limitar el caudal, la abertura del cojinete debe ser lo más pequeña posible.

Asimismo, debido a este reductor, la construcción del cojinete axial es bastante compleja y el cojinete resulta costoso, mientras que en la mayoría de los casos se debe aplicar una bomba para obtener suficiente presión.

20 Una de las formas de un cojinete deslizante radial lubricado con un líquido es el cojinete hidrodinámico, en el cual el movimiento del propio eje provee la presión necesaria para el líquido lubricante.

El cojinete rodea al eje dejando una pequeña holgura entre ambos. Cuando se aplica una fuerza radial en el eje, el eje se sitúa en forma excéntrica, como resultado de lo cual se forma una cuña. Bajo la influencia del movimiento giratorio del eje, el líquido se introduce a presión en este estrechamiento natural, originando una acumulación de presión. Esta acumulación de presión elevará el eje y contrarrestará la fuerza que desplazó el eje. Es así que, en equilibrio, el eje no estará centrado, ya que de lo contrario no se podría acumular presión. Idealmente, la excentricidad está comprendida entre 60% y 90%.

25 Tales cojinetes hidrodinámicos son bastante simples y económicos, pero requieren estrechas tolerancias de fabricación. En términos operativos son confiables; sin embargo, no tienen una capacidad de carga ni una rigidez elevadas. No obstante, no es ventajoso que su capacidad de carga dependa de la cantidad de revoluciones ni que durante el arranque haya contacto entre el eje y el cojinete y por consiguiente se produzca desgaste.

30 Sin embargo, también se ha descrito cómo combinar un cojinete axial hidrostático y un cojinete radial hidrostático en un único cojinete deslizante.

35 El documento US 4.239.303 describe una estructura de cojinete que busca aumentar la capacidad de carga radial. Este objetivo se logra mediante una construcción particular del cojinete axial, con la cual la lubricación forzada de los cojinetes se logra mediante una bomba de lubricante. Debido a la construcción del cojinete, el lubricante puede quedar atrapado en las esquinas de la carcasa del cojinete. Como consecuencia de ello, el área de carga radial aumenta y se forman áreas de apoyo axial hidrostático en la carcasa del cojinete.

40 La solicitud de patente internacional WO 99/13.224 describe un cojinete en el cual el lubricante se suministra por medio de un canal a un cojinete hidrodinámico radial que tiene una presión especificada. Gracias a la construcción particular del cojinete autolubricante, el fluido se suministra a un espacio que tiene una presión inferior. Mediante un cojinete de empuje, el fluido fluye hacia una cámara que tiene una presión aún menor y el cojinete de empuje actúa principalmente como un cojinete hidrodinámico.

En la patente británica número GB 639.293 también se describe, entre otros, un cojinete deslizante radial y axial combinado.

45 Se proporciona un eje con dos anillos entre los cuales se provee un aro fijo con una pequeña holgura y que está provisto de una serie de cavidades en su circunferencia interna, donde, por medio de una boquilla reductora, se forma un reductor y se suministra un fluido, como por ejemplo aire o vapor.

Este fluido fluye a través de las cavidades hasta el anillo y así forma una capa de fluido alrededor del eje, de modo tal que este último apoya radialmente. Este fluido fluye radialmente hacia afuera a través de la abertura

formada por la holgura entre los extremos del aro y el anillo y evita el contacto entre el aro y el anillo o, en otras palabras, proporciona el cojinete axial.

De hecho, la patente británica mencionada describe un cojinete radial hidrostático que se alimenta por medio de varios estrechamientos que alimentan diferentes cámaras alrededor del cojinete. En lugar de alimentar el cojinete axial hidrostático por medio de un estrechamiento separado, se utiliza el estrechamiento que se forma

5 proveyendo el estrechamiento del cojinete radial en serie con el propio cojinete radial.

Sin embargo, debido a la presencia de las boquillas que forman un estrechamiento o reductor, este cojinete combinado conocido posee las mismas desventajas que los cojinetes axiales mencionados anteriormente, entre ellas el riesgo de obstrucción de dichos estrechamientos.

10 La invención se refiere a un cojinete deslizante radial y axial combinado que no presenta estas desventajas y por lo tanto no provoca riesgo de obstrucción de un capilar o boquilla y que es relativamente económico y compacto.

La presente invención pretende solucionar algunas de las desventajas arriba mencionadas y/u otras desventajas y se relaciona con un cojinete deslizante radial y axial combinado que está compuesto, por una parte, por un cojinete deslizante radial hidrodinámico que rodea un eje que apoyará con una holgura, de modo tal que entre el eje y el cojinete deslizante radial se forma una primera abertura estrecha; un conducto de suministro que se extiende a través del cojinete deslizante radial está conectado con una fuente de líquido a presión; el líquido que fluye desde la boca del conducto de suministro en la primera abertura y, por otra parte, al menos un cojinete

15 deslizante axial hidrostático que, con una holgura, está situado frente a una porción de superficie del eje que se extiende radialmente hacia adentro, de modo tal que también entre esta última porción de superficie del eje y una porción del cojinete deslizante axial dirigida radialmente se forma una segunda abertura, estando esta segunda abertura en conexión con la primera abertura, de forma tal que este cojinete deslizante axial es alimentado por medio de la primera abertura y solo la porción de la primera abertura estrecha entre la boca del conducto de suministro y el borde del cojinete deslizante radial cumple la función de reductor para el cojinete deslizante axial.

20 25 No se requiere ningún reductor externo, por lo que se eliminan todas las desventajas mencionadas anteriormente derivadas de dicho reductor externo.

La primera abertura y la segunda abertura no tienen que estar necesariamente en conexión directa entre sí, sino que pueden estarlo por medio de una cámara entre el eje y la carcasa del cojinete.

Una porción de esta carcasa puede limitar con las aberturas directamente. En el interior de la carcasa también se pueden proveer uno o más amortiguadores de apoyo o similares, que limiten con una abertura.

30 El cojinete combinado puede ser simple y comprender un único cojinete deslizante axial en un extremo del cojinete radial; de esta forma, la segunda abertura está en conexión con un extremo de la primera abertura. Sin embargo, en una variante, el cojinete combinado tiene doble cara y comprende dos cojinetes deslizantes axiales, uno en cada extremo del cojinete deslizante radial, por lo que las segundas aberturas de los dos cojinetes deslizantes axiales están en conexión con los dos extremos de la primera abertura, respectivamente.

35 40 En este último caso, la conexión de la primera abertura a la fuente de líquido a presión preferentemente termina en el centro de la primera abertura o en dos ubicaciones situadas simétricamente con respecto al centro de la primera abertura.

En el otro caso con un cojinete axial, la mencionada conexión puede terminar en cualquier ubicación de la primera abertura, por lo que, para un mismo caudal de líquido, la caída de presión en esta abertura depende de dicha ubicación.

45 Con la intención de describir mejor las características de la invención, a modo de ejemplo y sin carácter restrictivo, a continuación se describen dos formas preferidas de una realización de un cojinete deslizante radial y axial combinado de acuerdo con la presente invención, con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

la figura 1 representa esquemáticamente un corte transversal de un eje apoyado por medio de un cojinete deslizante combinado de acuerdo con la invención;

la figura 2 representa esquemáticamente un corte transversal de acuerdo con lo indicado en la figura 1, pero con respecto a otra forma de realización del cojinete deslizante combinado de acuerdo con la invención.

50 En la figura 1 se representa un eje 1 o, más específicamente, un extremo de dicho eje 1 que está apoyado radialmente y axialmente en un cojinete deslizante radial y axial combinado lubricado con agua 2-3.

Este eje 1 está fijado, por ejemplo, a uno de los rotores de un compresor lubricado con agua y, con respecto al modo de apoyo axial, muestra un cambio de diámetro abrupto.

Por consiguiente comprende una porción 4 de un diámetro mayor y otra porción 5 de un diámetro más pequeño que forma el extremo libre, de manera tal que entre estas porciones 4 y 5 se forma un hombro dirigido radialmente o, en otras palabras, una porción de superficie dirigida radialmente 6.

El cojinete deslizante combinado 2-3 consiste esencialmente en un cojinete deslizante radial hidrodinámico 2 que rodea la porción 4 de diámetro más grande y un cojinete deslizante axial hidrostático 3, los cuales se forman en una carcasa de cojinete 7.

El cojinete deslizante radial 2 comprende un amortiguador de apoyo 8 que rodea la porción del eje 1 con una holgura, de modo tal que entre ambos se crea una primera abertura estrecha 9.

La boca 10 de un conducto de suministro 11, el cual se extiende a través del cojinete deslizante 2, para agua a una presión  $P_{in}$ , estando dicho conducto conectado a una fuente de agua a presión no representada en la figura 1, por ejemplo el conducto de agua para inyección en los rotores del compresor, termina en esta abertura 9.

El cojinete deslizante radial hidrodinámico 2 se calculó de acuerdo con métodos estándares conocidos, por ejemplo, el método de Summerfeld que se describe, entre otros, en "Machine-onderdelen" de Roloff/Matek, p. 450-473, en el que se tomaron en consideración las condiciones operativas, la capacidad de acumulación, el lubricante aplicado, que en el ejemplo dado es agua.

El cojinete deslizante axial 3 comprende un amortiguador de apoyo en forma de aro 12 que está fijado frente a la mencionada porción de superficie radial 6 del eje 1 contra otra porción, también dirigida radialmente, de la pared interior de la carcasa del cojinete 7, donde entre dicho amortiguador de apoyo 12 y la porción de superficie se forma una segunda abertura 13. Este amortiguador de apoyo 12 forma así una porción dirigida radialmente del cojinete deslizante 3.

Esta segunda abertura 13 está en conexión con la primera abertura 9 mencionada anteriormente por medio de una cámara cerrada en forma de aro 14 que se forma entre los dos amortiguadores de apoyo 8 y 12, entre el lado interior de la carcasa del cojinete 7 y el eje 1.

Este cojinete axial 3 también se calculó de acuerdo con métodos estándares conocidos para cojinetes deslizantes axiales hidrostáticos alimentados por un reductor, tal como, entre otros, el que se describe en "Machine-onderdelen" de Roloff/Matek, p. 25.473-479, con la diferencia de que, en lugar del diámetro de un orificio o capilar, como parámetro se utilizó la distancia desde la referida boca 10 en la primera abertura 9 hasta la cámara 14 en el extremo de esta abertura 9.

En este cálculo clásico, la ecuación para calcular la caída de presión sobre el reductor se reemplaza por una ecuación que describe la caída de presión en el conjunto que se describe a continuación. La caída de presión sobre el cojinete se puede calcular de una manera simplificada, usando la siguiente ecuación:

$$\Delta P = Q \cdot 12 \text{ visco} \cdot L / (0,5 S)^3 \cdot \Pi \cdot D$$

35

en la que:

Q = caudal

visco = viscosidad del medio

40 L = distancia desde los orificios hasta el borde del cojinete

D = diámetro del cojinete radial

S = holgura del cojinete radial en sentido diametral

$\Delta P$  = caída de presión sobre el cojinete:  $P_{in} - P_{ax}$ .

El cojinete deslizante combinado 2-3 funciona de la siguiente manera:

45 El cojinete deslizante radial 2 normalmente funciona como un cojinete hidrodinámico. Esto significa que el líquido que se introduce en la abertura 9 a la presión  $P_{in}$  crea una capa en forma de aro bajo la influencia de la rotación

del eje 1, de modo tal que el eje es elevado hasta la posición de equilibrio, tal como se representa en la figura 1 mediante las flechas 15. En esta posición de equilibrio, el eje 1 no está centrado en el cojinete radial 2.

El cojinete deslizante axial 3 se alimenta con agua que fluye de la boca 10 en la primera abertura 9 del cojinete deslizante radial 2. Dado que esta abertura 9 es muy estrecha, a lo largo del trayecto entre esta boca 10 y la cámara 14 se crea una caída de presión  $\Delta P$  que es igual al caudal.

En esta cámara 14, y por lo tanto también en la entrada de la segunda abertura 13 del cojinete deslizante axial hidrostático 3, prevalece una presión  $P_{ax} = P_{in} - \Delta P$ .

Debido a la acumulación de presión durante su funcionamiento, el rotor, y por lo tanto también el eje 1, serán empujados axialmente en esa dirección. Las fuerzas axiales que actúan sobre el eje 1 se indican en la figura 1 mediante la flecha 16.

Como consecuencia de dichas fuerzas axiales, el eje 1 tenderá a desplazarse en la dirección de la flecha 16. Sin embargo, cuando el ancho de la abertura 3 disminuya, el caudal de agua que atraviesa esta abertura 13 disminuirá, al igual que disminuirá el caudal que atraviesa la primera abertura 9, como consecuencia de lo cual también disminuirá la caída de presión  $\Delta P$ .

De la anterior ecuación se puede deducir que, como resultado de lo anterior, la presión  $P_{ax}$  aumenta y, consecuentemente, la mencionada fuerza axial es contrarrestada hasta que se logra el equilibrio.

Cuando la fuerza axial cae por debajo de este equilibrio, el ancho de la abertura 13 aumenta, como resultado de lo cual el caudal de agua aumenta y la caída de presión  $\Delta P$  se amplifica. Por tal motivo, la presión  $P_{ax}$  también disminuye hasta que se logra nuevamente el equilibrio.

De este modo, la primera abertura 9 asume el papel de orificio o capilar para el cojinete deslizante axial 3.

Está claro que la caída de presión  $\Delta P$  depende de la longitud de la porción de la abertura 9 entre la boca 10 y la cámara 14. En la figura 1 esta boca 10 se representa en el centro de la abertura 9; sin embargo, si esta boca 10 se desplaza hacia el cojinete deslizante axial 3 o se aleja de dicho cojinete deslizante 3, para un mismo caudal la caída de presión  $\Delta P$  disminuirá o aumentará, respectivamente.

Al calcular el cojinete deslizante axial 3, se dispone que, si el ancho de la abertura 13 es mínimo, lo cual depende de la carrera y la inclinación del cojinete deslizante axial 3 y de la rugosidad de las superficies, la presión  $P_{ax}$  es lo más alta posible y, como consecuencia, la caída de presión  $\Delta P$  es mínima. Sin embargo, igualmente debe haber un caudal de agua que sea lo suficientemente grande como para disipar el calor generado por fricción.

Con un ancho máximo de la abertura 13, que no puede ser demasiado grande, la mencionada presión  $P_{ax}$  debe ser lo más baja posible y, como consecuencia, la caída de presión  $\Delta P$  debe ser máxima.

La forma de realización representada en la figura 2 difiere de la descrita previamente en cuanto a que, el cojinete combinado 2-3 tiene doble cara. Esto significa que puede soportar fuerzas axiales tanto en la dirección indicada por la flecha 16 como en la dirección opuesta, representada por la flecha 17 en la figura 2, y con este fin comprende, además de un cojinete deslizante radial 2, dos cojinetes deslizantes axiales 3, que son idénticos a los cojinetes 2 y 3, respectivamente, descritos con anterioridad.

El eje 1 comprende dos porciones 5 con un diámetro menor, en virtud de lo cual entre la porción de mayor diámetro 4 y cada una de las porciones 5 se forma un hombro y consecuentemente una porción de superficie dirigida radialmente 6, frente a la cual se sitúa un cojinete axial 3.

Por medio de una cámara 14, las aberturas 13 de los dos cojinetes deslizantes axiales 3 se conectan respectivamente con ambos extremos de la abertura 9 del cojinete deslizante radial 2.

El agua que se introduce en la abertura 9 a la presión  $P_{in}$  se divide en dos flujos de caudal bien definido, uno hacia cada abertura 13.

El cojinete deslizante radial 2 funciona como en la forma de realización de acuerdo con la figura 1. Además, los dos cojinetes deslizantes axiales 3 funcionan de la misma manera descrita previamente, pero en la que el ancho de una de las aberturas 13 disminuye cuando el ancho de la otra aumenta y viceversa.

Generalmente se elige la boca 10 ubicada a la mitad de la distancia entre los dos cojinetes deslizantes axiales 3 y estos últimos se eligen iguales entre sí de modo tal que, en posición de equilibrio, ambas aberturas 13 tendrán el mismo ancho y los caudales de flujo hacia dichas aberturas 13 serán iguales. Tan pronto como se produzca una desviación de este equilibrio, un caudal será mayor que el otro y consecuentemente las presiones  $P_{ax}$  serán diferentes y la presión axial excesiva quedará contrarrestada.

En una variante, el conducto de suministro 11 se divide en dos en su extremo, por lo que existen entonces dos bocas 10 que, tal como se ilustra en línea discontinua en la figura 2, terminan en la abertura 9 simétricamente con respecto a la mitad de la distancia entre los dos cojinetes deslizantes axiales 3.

El líquido introducido a la abertura 9 por medio del conducto de suministro 11 no necesariamente debe ser agua. Puede ser, por ejemplo, aceite u otro líquido lubricante.

Las aberturas 9 y 13 no deben estar necesariamente en conexión por medio de una cámara 14. Posiblemente pueden estar conectadas entre sí directamente.

La invención no está limitada de manera alguna a las formas de realización descritas previamente y representadas en las figuras sino que, por el contrario, dicho cojinete deslizante radial y axial combinado se puede realizar en diferentes variantes sin alejarse del alcance de la invención.

5

10

## REIVINDICACIONES

- 1.- Un cojinete deslizante radial y axial combinado que está compuesto, por una parte, por un cojinete deslizante radial hidrodinámico (2) que rodea un eje (1) que apoyará con una holgura, de modo tal que entre el eje (1) y el cojinete deslizante radial (2) se forma una primera abertura estrecha (9); un conducto de suministro (11) que se extiende a través del cojinete deslizante radial (2) está conectado con una fuente de líquido a presión; el líquido que fluye de la boca (10) del conducto de suministro (11) en la primera abertura (9) y, por otra parte, al menos un cojinete deslizante axial hidrostático (3), que, con una holgura, está situado frente a una porción de superficie (6) del eje (1) que se extiende radialmente hacia adentro, de modo tal que también entre esta última porción de superficie (6) del eje (1) y una porción dirigida radialmente (12) del cojinete deslizante axial (3) se forma una segunda abertura (13), estando esta segunda abertura (13) en conexión con la primera abertura (9), de manera tal que este cojinete deslizante axial (3) es alimentado por medio de la primera abertura (9) y solo la porción de la primera abertura estrecha (9) entre la boca (10) del conducto de suministro (11) y el borde del cojinete deslizante radial (2) cumple la función de reductor para el cojinete deslizante axial (3).
- 2.- Un cojinete deslizante radial y axial combinado de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado porque la primera abertura (9) y la segunda abertura (13) están en conexión entre sí por medio de una cámara (14) entre el eje (1) y la carcasa del cojinete (7).
- 3.- Un cojinete deslizante radial y axial combinado de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2 caracterizado por ser simple y comprender un cojinete deslizante axial (3) en un extremo del cojinete radial (2), estando la segunda abertura (13) en conexión con un extremo de la primera abertura (9).
- 4.- Un cojinete deslizante radial y axial combinado de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por tener doble cara y comprender dos cojinetes deslizantes axiales (3), uno en cada extremo del cojinete deslizante radial (2), estando las segundas aberturas (13) de los dos cojinetes deslizantes axiales (3) en conexión con los dos extremos de la primera abertura (9), respectivamente.
- 5.- Un cojinete deslizante radial y axial combinado de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque la conexión de la primera abertura (9) con la fuente de líquido a presión termina en el centro de esta abertura (9).
- 6.- Un cojinete deslizante radial y axial combinado de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque la conexión de la primera abertura (9) con la fuente de líquido a presión termina en dos ubicaciones simétricas con respecto al centro de dicha abertura (9).
- 7.- Un cojinete deslizante radial y axial combinado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el cojinete deslizante radial (2) y el cojinete deslizante axial (3) comprenden un amortiguador de apoyo (8, 12).
- 8.- Un cojinete deslizante radial y axial combinado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el eje (1) es el eje de un rotor de un compresor.

