

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 791 189**

51 Int. Cl.:

C23C 4/10 (2006.01)
C23C 4/12 (2006.01)
F16C 17/04 (2006.01)
F16C 17/02 (2006.01)
F16C 33/04 (2006.01)
F16C 33/10 (2006.01)
C23C 4/11 (2006.01)
C23C 4/134 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.12.2014 PCT/EP2014/076705**
87 Fecha y número de publicación internacional: **11.06.2015 WO15082678**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.12.2014 E 14808985 (7)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2020 EP 3077564**

54 Título: **Una utilización a alta temperatura de un material de revestimiento autolubricante en un rodamiento de lámina y pieza revestida con un material de este tipo**

30 Prioridad:

05.12.2013 FR 1362190

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.11.2020

73 Titular/es:

**LIEBHERR-AEROSPACE TOULOUSE SAS
(100.0%)
408 avenue des Etats-Unis
31200 Toulouse, FR**

72 Inventor/es:

**ROCCHI, JÉRÔME y
GRAU, GRÉGORY**

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 791 189 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

Una utilización a alta temperatura de un material de revestimiento autolubrificante en un rodamiento de lámina y pieza revestida con un material de este tipo

Sector de la técnica

La presente invención se refiere a un material de revestimiento autolubrificante para una utilización a alta temperatura y una pieza revestida con un material de este tipo.

Estado de la técnica

En la gran mayoría de las turbomáquinas, se logran velocidades de rotación muy elevadas, que presentan, por ejemplo, de 20.000 a 120.000 revoluciones por minuto (rpm). Para guiar un rotor que gira a una velocidad de este tipo, resulta habitual utilizar rodamientos de láminas en lugar de rodamientos clásicos que no son compatibles con tales velocidades de rotación. Entonces, se utiliza una película de aire ambiental para portar un rotor que se encuentra, de este modo, "levitando" con respecto a un alojamiento fijo. Entonces, un rodamiento de este tipo también se denomina rodamiento aerodinámico de láminas.

Cuando el rotor gira a gran velocidad, no se produce contacto entre los diversos elementos macizos del rodamiento. No obstante, antes y después una fase de rotación a gran velocidad, durante un inicio o una parada, la película de aire que garantiza el papel de rodamiento no se forma en el alojamiento fijo y una lámina, denominada lámina superior, del rodamiento de lámina está en contacto local al mismo tiempo con el rotor y el alojamiento fijo que los recibe. Entonces, conviene prever a nivel de las superficies de contacto medios para limitar las fricciones entre estos elementos.

Se conoce la utilización de PTFE (acrónimo de politetrafluoroetileno) como lubricante para evitar un desgaste de las piezas en un rodamiento de lámina durante las fases de activación y de parada. Habitualmente, este material recubre una lámina del rodamiento orientada hacia la pieza que gira, también denominada lámina superior, y presenta un buen rendimiento a temperaturas relativamente bajas, pero no puede utilizarse a altas temperaturas (por encima de 200°C aproximadamente).

Cuando el rotor está integrado en una máquina con un motor eléctrico de potencia relativamente fuerte, este motor es una fuente de calor. El aire ambiental en esta máquina utilizado para la ventilación es, por tanto, aire caliente. Entonces, puede producirse, debido al calor del motor además del calor liberado localmente por las fricciones, una evacuación que no es suficiente de las calorías y lograr unas temperaturas elevadas del orden de 300 a 400°C.

El documento US-5.866.518 propone un material compuesto autolubrificante para reducir las fricciones y el desgaste que puede utilizarse en un intervalo muy grande de temperaturas, que tiene temperaturas criogénicas a temperaturas hasta 900°C. Este material comprende entre el 60 y el 80% en peso de óxido de cromo dispersado en un aglutinante metálico de una aleación que contiene cromo y eventualmente níquel, así como del 5 al 20% en peso de un fluoruro de los grupos I o II, o un metal de tierras raras y, eventualmente, un lubricante metálico.

Por su parte, el documento US-7.297.367 se refiere a un procedimiento de aplicación de un revestimiento lubricante de tipo inorgánico depositado sobre una lámina superior de un rodamiento de lámina para resistir a temperaturas más elevadas que los revestimientos inorgánicos anteriores. La aplicación del revestimiento se realiza mediante proyección o mediante inmersión.

Por lo tanto, la presente invención tiene como objetivo proporcionar un nuevo revestimiento que permita proteger frente al desgaste la(s) lámina(s) de un rodamiento de lámina y resistir a temperaturas elevadas.

Objeto de la invención

La presente invención se refiere, concretamente, a la protección frente al desgaste de la lámina superior, generalmente no revestida, del rodamiento. También se refiere, preferiblemente, a permitir una protección de los topes que también pueden verse sometidos a fricciones.

Para ello, la presente invención propone utilizar un revestimiento que comprende entre el 50 y el 90% en peso de alúmina (Al_2O_3) así como un óxido elegido del grupo que consiste en óxido de titanio (TiO_2), del óxido de cromo (Cr_2O_3) y una mezcla de los mismos como revestimiento autolubrificante para una utilización a alta temperatura de un rotor en un rodamiento de lámina.

Determinadas pruebas han demostrado que un revestimiento de este tipo, preferiblemente puramente cerámico y sin aglutinante metálico, está particularmente bien adaptado para resistir altas temperaturas y comprende, además, unas buenas cualidades de lubricación. Una forma de realización preferida prevista en el presente documento es que el revestimiento utilizado consista en una mezcla del 50 y el 90% en peso de alúmina (Al_2O_3) con un óxido

elegido del grupo que consiste en óxido de titanio (TiO₂), óxido de cromo (Cr₂O₃) y una mezcla de los mismos.

En una forma de realización preferida, el revestimiento según la invención es una mezcla de alúmina (Al₂O₃) y de óxido de titanio (TiO₂). Las pruebas realizadas han demostrado que se prefiere el óxido de titanio en comparación con el óxido de cromo que, no obstante, también permite lograr un buen rendimiento en cuanto a lubricación y a resistencia frente a temperaturas elevadas. Después de estas pruebas, el revestimiento comprende, preferiblemente, entre el 65 y el 75% en peso de alúmina (Al₂O₃).

La presente invención también se refiere a una pieza de turbomáquina, que comprende un rodamiento cilíndrico circular que está revestido al menos parcialmente por un revestimiento autolubricante tal como el que se describió anteriormente, es decir, un revestimiento que comprende entre el 50 y el 90% en peso de alúmina (Al₂O₃) así como un óxido elegido del grupo que consiste en óxido de titanio (TiO₂), óxido de cromo (Cr₂O₃) y una mezcla de los mismos.

Una pieza de turbomáquina de este tipo puede ser de tal manera que su revestimiento autolubricante se deposita mediante un procedimiento de proyección térmica rectificado a posteriori. El procedimiento de proyección térmica es, preferiblemente, un procedimiento de pulverización por plasma en el aire (también conocido por su denominación en inglés "air plasma spraying").

Una pieza de turbomáquina según la invención se elige, por ejemplo, del conjunto de las piezas que comprende los rotores y los discos de tope.

La presente invención se refiere, además, a una turbomáquina, caracterizada porque comprende una pieza de turbomáquina tal como la que se describió anteriormente. Una turbomáquina de este tipo comprende, entonces, preferiblemente, un rodamiento aerodinámico de láminas que presenta un alojamiento en el que se colocan, por un lado, una parte cilíndrica circular de una pieza de turbomáquina, estando dicha parte cilíndrica circular revestida al menos parcialmente con un revestimiento autolubricante que comprende entre el 50 y el 90% en peso de alúmina (Al₂O₃) así como un óxido elegido del grupo que consiste en óxido de titanio (TiO₂), óxido de cromo (Cr₂O₃) y una mezcla de los mismos y, por otro lado, al menos una lámina, disponiéndose dicha lámina superior, enfrente de dicha parte cilíndrica circular, encontrándose dicha lámina superior en su estado original.

Finalmente, la presente invención se refiere a un dispositivo de acondicionamiento de aire, caracterizado porque comprende una turbomáquina descrita en el párrafo anterior.

Descripción detallada de la invención

Los detalles y ventajas de la presente invención resultarán más evidentes a partir de la siguiente descripción que presenta una forma de realización particular de la invención.

Más particularmente, la invención se refiere a la introducción en un rotor o un disco de tope de una turbomáquina en la que de las piezas pueden girar a velocidades elevadas (por ejemplo, superiores a 60.000 rpm) de un revestimiento autolubricante. Una turbomáquina de este tipo puede estar motorizada eléctricamente o no. Las piezas que giran a tales velocidades, o el rotor, están montadas, de la manera más habitual, en rodamientos de láminas y la presente invención se refiere, más particularmente, a máquinas que comprenden al menos un rodamiento de este tipo.

Un rodamiento de lámina, o rodamiento aerodinámico de lámina, comprende un alojamiento en el que se coloca una parte cilíndrica circular de un rotor. Se prevé que, a velocidades de rotación muy elevadas, una película de aire se forma entre el alojamiento y la parte cilíndrica evitando cualquier contacto de esta parte cilíndrica con la pared interior del alojamiento correspondiente. No obstante, cuando un régimen permanente no se ha establecido todavía, pueden producirse contactos. Entonces, se prevé disponer una lámina de material lubricante para evitar un desgaste del alojamiento y/o de la parte cilíndrica correspondiente. Esta lámina garantiza la lubricación del rodamiento en las fases de activación y de parada de la pieza que gira.

Los documentos US-7.297.367 y WO- 2007/004770 ilustran dos tipos diferentes de rodamientos de láminas a los que puede aplicarse la presente invención. Otros tipos de rodamientos que permiten os velocidades de rotación (muy) elevadas también pueden estar incluidos en la presente invención.

En general, un disco de tope está asociado a un rodamiento y tiene como objetivo evitar un desplazamiento longitudinal de la pieza que gira. Asimismo, en este caso, en las fases transitorias (activación y parada de la turbomáquina) resulta necesario prever una lubricación para evitar un desgaste prematuro de los discos de tope.

La presente invención propone revestir un rotor y/o un disco de tope, o al menos la parte cilíndrica circular de un rotor y/o una cara de un disco de tope que se coloca a nivel de un rodamiento, de un revestimiento autolubricante que permite resistir temperaturas elevadas (que llegan, por ejemplo, hasta 400°C).

El revestimiento propuesto, en una forma de realización preferida, está compuesto por alúmina (Al_2O_3) y por óxido de titanio (TiO_2) y se aplica mediante un procedimiento de proyección térmica. Este revestimiento tiene, por tanto, como objetivo, proteger frente al desgaste del entorno en el que la temperatura puede variar de -50°C a $+400^\circ\text{C}$, en un rodamiento aerodinámico de lámina, concretamente durante las fases transitorias (activación, parada y eventualmente cambio del régimen de rotación), las piezas revestidas y las que entran en contacto con estas piezas revestidas.

Aunque resulta habitual revestir una lámina superior de un rodamiento aerodinámico con un material lubricante, la presente invención propone conservar de manera original esta lámina superior, es decir, colocándose la lámina del rodamiento enfrente de la parte cilíndrica circular del cuerpo que gira. Por tanto, en este caso, la lámina superior no presenta revestimiento.

Inicialmente, la presente invención se refiere al revestimiento propiamente dicho. Tal como se indicó, este revestimiento comprende en una forma de realización preferida alúmina y óxido de titanio. La proporción de alúmina (Al_2O_3) está comprendida entre el 50 y el 90% en peso del revestimiento. Esta proporción, en una forma preferida se sitúa aproximadamente en el 70%, por ejemplo, entre el 65 y el 75% en peso de la mezcla que forma el revestimiento.

En el revestimiento, el óxido de titanio (TiO_2) sirve para complementar la alúmina. Un modo de realización preferido prevé de este modo el 70% en peso de alúmina (Al_2O_3) y el 30% en peso de óxido de titanio (TiO_2).

Según una variante de realización de la invención, todo o parte del óxido de titanio puede sustituirse por el óxido de cromo (Cr_2O_3). Así, el revestimiento puede estar constituido por alúmina (del 50 al 90% en peso), por óxido de titanio (del 0 al 50% en peso) y/o por óxido de cromo (del 0 al 50% en peso).

Así, un revestimiento según la forma de realización preferida de la presente invención solo comprende elementos cerámicos "duros" y no se prevé ningún aglutinante metálico entre estos elementos cerámicos.

Se han realizado ensayos comparativos utilizando un revestimiento según la forma de realización preferida de la presente invención y un revestimiento de referencia de la técnica anterior. El revestimiento de la técnica anterior elegido lleva la referencia PS304. Corresponde a un matiz descrito en la patente US-5.866.518. Su composición corresponde a una mezcla de cuatro componentes: el 60% en peso de NiCr como matriz, el 20% en peso de Cr_2O_3 para garantizar una resistencia al desgaste, una estabilidad química y una alta resistencia a la oxidación, el 10% en peso de Ag como lubricante y el 10% en peso eutéctico de $\text{BaF}_2/\text{CaF}_2$ como lubricante de alta temperatura.

Se han realizado mediciones de par de resistencia a una temperatura de 300°C . Cuando el par de resistencia máximo se sitúa entre 0,30 y 0,35 Nm con un revestimiento de la técnica anterior, está comprendido entre 0,25 y 0,30 Nm con un revestimiento según la invención. En relación con el par de resistencia residual, este es sustancialmente nulo con un revestimiento según la invención mientras que es del orden de 0,01 Nm con un revestimiento de la técnica anterior.

Los coeficientes de fricción también se miden. Se señala que a una temperatura baja (20°C), el coeficiente de fricción con una mezcla de Al_2O_3 y de TiO_2 según la invención es más elevado (0,19 frente a 0,17) por el contrario, a temperaturas más elevadas, el coeficiente de fricción disminuye con la presente invención para encontrarse a aproximadamente 0,13 frente a 300°C mientras que para el revestimiento PS304, este coeficiente permanece casi inalterado a 300°C (aproximadamente 0,19).

En cuanto al desgaste, el revestimiento según la invención es particularmente interesante. Se ha medido el desgaste en mm^3 del revestimiento en un árbol tras 10.000 ciclos, después tras 100.000 ciclos. Mientras que con un revestimiento según la invención en los dos casos el desgaste se limita a algunos (menos de 10) mm^3 , es del orden de 150 mm^3 en 10.000 ciclos, desgaste evaluado como demasiado elevado para concebir un ensayo de 100.000 ciclos.

Estos diversos ensayos muestran unos rendimientos excelentes obtenidos con un revestimiento según la presente invención, concretamente en intervalos de temperaturas elevadas. Estos rendimientos no se logran e ilustran, de este modo, el interés de la invención.

La presente invención también se refiere a una pieza de turbomáquina revestida al menos parcialmente con un revestimiento autolubricante cerámico tal como el que se describió anteriormente.

Esta pieza de turbomáquina será, por ejemplo, un rotor, o al menos una parte cilíndrica circular de un rotor destinada a colocarse en un rodamiento aerodinámico de láminas.

Esta pieza de turbomáquina también puede ser un disco de tope, concretamente un disco de tope utilizado en combinación con un rodamiento aerodinámico de láminas. Se puede prever revestir con un revestimiento autolubricante según la invención al menos una cara del disco de tope destinada a orientarse hacia el rodamiento

con el que se asocia.

5 La turbomáquina que contiene el rodamiento y un rotor y/o un disco de tope según la presente invención puede ser cualquier tipo de turbomáquina. Concretamente, puede tratarse de una turbomáquina accionada por un motor eléctrico o una turbomáquina accionada por un flujo de air. La presente invención también se refiere a una turbomáquina de este tipo.

10 El revestimiento descrito anteriormente puede aplicarse a un rotor o un disco de tope (o una parte de rotor o una parte de disco de tope) por ejemplo mediante cualquier tipo de procedimiento de proyección térmica. Preferiblemente, este revestimiento se aplicará mediante un procedimiento de pulverización por plasma en el aire (conocido bajo la denominación en inglés "air plasma spraying").

15 Tras la pulverización del revestimiento sobre el rotor o sobre el disco de tope (o al menos sobre una parte del rotor o del disco), la superficie revestida de la pieza se rectifica y/o se finaliza mediante un procedimiento de acabado vibratorio.

20 De este modo, la presente invención permite hacer funcionar un rodamiento aerodinámico a una temperatura más elevada que los rodamientos de la técnica anterior que utilizan revestimientos de tipo fluoropolímero. Un revestimiento según la presente invención puede utilizarse a temperaturas que llegan al menos hasta 400°C, es decir, temperaturas que se encuentran en velocidades de rotación muy elevadas y/o en turbomáquinas accionadas eléctricamente.

25 En efecto, durante el funcionamiento de un rodamiento aerodinámico cuando aumenta la velocidad de rotación, la cizalladura de la película aerodinámica también aumenta. De este modo, cuando se alcanzan las velocidades elevadas, se consigue un calentamiento térmico importante que provoca un aumento de la temperatura a nivel del rodamiento (y del disco de tope).

30 Además, en las máquinas accionadas eléctricamente, el calor liberado por el motor calienta el aire ambiental, lo que también conlleva un aumento de la temperatura a nivel de los rodamientos aerodinámicos y de los discos de tope.

La presente invención permite trabajar a una alta temperatura. Los ensayos también demuestran una gran resistencia de un rodamiento con un rotor según la presente invención dado que se han realizado 150.000 ciclos de parada y de activación con temperaturas que llegan hasta 350°C.

35 La invención permite realizar de manera eficaz la lubricación de rodamientos con piezas que giran a velocidades superiores a 60.000 rpm (revoluciones por minuto) así como en turbomáquinas accionadas por un motor eléctrico.

40 La presente invención puede encontrar su aplicación, por ejemplo, en dispositivos que ponen en práctica turbomáquinas, por ejemplo, dispositivos de climatización y/o de acondicionamiento de aire tales como los instalados a bordo de aeronaves para manipular el aire en una cabina general y una cabina de pilotaje.

45 Naturalmente, la presente invención no se limita a la forma de realización preferida ni a las variantes de realización presentadas anteriormente a modo de ejemplos no limitativos. También se refiere a las variantes de realización al alcance del experto en la técnica en el marco de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Utilización de un revestimiento que comprende entre el 50 y el 90% en peso de alúmina (Al_2O_3) así como un óxido elegido del grupo que consiste en óxido de titanio (TiO_2), óxido de cromo (Cr_2O_3) y una mezcla de los mismos como revestimiento autolubricante de un rotor o de un disco de tope para una utilización a alta temperatura, superior a $300^{\circ}C$, de un rotor en un rodamiento de lámina.
- 10 2. Utilización de un revestimiento según la reivindicación 1, caracterizada porque el revestimiento consiste en una mezcla del 50 al 90% en peso de alúmina (Al_2O_3) con un óxido elegido del grupo que consiste en óxido de titanio (TiO_2), óxido de cromo (Cr_2O_3) y una mezcla de los mismos.
- 15 3. Utilización de un revestimiento según la reivindicación 2, caracterizada porque el revestimiento consiste en una mezcla de alúmina (Al_2O_3) y de óxido de titanio (TiO_2).
- 20 4. Utilización de un revestimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque el revestimiento comprende entre el 65 y el 75% en peso de alúmina (Al_2O_3).
- 25 5. Turbomáquina, caracterizada porque comprende un rodamiento aerodinámico de láminas que presenta un alojamiento en el que se colocan, por un lado, una parte cilíndrica circular de una pieza de turbomáquina, estando dicha parte cilíndrica circular revestida al menos parcialmente con un revestimiento autolubricante que comprende entre el 50 y el 90% en peso de alúmina (Al_2O_3) así como un óxido elegido del grupo que consiste en óxido de titanio (TiO_2), óxido de cromo (Cr_2O_3) y una mezcla de los mismos y, por otro lado, al menos una lámina, colocándose dicha lámina superior, enfrente de dicha parte cilíndrica circular, no estando dicha lámina superior revestida con un revestimiento.
6. Dispositivo de acondicionamiento de aire, caracterizado porque comprende una turbomáquina según la reivindicación 5.