

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 928 885**

51 Int. Cl.:

G01M 13/045 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.03.2019** **PCT/EP2019/056087**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.10.2019** **WO19197096**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2019** **E 19711289 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2022** **EP 3775828**

54 Título: **Monitorización del estado de los cojinetes de deslizamiento mediante el sonido transmitido por la estructura**

30 Prioridad:

11.04.2018 DE 102018205491

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

23.11.2022

73 Titular/es:

**ZF FRIEDRICHSHAFEN AG (100.0%)
Löwentaler Strasse 20
88046 Friedrichshafen, DE**

72 Inventor/es:

**VATH, ANDREAS y
SCHMIDT, SEBASTIAN**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 928 885 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

Monitorización del estado de los cojinetes de deslizamiento mediante el sonido transmitido por la estructura

La invención se refiere a un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1 y a un dispositivo según el preámbulo de la reivindicación 7.

5 Para detectar el estado de desgaste de los cojinetes de deslizamiento, se conocen en el estado de la técnica procedimientos basados en mediciones de la temperatura. Al observar un aumento anormal de la temperatura se deducen daños en el cojinete de deslizamiento. Otra posibilidad de controlar los cojinetes de deslizamiento consiste en la determinación técnica por medición de la hendidura del cojinete. En ambos casos se necesitan sensores que se insertan directamente en el cojinete de deslizamiento. Esto resulta, por un lado, complejo y costoso y, por otro lado, problemático con respecto al espacio de instalación disponible.

10 Por el estado de la técnica se conocen además procedimientos para la detección precoz de daños en los engranajes, que prevén una evaluación del ruido transmitido por la estructura. Se mide, por ejemplo, el sonido estructural resultante del engranaje de los dientes para obtener conocimientos acerca de los daños del dentado. Sin embargo, estos procedimientos no son aplicables a los cojinetes de deslizamiento, ya que éstos emiten poco sonido y el sonido emitido tampoco permite hacer afirmaciones sobre el estado de desgaste debido a la fricción del líquido en el cojinete de deslizamiento.

15 Otras descripciones del estado de la técnica se encuentran en los documentos US 2016/342148 A1, US 2005/284225 A1 y DE 102011006125 A1.

20 La invención tiene por objeto mejorar la determinación del estado de funcionamiento de un cojinete de deslizamiento en comparación con las soluciones conocidas por el estado de la técnica.

Esta tarea se resuelve por medio de un procedimiento según la reivindicación 1 y de un dispositivo según la reivindicación 7.

Otras formas de realización preferidas se encuentran en las reivindicaciones dependientes.

25 El procedimiento sirve para la determinación de un estado de funcionamiento, especialmente de un estado de desgaste, de un cojinete de deslizamiento. Mediante el cojinete de deslizamiento, se apoya una primera rueda dentada que engrana con una segunda rueda dentada. La primera rueda dentada se puede fijar, por ejemplo, en un eje apoyado de forma giratoria mediante el cojinete de deslizamiento. También es posible fijar la primera rueda dentada directamente en el cojinete de deslizamiento o en un anillo exterior del cojinete de deslizamiento, o integrar el anillo exterior del cojinete de deslizamiento en la rueda dentada formando una sola pieza.

30 Cuando la primera rueda dentada y la segunda rueda dentada giran y se transmite entre las dos ruedas dentadas un par de giro, se produce durante el engranaje de los dientes, es decir, en los dentados engranados de la primera rueda dentada y de la segunda rueda dentada, un sonido estructural. El sonido estructural es el sonido que se propaga en un cuerpo. En este caso, el sonido estructural se propaga en la primera rueda dentada y en la segunda rueda dentada y se transmite a las piezas de engranaje circundantes, donde se puede medir con ayuda de un sensor. En particular, es posible medir el sonido estructural en una carcasa de engranaje.

35 Para la medición del sonido estructural existen diferentes sensores adecuados para el registro de vibraciones como, por ejemplo, sensores de sonido transmitido por la estructura, sensores de aceleración, MEMS o también el método de impulsos de choque.

40 Según la invención, a una señal del sensor se le asigna una variable que se correlaciona con el estado de funcionamiento del cojinete de deslizamiento. Esto significa que el estado de funcionamiento del cojinete de deslizamiento se evalúa en función del sonido estructural medido por medio del sensor al engranar la primera rueda dentada y la segunda rueda dentada. Esto es posible porque con el progresivo desgaste del cojinete de deslizamiento aumenta la hendidura del cojinete. Como consecuencia se produce un desplazamiento, es decir, un cambio en la posición de la primera rueda dentada con respecto a la segunda rueda dentada. Debido al desplazamiento de la primera rueda dentada cambia la anatomía del engranaje de los dientes y, en consecuencia, el sonido estructural causado al engranar los dientes.

45 En el caso de la variable asignada a la señal del sensor se puede tratar de un parámetro físico que caracteriza el estado del cojinete de deslizamiento. Como variable se puede elegir, por ejemplo, la holgura absoluta o relativa del cojinete de deslizamiento. También es posible asignar a la señal del sensor una evaluación. La evaluación se puede llevar a cabo de forma cuantitativa, asignando a la señal un número de medición, o de forma cualitativa. En una evaluación cualitativa, la señal del sensor se clasifica en una de varias categorías. Una designación de las categorías constituye la variable. La señal se puede clasificar, por ejemplo, en las dos categorías "conforme" y "no conforme". Si en virtud de la señal del sensor se parte de la base de que el cojinete de deslizamiento aún no ha alcanzado su límite de desgaste, se considera "conforme". Por lo tanto, se considera "no conforme" si hay que partir de la base de que el cojinete de deslizamiento ha superado su límite de desgaste. La determinación del estado de funcionamiento del cojinete de deslizamiento por medio de un sensor que mide el sonido estructural es comparativamente sencilla, ya que el sensor puede disponerse fuera del cojinete de deslizamiento, por ejemplo, en la carcasa de un engranaje. Además,

se pueden utilizar sensores estándar generalmente disponibles. No es necesario fabricar los sensores especialmente para su montaje en el cojinete de deslizamiento.

Normalmente, la señal medida por el sensor no sólo incluye el sonido estructural debido al engranaje de la primera rueda dentada y de la segunda rueda dentada, sino también el sonido estructural generado por otras piezas del engranaje. Según la invención, estas señales de interferencia se filtran de la señal medida de manera que la señal filtrada corresponda a una señal del sonido estructural causado por el engranaje de los dientes. La señal filtrada contiene los componentes de la señal que representan el sonido estructural causado por el engranaje de los dentados de la primera rueda dentada y de la segunda rueda dentada. Gracias a la filtración de la señal se simplifica la evaluación del estado de funcionamiento del cojinete de deslizamiento.

Determinados estados de funcionamiento del cojinete de deslizamiento van acompañados de un espectro de frecuencias y/o de orden característico del sonido estructural resultante del engranaje de los dentados de la primera rueda dentada y de la segunda rueda dentada. Por lo tanto, para la asignación de la variable correlacionada con el estado de funcionamiento del cojinete de deslizamiento se calcula, en una forma de realización perfeccionada preferida, un espectro de frecuencias y/o un espectro de orden de la señal filtrada. En especial, se puede calcular un espectro envolvente, un cepstrum y/o una curtosis.

El sonido estructural causado por el engranaje de la primera rueda dentada y de la segunda rueda dentada no sólo depende del estado de funcionamiento del cojinete de deslizamiento, sino también de la velocidad de rotación de la primera rueda dentada y de la segunda rueda dentada, de la temperatura del cojinete de deslizamiento y del par de giro aplicado a las ruedas dentadas. En una variante de realización perfeccionada preferida, se registras, por lo tanto, una o varias de estas variables, que se consideran a la hora de la asignación de la variable a la señal medida por el sensor.

La variable correlacionada con el estado de funcionamiento del cojinete de deslizamiento se puede asignar a la señal del sensor comparando la señal con señales de referencia medidas previamente en cojinetes de deslizamiento con un estado de funcionamiento conocido. Si la señal coincide con una señal de referencia de este tipo, se le asigna a la señal la variable correspondiente al estado de funcionamiento del cojinete de deslizamiento en el que se midió la señal de referencia coincidente.

Alternativamente, la asignación se puede llevar a cabo sobre la base de un modelo. En una forma de realización perfeccionada preferida, la señal filtrada y/o el espectro de frecuencias y/o el espectro de órdenes de la señal filtrada se determinan en consecuencia mediante simulación, utilizando un modelo de la primera rueda dentada, de la segunda rueda dentada y del cojinete de deslizamiento. En el caso del modelo utilizado se puede tratar de un modelo físico o analítico y/o de una red neuronal artificial entrenada por aprendizaje automático (KNN). El modelo es capaz de reproducir el estado de funcionamiento del cojinete de deslizamiento simulado. Al comparar la señal medida con la simulación se pueden sacar conclusiones acerca de un estado de funcionamiento del cojinete de deslizamiento examinado.

Con preferencia, el procedimiento se perfecciona de manera que la simulación se lleve a cabo de forma iterativa a través de varios estados de funcionamiento del cojinete de deslizamiento simulado. En cada iteración, se utiliza un modelo con un cojinete de deslizamiento que presenta un estado de funcionamiento diferente. De este modo, se pueden obtener resultados de simulación para diferentes estados de funcionamiento y compararlos con el cojinete de deslizamiento examinado o con la señal medida por el sensor.

En otra variante de realización perfeccionada preferida, las variables determinadas por la simulación se comparan respectivamente con una variable correspondiente determinada por medición.

El dispositivo según la invención presenta un cojinete de deslizamiento, una primera rueda dentada, una segunda rueda dentada, un sensor y una unidad de evaluación. La primera rueda dentada se apoya por medio del cojinete de deslizamiento y, en su caso, por medio de al menos otro cojinete de deslizamiento y engrana con la segunda rueda dentada. El sensor está diseñado para medir el sonido estructural causado por el engranaje de la primera rueda dentada y de la segunda rueda dentada o por un dentado de la primera rueda dentada y un dentado de la segunda rueda dentada. De acuerdo con la invención, la unidad de evaluación implementa el procedimiento según la invención o una variante de realización perfeccionada preferida, es decir, la unidad de evaluación se ha configurado para la ejecución de este procedimiento.

Un ejemplo de realización preferido de la invención se representa en la figura 1. Se muestra en detalle en la:

Figura 1 una disposición de ruedas dentadas.

Una primera rueda dentada 101 y una segunda rueda dentada 103 de la disposición ilustrada en la figura 1 engranan entre sí. La primera rueda dentada 101 está fijada en un eje 105 apoyado de forma giratoria por medio de un primer cojinete de deslizamiento 107a y de un segundo cojinete de deslizamiento 107b.

Como consecuencia del desgaste del primer cojinete de deslizamiento 107a y del segundo cojinete de deslizamiento 107b, se produce un aumento de la holgura del cojinete. Como consecuencia, aumenta la movilidad radial del eje 105 y de la primera rueda dentada 101. Por esta razón, al aplicar la carga, la distancia axial entre la primera rueda dentada 101 y la segunda rueda dentada 103 va aumentando. Esto influye en el engranaje de la primera rueda dentada 101 y de la segunda rueda dentada 103 y provoca un cambio en las emisiones de ruido.

Las emisiones de ruido se miden mediante un sensor 109 y se evalúan en un sistema de control 111. Las emisiones de ruido medidas sirven al sistema de control 111 como indicador del estado de desgaste del primer cojinete de deslizamiento 107a y del segundo cojinete de deslizamiento 107b. Un cambio en las emisiones de ruido que sigue un determinado patrón, que se puede determinar, por ejemplo, a través de mediciones de referencia, indica el desgaste de los cojinetes 107a, 107b.

5

Lista de referencias

101	Primera rueda dentada
103	Segunda rueda dentada
105	Eje
107a	Primer cojinete de deslizamiento
107b	Segundo cojinete de deslizamiento
109	Sensor
111	Sistema de control

10

15

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación de un estado de funcionamiento de al menos un cojinete de deslizamiento (107a, 107b); en el que
 - 5 una primera rueda dentada (101) se apoya de forma giratoria por medio del cojinete de deslizamiento (107a, 107b) y engrana con una segunda rueda dentada (103); y en el que
 - por medio de un sensor (109) se mide el sonido estructural causado por el engranaje de la primera rueda dentada (101) y de la segunda rueda dentada (103); evaluándose
 - 10 el estado de funcionamiento del cojinete de deslizamiento (107a, 107b) mediante el sonido estructural medido por el sensor (109) causado por el engranaje de la primera rueda dentada (101) y de la segunda rueda dentada (103),
 - caracterizado por que
 - la señal se filtra, correspondiendo
 - 15 la señal filtrada a una señal del sonido estructural debido al engranaje de los dientes.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se calcula un espectro de frecuencias y/o un espectro de orden de la señal filtrada.
- 20 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se registran una velocidad de rotación de la primera rueda dentada (101) y/o una temperatura del cojinete de deslizamiento (107a, 107b) y/o un par de giro aplicado a la primera rueda dentada (101).
- 25 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores; caracterizado por que utilizando un modelo de la primera rueda dentada (101), de la segunda rueda dentada (103) y del cojinete de deslizamiento (107a, 107b), se determina la señal filtrada y/o el espectro de frecuencias y/o el espectro de orden de la señal filtrada por simulación, reproduciendo el modelo el estado de funcionamiento del cojinete de deslizamiento (107a, 107b).
- 30 5. Procedimiento según la reivindicación anterior, caracterizado por que la simulación se lleva a cabo de forma iterativa a través de varios estados de funcionamiento del cojinete de deslizamiento (107a, 107b).
6. Procedimiento según la reivindicación 4 o 5; caracterizado por que las variables determinadas por la simulación se comparan con una variable correspondiente determinada por la medición.
- 35 7. Disposición con al menos un cojinete de deslizamiento (107a, 107b), una primera rueda dentada (101), una segunda rueda dentada (103), un sensor (109) y una unidad de evaluación (111); apoyándose la primera rueda dentada (101) en el cojinete de deslizamiento (107a, 107b) y engranando la misma con la segunda rueda dentada (103);
- 40 diseñándose un sensor (109) para medir el sonido estructural causado por el engranaje de la primera rueda dentada (101) y de la segunda rueda dentada (103); caracterizada por que la unidad de evaluación (111) se configura para la ejecución de un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores.

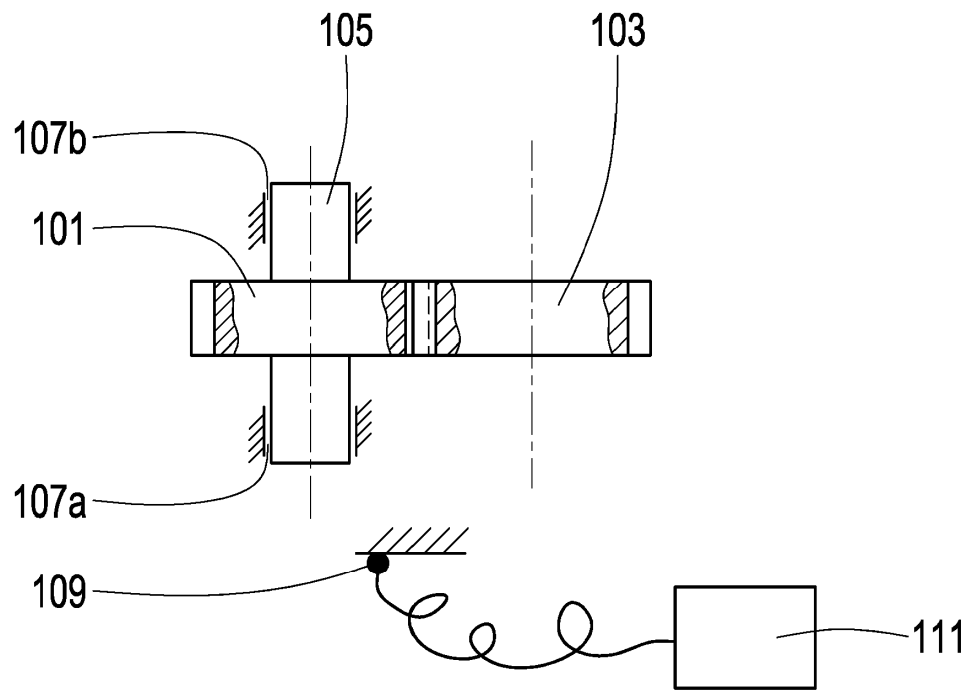


Fig. 1