

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 545 897**

51 Int. Cl.:

F16C 39/02 (2006.01)

F16C 32/04 (2006.01)

H02K 7/08 (2006.01)

H02K 7/09 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.02.2014 E 14155715 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.08.2015 EP 2770223**

54 Título: **Máquina provista de rodamiento de seguridad**

30 Prioridad:

20.02.2013 FI 20135151
01.03.2013 EP 13157420

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.09.2015

73 Titular/es:

SULZER PUMP SOLUTIONS AB (100.0%)
Grabrödersgatan 2, 6tr
211 21 Malmö, SE

72 Inventor/es:

LANTTO, ERKKI;
TOMMILA, VILLE y
PALKO, MARKO PETERI

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 545 897 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

Máquina provista de rodamiento de seguridad

5 Campo de la invención

La invención se refiere a una máquina incluyendo un rotor, un estator, rodamientos principales para soportar rotativamente el rotor con respecto al estator, y al menos un rodamiento de seguridad para soportar rotativamente el rotor con respecto al estator en una situación donde los rodamientos principales no son operativos.

10

Antecedentes

En algunos casos hay que dotar a una máquina rotativa de rodamientos de seguridad además de rodamientos principales. Los rodamientos principales están dispuestos para soportar rotativamente el rotor de la máquina durante la operación normal, y los rodamientos de seguridad están dispuestos para soportar rotativamente el rotor cuando los rodamientos principales no son operativos. La máquina puede ser, por ejemplo, una turbomáquina que puede ser por ejemplo un turbosoplador, un turbocompresor o una bomba, y los rodamientos principales pueden ser por ejemplo rodamientos magnéticos sin contacto. Cuando los rodamientos magnéticos no son operativos, por ejemplo debido a un corte de la potencia eléctrica, el rotor cae siendo soportado por los rodamientos de seguridad. También es posible que los rodamientos magnéticos no sean operativos en el sentido de que todavía estén activos, pero se supere su capacidad de carga. También en este caso, los rodamientos de seguridad tienen que soportar el rotor. Típicamente, hay holguras radial y axial entre el rotor y los rodamientos de seguridad cuando el rotor es soportado por los rodamientos principales al objeto de que los rodamientos de seguridad no perturben la operación normal de la máquina.

15

20

25

Dicha holgura radial permite que el rotor remolinee cuando sea soportado por los rodamientos de seguridad. Por ejemplo, cuando los rodamientos de seguridad son rodamientos de bolas, el rotor pasa típicamente a movimiento de remolino cilíndrico hacia delante cuando cae siendo soportado por los rodamientos de seguridad. Este movimiento de remolino produce fuerzas centrífugas altas que someten a esfuerzo las estructuras mecánicas de la máquina.

30

La publicación US4629261 describe un dispositivo de seguridad y centrado para un rotor soportado por rodamientos magnéticos sin contacto. El dispositivo de seguridad y centrado proporciona soporte de centrado al rotor si los rodamientos magnéticos sin contacto pierden potencia. El eje de rotor incluye un aro con una superficie de rozamiento cónica, y el rodamiento de seguridad incluye un manguito controlado por un electroimán con muelles de neutralización y que también tiene una superficie de rozamiento cónica. En caso de fallo de potencia, los muelles juntan las dos superficies cónicas y proporcionan soporte de centrado al rotor. El ángulo cónico de las superficies cónicas tiene que ser relativamente pequeño con el fin de proporcionar un efecto de centrado apropiado. En los ejemplos mostrados en US4629261 el ángulo de conicidad es de aproximadamente 30 grados, donde el ángulo de conicidad es el ángulo entre la superficie cónica y el eje de la simetría rotacional de la superficie cónica. Un reto relacionado con la solución técnica descrita en US4629261 es que requiere una buena alineación entre el eje rotacional determinada por el efecto de centrado antes descrito y el momento de inercia principal del rotor porque de otro modo se pueden producir fuerzas centrífugas altas.

35

40

WO 2012/152539 A1 describe un rodamiento de seguridad que tiene un ángulo cónico de 75°-80°.

45

Resumen

A continuación se presenta un resumen simplificado con el fin de proporcionar una comprensión básica de algunos aspectos de la invención. El resumen no es una vista general amplia de la invención. Tampoco se pretende identificar elementos clave o críticos de la invención ni esbozar el alcance de la invención. El resumen siguiente presenta simplemente algunos conceptos de la invención de una forma simplificada como preludeo a la descripción más detallada de realizaciones ejemplares de la invención.

50

Según la invención se facilita una máquina incluyendo:

55

- un rotor y un estator,

- rodamientos principales para soportar rotativamente el rotor con respecto al estator, y

60

- al menos un rodamiento de seguridad para soportar rotativamente el rotor con respecto al estator en una situación donde los rodamientos principales no sean operativos.

Hay una holgura radial y una holgura axial entre el rotor y el rodamiento de seguridad cuando el rotor es soportado por los rodamientos principales. Una superficie de contacto del rotor dispuesta para contactar el rodamiento de seguridad en respuesta al cierre de la holgura axial es oblicua con respecto a un plano espacial perpendicular a un eje rotacional del rotor de modo que un ángulo entre el eje rotacional del rotor y la normal de la superficie de

65

contacto en un punto de contacto entre el rotor y el rodamiento de seguridad sea superior a cero y a lo sumo 5 grados. Por lo tanto, en un caso ejemplar donde la superficie de contacto del rotor es cónica, el ángulo de conicidad es de al menos 85 grados. Así, la forma cónica de la superficie de contacto es tan roma que el efecto de centrado proporcionado por la forma cónica cuando el rotor es empujado contra el rodamiento de seguridad es tan pequeño que el rotor, incluso aunque no sea forzado, puede girar alrededor de su momento de inercia principal. En unión con la presente invención, se ha observado inesperadamente que la oblicuidad antes descrita de la superficie de contacto elimina al menos parcialmente una excitación para movimiento de remolino cuando el rotor es soportado por los rodamientos de seguridad.

10 Varias realizaciones no limitadoras y ejemplares de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes acompañantes.

15 Varias realizaciones no limitadoras y ejemplares de la invención, tanto en lo relativo a las construcciones como a los métodos de operación, conjuntamente con sus objetos y ventajas adicionales, se entenderán mejor a partir de la descripción siguiente de realizaciones ejemplares específicas leída en conexión con los dibujos acompañantes.

20 Los verbos “comprender” e “incluir” se usan en este documento como limitaciones abiertas que ni excluyen ni requieren la existencia de características no expuestas. Las características expuestas en las reivindicaciones dependientes se pueden combinar libremente entre sí a no ser que se indique explícitamente lo contrario.

Breve descripción de las figuras

25 Realizaciones ejemplares de la invención y sus ventajas se explican con más detalle más adelante como ejemplos y con referencia a los dibujos acompañantes, en los que:

La figura 1 representa una ilustración esquemática de una parte de una máquina según una realización ejemplar de la invención.

30 La figura 2a ilustra el comportamiento de un sistema de rodamientos de seguridad según la técnica anterior, y la figura 2b ilustra el comportamiento de un sistema de rodamientos de seguridad según una realización ejemplar de la invención.

35 La figura 3 representa una ilustración esquemática de una parte de una máquina según una realización ejemplar de la invención.

Y la figura 4 representa una ilustración esquemática de una máquina según una realización ejemplar de la invención.

Descripción de las realizaciones ejemplares

40 La figura 1 representa una ilustración esquemática de una parte de una máquina según una realización ejemplar de la invención. La máquina incluye un rotor 101, un estator 102, y rodamientos principales 103 para soportar rotativamente el rotor con respecto al estator. La máquina puede ser, por ejemplo, una máquina eléctrica, y el rotor 101 puede ser un rotor de la máquina eléctrica y el estator 102 puede ser un estator de la máquina eléctrica. En el caso ejemplar ilustrado en la figura 1, los rodamientos principales son rodamientos magnéticos sin contacto. La máquina incluye un rodamiento de seguridad 104 para soportar rotativamente el rotor 101 con respecto al estator 102 en una situación donde los rodamientos principales 103 no sean operativos por ejemplo debido a un corte de la potencia eléctrica. Durante la operación normal cuando el rotor 101 es soportado por los rodamientos principales 103, hay una holgura radial 105 y una holgura axial 106 entre el rotor y el rodamiento de seguridad 104 al objeto de que el rodamiento de seguridad no perturbe la operación normal de la máquina. Una superficie de contacto 107 del rotor dispuesta para contactar el rodamiento de seguridad en respuesta al cierre de la holgura axial 106 es oblicua con respecto a un plano espacial perpendicular a un eje rotacional 122 del rotor de modo que un ángulo α entre el eje rotacional del rotor y una normal de la superficie de contacto 107 en un punto de contacto entre el rotor y el rodamiento de seguridad sea superior a cero y a lo sumo 5 grados. La superficie de contacto 107 del rotor es oblicua con respecto al plano espacial de modo que el punto de contacto se aproxime, en la dirección axial, al rodamiento de seguridad 104 cuando el punto de contacto se aproxime, en la dirección radial, al eje rotacional 122 del rotor. En otros términos, la superficie de contacto 107 se ahúsa hacia el rodamiento de seguridad 104. El eje rotacional 122 del rotor es paralelo con el eje z de un sistema de coordenadas 199 y dicho plano espacial es paralelo con el plano xy del sistema de coordenadas 199. El ángulo α puede ser por ejemplo:

60 $C1 < \alpha \leq C2,$

donde C1 es uno de los siguientes: 0, 1, 2, 3, 4 grados y C2 es uno de los siguientes de modo que $C2 > C1$: 1, 2, 3, 4, 5 grados.

Más preferiblemente C1 es uno de los siguientes: 0, 1, 2, 3, o 4 grados y C2 es uno de los siguientes de modo que $C2 > C1$: 1, 2, 3, 4, o 5 grados.

5 El ángulo α se selecciona de modo que la forma ahusada de la superficie de contacto 107 sea tan roma que el efecto de centrado proporcionado por la forma ahusada cuando el rotor es empujado contra el rodamiento de seguridad 104 sea tan pequeño que el rotor pueda girar alrededor de su momento de inercia principal. Un valor o rango ventajoso para el ángulo α se puede hallar con simulaciones y/o con experimentos.

10 En el caso ejemplar ilustrado en la figura 1, la superficie de contacto 107 del rotor es cónica de modo que el ángulo α sea sustancialmente constante cuando el punto de contacto se aproxime o aleje del eje rotacional 122 del rotor, es decir, el ángulo α es sustancialmente constante en la superficie de contacto 107. La forma cónica de la superficie de contacto 107 es tan roma que el efecto de centrado proporcionado por la forma cónica cuando el rotor es empujado contra el rodamiento de seguridad 104 es tan pequeño que el rotor puede girar alrededor de su momento de inercia principal. Además, cuando el ángulo α es pequeño de modo que el ángulo α sea a lo sumo unos pocos grados, por ejemplo 5 grados, por ejemplo el ángulo α es aproximadamente 1 grado, es prácticamente posible diseñar la holgura radial 105 y la holgura axial 106 sustancialmente independientemente una de otra. El rotor puede ser empujado contra el rodamiento de seguridad 104 por ejemplo por fuerzas aerodinámicas que actúan en un impulsor movido por el rotor.

20 En una máquina según una realización ejemplar de la invención, el rodamiento de seguridad 104 incluye un rodamiento de contacto rodante 108 incluyendo un aro exterior soportado por un bastidor de la máquina, un aro interior rotativo, y elementos rodantes entre los aros interior y exterior. El rodamiento de contacto rodante 108 puede incluir, por ejemplo, uno o más rodamientos de bolas dispuestos de manera que sean capaces de soportar carga axial. En el caso ejemplar ilustrado en la figura 1, el rodamiento de contacto rodante incluyen dos rodamientos de bolas dispuestos de manera que sean capaces de soportar carga axial en ambas direcciones.

25 En una máquina según una realización ejemplar de la invención, el rodamiento de seguridad 104 incluye un elemento de manguito incluyendo una primera parte 109 que está radialmente entre el aro interior y el rotor y una segunda parte 110 que está axialmente entre el rodamiento de contacto rodante y la superficie de contacto 107 del rotor. La segunda parte 110 incluye una superficie que entra en contacto con el rotor en respuesta al cierre de la holgura axial 106.

30 La oblicuidad antes descrita de la superficie de contacto 107 del rotor elimina al menos parcialmente una excitación para movimiento de remolino cuando el rotor es soportado por el rodamiento de seguridad 104. Este efecto se ilustra a continuación con referencia a las figuras 2a y 2b, donde la figura 2a ilustra el comportamiento de un sistema de rodamientos de seguridad según la técnica anterior y la figura 2b ilustra el comportamiento de un sistema de rodamientos de seguridad según una realización ejemplar de la invención.

35 La figura 2a ilustra un caso donde un rotor 221 es empujado por una fuerza F en la dirección axial contra un rodamiento de seguridad 224. La dirección axial es paralela al eje z de un sistema de coordenadas 299. A efectos ilustrativos, se supone que el eje rotacional 222 del rotor se ha movido en la dirección y positiva del sistema de coordenadas 299 alejándose del eje rotacional 223 del rodamiento de seguridad. Además, se supone que la velocidad rotacional del rotor es ω_R y la velocidad rotacional del rodamiento de seguridad es ω_B . En un punto de contacto 225, una diferencia de velocidad Δv_1 entre el rotor y el rodamiento de seguridad es:

45
$$\Delta v_1 = \omega_R R_{R1} - \omega_B R_B, \quad (1)$$

donde R_{R1} es la distancia del eje rotacional 222 del rotor al punto de contacto 225 y R_B es la distancia del eje rotacional 223 del rodamiento de seguridad al punto de contacto 225. En un punto de contacto 226, una diferencia de velocidad Δv_2 entre el rotor y el rodamiento de seguridad es:

50
$$\Delta v_2 = \omega_R R_{R2} - \omega_B R_B, \quad (2)$$

donde R_{R2} es la distancia del eje rotacional 222 del rotor al punto de contacto 226.

55 En un caso donde las velocidades rotacionales ω_R y ω_B están adaptadas de modo que prácticamente no haya deslizamiento en el punto de contacto 225, es decir, $\Delta v_1 \approx 0$, hay deslizamiento en el punto de contacto 226, es decir, $\Delta v_2 \neq 0$. El deslizamiento en el punto de contacto 226 produce una fuerza paralela al eje x del sistema de coordenadas 229. Esta fuerza puede representar la excitación para movimiento de remolino del rotor 221. Correspondientemente, cuando las velocidades rotacionales ω_R y ω_B están adaptadas de modo que prácticamente no haya deslizamiento en el punto de contacto 226, es decir, $\Delta v_2 \approx 0$, hay deslizamiento en el punto de contacto 225, es decir, $\Delta v_1 \neq 0$. Este deslizamiento produce una fuerza que puede representar la excitación para el movimiento de remolino. La dirección de la fuerza es típicamente tal que produzca movimiento de remolino hacia delante. Realmente, cuando $R_{R1} \neq R_{R2}$, ambos Δv_1 y Δv_2 pueden ser cero si y solamente si $\omega_R = \omega_B = 0$, porque el par de

ecuaciones formado por las ecuaciones (1) y (2) tiene un determinante no cero.

La figura 2b ilustra un caso donde un rotor 201 según una realización ejemplar de la invención es empujado por la fuerza F en la dirección axial contra un rodamiento de seguridad 204. A efectos ilustrativos suponemos que el eje rotacional 232 del rotor se ha movido en la dirección y positiva del sistema de coordenadas 299 alejándose del eje rotacional 233 del rodamiento de seguridad. Debido a la forma cónica de la superficie de contacto 207, hay una holgura 206 entre la superficie de contacto 207 y el rodamiento de seguridad. Por lo tanto, las velocidades rotacionales del rotor 201 y el rodamiento de seguridad 204 pueden adaptarse de modo que no haya deslizamiento en el contacto entre el rodamiento de seguridad y el rotor. Por lo tanto, se puede evitar la situación relacionada con la técnica anterior e ilustrada con referencia a la figura 2a. En la situación relacionada con la técnica anterior e ilustrada con referencia a la figura 2a, siempre hay al menos un contacto con deslizamiento si el eje rotacional 222 del rotor 221 se ha movido con respecto al eje rotacional 223 del rodamiento de seguridad 224.

La superficie de contacto del rotor dispuesta para contactar el rodamiento de seguridad en respuesta al cierre de la holgura axial no tiene que ser necesariamente cónica. Esto se ilustra en la figura 3 que representa una ilustración esquemática de una parte de una máquina según una realización ejemplar de la invención.

En el caso ejemplar ilustrado en la figura 3, el perfil de la superficie de contacto 307 del rotor 301 es cóncavo de modo que el ángulo entre la normal de la superficie de contacto y el eje rotacional 322 del rotor aumenta cuando el punto de contacto se mueve hacia el eje rotacional 322 del rotor. En la situación ilustrada en la figura 3, el rodamiento de seguridad 304 contacta el rotor 301 en el punto de contacto 325 y el ángulo entre el eje rotacional 322 y la normal de la superficie de contacto en el punto de contacto 325 es α_1 . Si el rodamiento de seguridad 304 contactase el rotor 301 en un punto 326 más lejos del eje rotacional 322 que el punto de contacto 325, el ángulo correspondiente sería α_2 que es menor que α_1 .

En una máquina según una realización ejemplar de la invención, el perfil de la superficie de contacto 307 del rotor es un arco de un primer círculo que tiene un radio R .

En una máquina según una realización ejemplar de la invención, un perfil de una superficie de contacto 311 del rodamiento de seguridad 304 es un arco de un segundo círculo que tiene un radio menor que R como se ilustra en la figura 3.

La figura 4 representa una ilustración esquemática de una máquina según una realización ejemplar de la invención. La máquina incluye un motor eléctrico, una cámara 431 que tiene una entrada 432 y una salida 433 para el fluido a mover, y un impulsor 434 colocado en la cámara para mover el fluido. El motor eléctrico es alimentado con un convertidor 435 que está conectado a una red de potencia eléctrica 437. El motor eléctrico puede ser, por ejemplo, un motor de inducción, un motor síncrono de imán permanente, un motor cc sin escobillas, o un motor de reluctancia. El motor eléctrico incluye un estator 402 y un rotor 401 conectado al impulsor 434. El estator 402 incluye rodamientos principales 403 para soportar rotativamente el rotor con respecto al estator, una estructura de núcleo de estator 436 incluyendo devanados de estator, y rodamientos de seguridad 404a y 404b para soportar el rotor 401 rotativamente con respecto al estator en una situación donde los rodamientos principales 403 no son operativos. Los rodamientos principales 403 pueden ser, por ejemplo, rodamientos magnéticos sin contacto. En la máquina ejemplar ilustrada en la figura 4, el impulsor 434 está conectado directamente al rotor 401 del motor eléctrico. Sin embargo, también es posible tener un engranaje entre el impulsor y el motor que mueve el impulsor. El motor eléctrico puede ser, por ejemplo aunque no necesariamente, un motor de inducción de alta velocidad que tenga un rotor sólido. En este documento, el término "alta velocidad" significa que la velocidad rotacional del motor es superior a 5000 rpm.

Durante la operación normal cuando el rotor 401 es soportado por los rodamientos principales 403, hay una holgura radial y una holgura axial entre el rotor y los rodamientos de seguridad 404a y 404b para que los rodamientos de seguridad no perturben la operación normal de la máquina. Una superficie de contacto del rotor dispuesta para contactar el rodamiento de seguridad en respuesta al cierre de la holgura axial es oblicua con respecto a un plano espacial perpendicular a un eje rotacional del rotor de modo que un ángulo entre el eje rotacional del rotor y la normal de la superficie de contacto en un punto de contacto entre el rotor y el rodamiento de seguridad sea superior a cero y a lo sumo 5 grados.

Los ejemplos específicos expuestos en la descripción anterior no deberán ser interpretados como limitación de la aplicabilidad y/o la interpretación de las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Una máquina incluyendo:

- 5 - un rotor (101, 301, 401) y un estator (102, 402),
 - rodamientos principales (103, 403) para soportar rotativamente el rotor con respecto al estator, y
 10 - al menos un rodamiento de seguridad (104, 304, 404a, 404b) para soportar rotativamente el rotor con respecto al estator en una situación donde los rodamientos principales no son operativos,

donde hay una holgura radial (105) y una holgura axial (106) entre el rotor y el rodamiento de seguridad cuando el rotor es soportado por los rodamientos principales, **caracterizada porque** una superficie de contacto (107, 307) del rotor dispuesta para contactar el rodamiento de seguridad en respuesta al cierre de la holgura axial es oblicua con respecto a un plano espacial perpendicular a un eje rotacional del rotor de modo que un ángulo (α) entre el eje rotacional del rotor y una normal de la superficie de contacto en un punto de contacto entre el rotor y el rodamiento de seguridad sea superior a cero y a lo sumo 5 grados.

20 2. Una máquina según la reivindicación 1, donde la superficie de contacto (107) del rotor es oblicua con respecto al plano espacial de modo que el punto de contacto se mueva, en una dirección axial, hacia el rodamiento de seguridad cuando el punto de contacto se mueva, en una dirección radial, hacia el eje rotacional del rotor.

25 3. Una máquina según la reivindicación 1 o 2, donde el ángulo (α) es superior a C1 y a lo sumo C2, donde C1 es uno de los siguientes 0, 1, 2, 3, o 4 grados y C2 es uno de los siguientes de modo que $C2 > C1$: 1, 2, 3, 4, o 5 grados.

30 4. Una máquina según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, donde la superficie de contacto (107) del rotor es cónica de modo que el ángulo sea sustancialmente constante cuando el punto de contacto se aproxime o aleje del eje rotacional del rotor.

5. Una máquina según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, donde un perfil de la superficie de contacto (307) del rotor es cóncavo de modo que el ángulo aumente cuando el punto de contacto se aproxime al eje rotacional del rotor.

35 6. Una máquina según la reivindicación 5, donde el perfil de la superficie de contacto (307) del rotor es un arco de un primer círculo.

40 7. Una máquina según la reivindicación 6, donde un perfil de una superficie de contacto (311) del rodamiento de seguridad es un arco de un segundo círculo que tiene un radio más pequeño que el primer círculo, estando dispuesta la superficie de contacto del rodamiento de seguridad para contactar el rotor en respuesta al cierre de la holgura axial.

45 8. Una máquina según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, donde el rodamiento de seguridad (104) incluye un rodamiento de contacto rodante (108) incluyendo un aro exterior soportado por un bastidor de la máquina, un aro interior rotativo, y elementos rodantes entre los aros interior y exterior.

9. Una máquina según la reivindicación 8, donde el rodamiento de seguridad incluye uno o más rodamientos de bolas dispuestos de manera que sean capaces de soportar carga axial.

50 10. Una máquina según la reivindicación 8 o 9, donde el rodamiento de seguridad incluye un elemento de manguito incluyendo:

- una primera parte (109) que está radialmente entre el aro interior y el rotor, y
- 55 - una segunda parte (110) que está axialmente entre el rodamiento de contacto rodante y la superficie de contacto (107) del rotor,

teniendo la segunda parte una superficie que está en contacto con el rotor en respuesta al cierre de la holgura axial.

60 11. Una máquina según cualquiera de las reivindicaciones 1-10, donde los rodamientos principales (103) son rodamientos magnéticos sin contacto.

65 12. Una máquina según cualquiera de las reivindicaciones 1-11, donde la máquina es una máquina eléctrica y el rotor es un rotor de la máquina eléctrica y el estator es un estator de la máquina eléctrica.

13. Una máquina según cualquiera de las reivindicaciones 1-12, donde la máquina incluye:

- una cámara (431) que tiene una entrada (432) y una salida (433) para el fluido a mover, y
- un impulsor (434) conectado al rotor (401) y colocado en la cámara para mover el fluido.

5

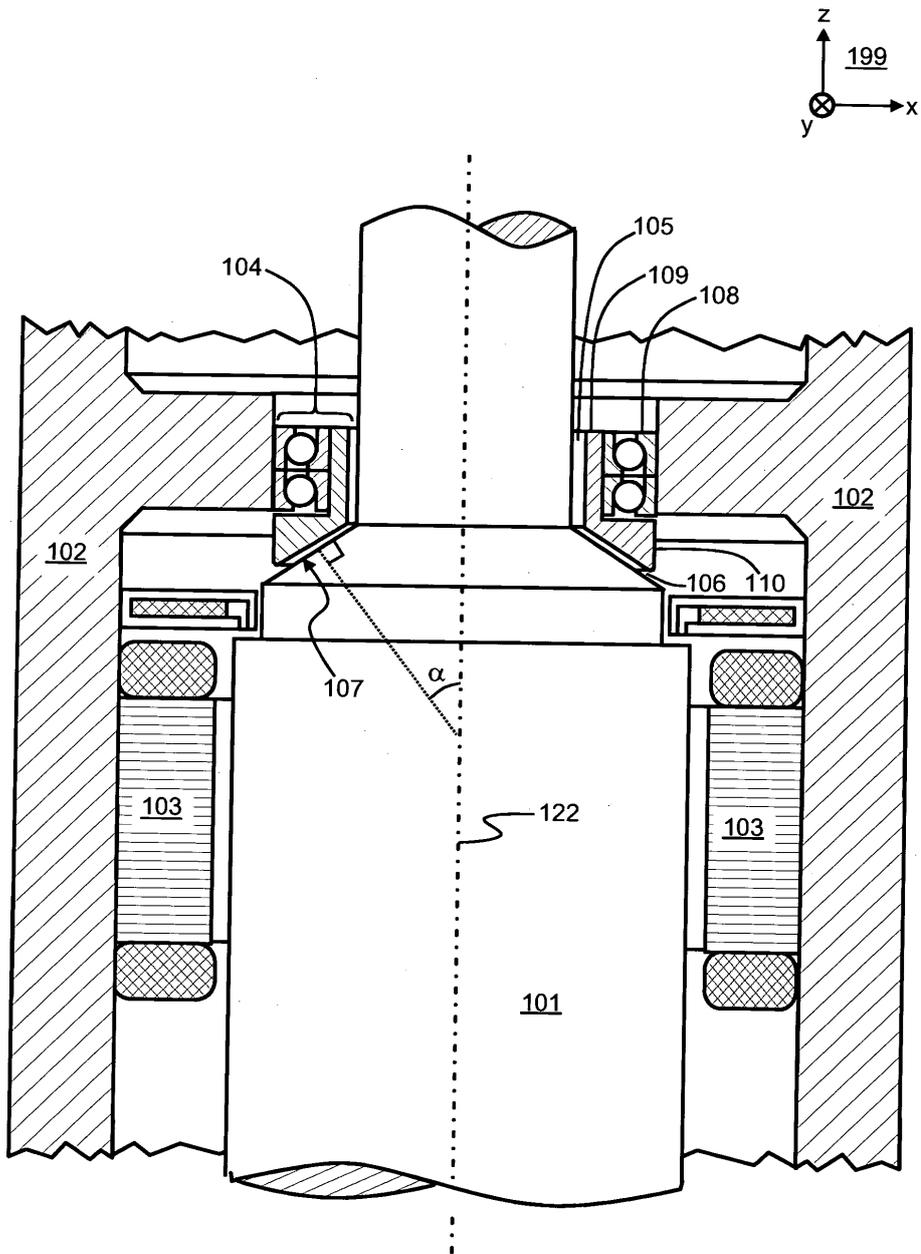


FIGURA 1

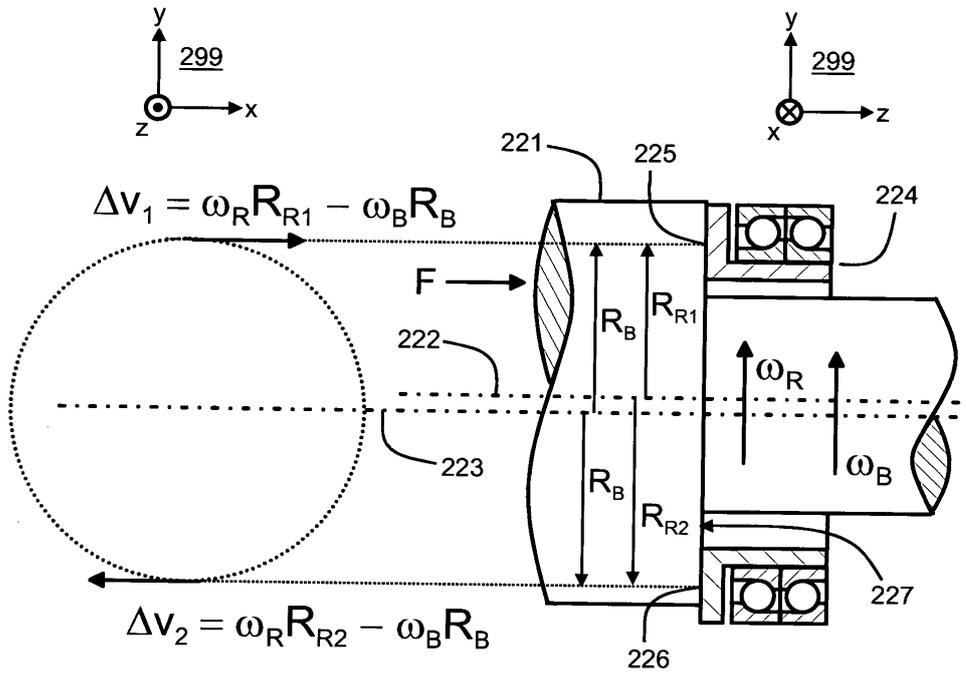


FIGURA 2a
TÉCNICA ANTERIOR

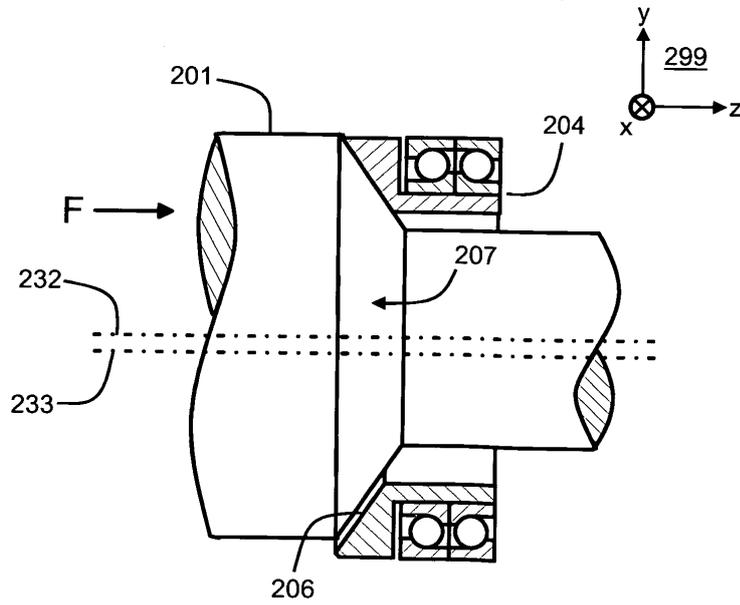


FIGURA 2b

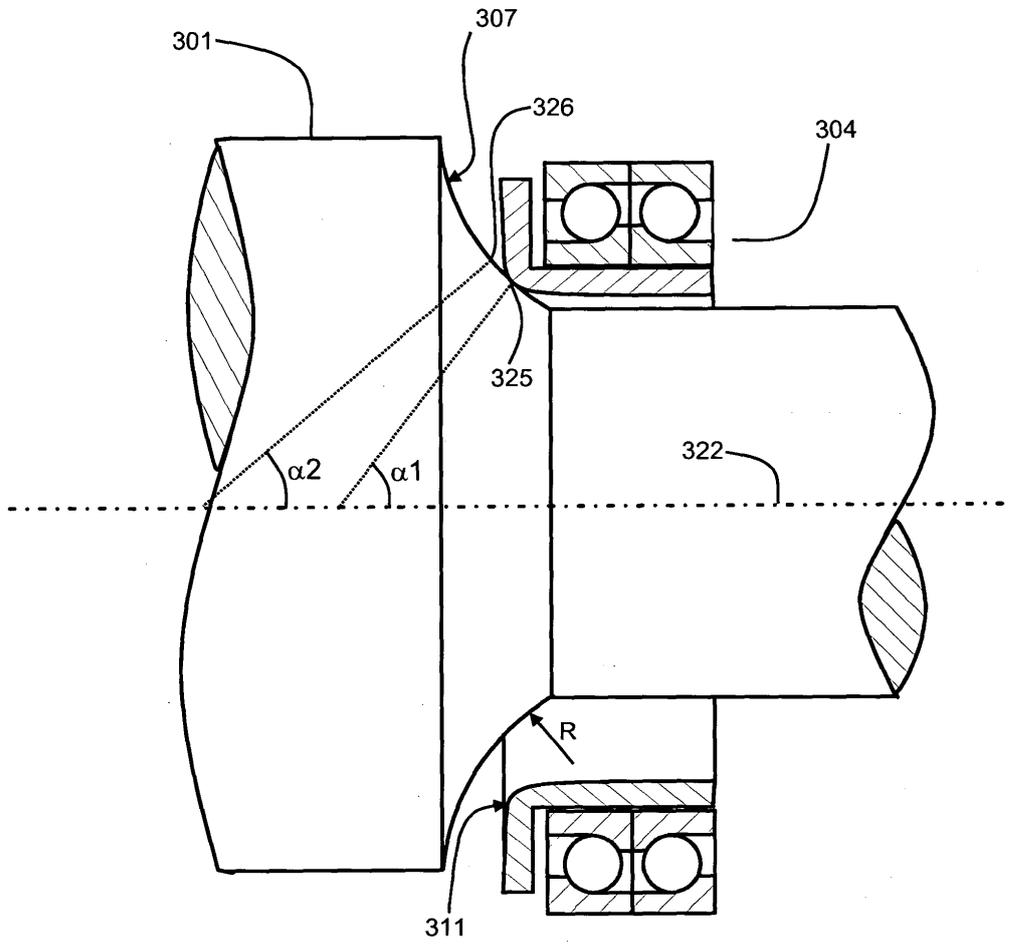


FIGURA 3

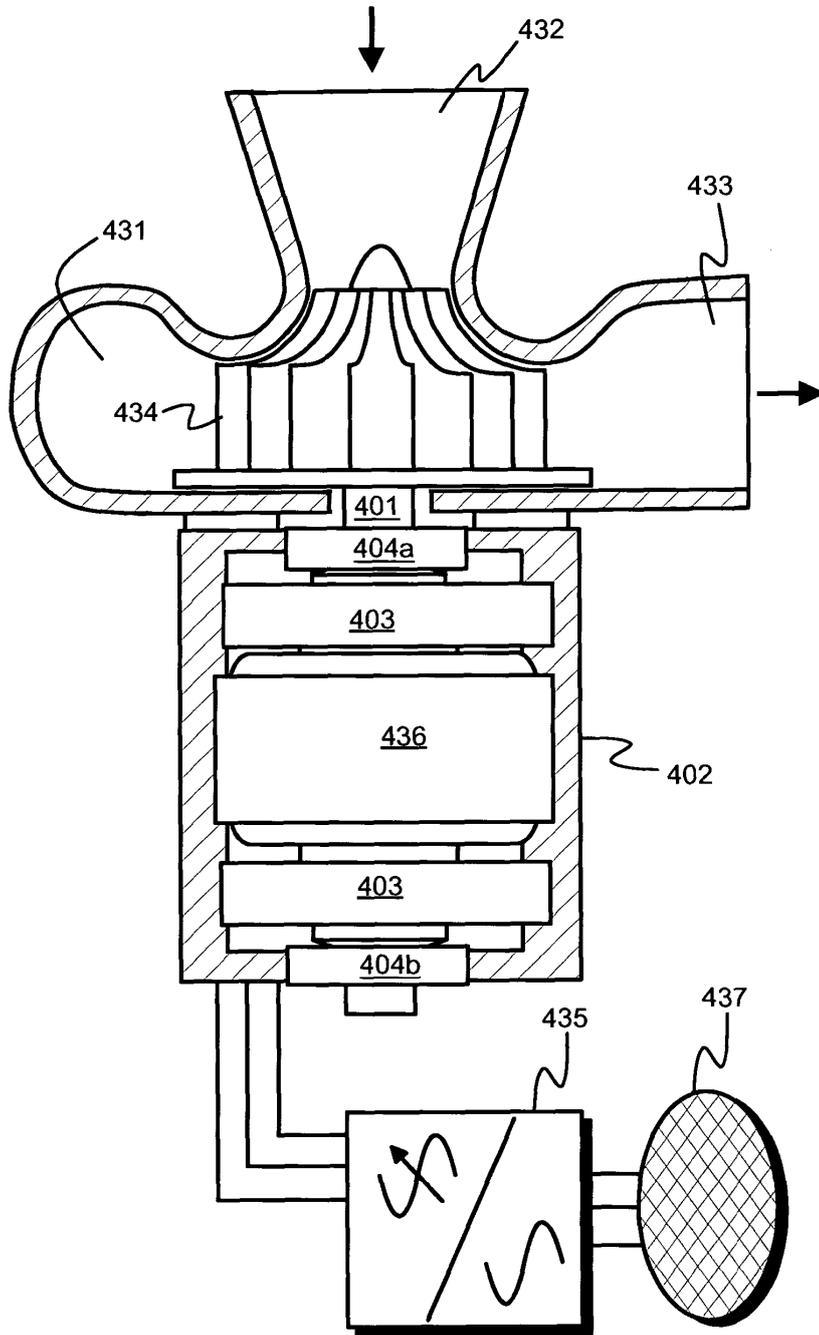


FIGURA 4