

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 392 137**

51 Int. Cl.:

B64F 5/00 (2006.01)

F01D 25/00 (2006.01)

B24C 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09737891 .3**

96 Fecha de presentación: **29.04.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2280872**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.02.2011**

54

Título: **Procedimiento y dispositivo para limpiar un motor a reacción usando dióxido de carbono sólido**

30

Prioridad:

30.04.2008 DE 102008021746

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:

05.12.2012

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:

05.12.2012

73

Titular/es:

**LUFTHANSA TECHNIK AG (100.0%)
Weg beim Jäger 193
22335 Hamburg, DE**

72

Inventor/es:

**GILJOHANN, SEBASTIAN y
PAUL, MANFRED**

74

Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 392 137 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

Procedimiento y dispositivo para limpiar un motor a reacción usando dióxido de carbono sólido

La invención se refiere a un dispositivo, a una disposición, así como a un procedimiento de limpieza de un motor a reacción de un avión.

5 Los motores a reacción de aviones poseen de un modo conocido una o varias etapas del compresor, una cámara de combustión, así como una o varias etapas de turbinas. En las etapas de turbinas los gases calientes procedentes de la cámara de combustión se desprenden de una parte de su energía térmica y mecánica, que se usa para el accionamiento de las etapas del compresor. Los motores a reacción de aviones de tráfico comercial presentan actualmente de forma muy numerosa un denominado turbosoplante que está dispuesto corriente arriba de las
10 etapas del compresor y generalmente presenta un diámetro significativamente más grande que las etapas del compresor. El turbosoplante también se acciona a través de las etapas de turbinas y permite que una parte significativa de la totalidad del aire que fluye a través del motor discurra en forma de la denominada subcorriente de aire en las etapas del compresor, la cámara de reacción y las regiones de las turbinas. Por medio de dicha subcorriente puede aumentarse significativamente el rendimiento de un motor y además también se suministra para
15 mejorar el aislamiento acústico del motor.

Un ensuciamiento de un motor a reacción de un avión puede provocar la reducción del rendimiento, lo que tiene como consecuencia un aumento del consumo de combustible y, con ello, un aumento de la carga al medio ambiente. El ensuciamiento puede estar provocado, por ejemplo, por insectos, polvo, niebla salada u otras impurezas ambientales. Partes del motor pueden contaminarse con residuos de combustión de la cámara de combustión. Estas impurezas forman una capa sobre las partes por las que fluye el aire de un motor de un avión y perjudican la calidad de la superficie. Con ello se ve afectado negativamente el rendimiento termodinámico del motor. A este respecto, se pueden mencionar, en particular, las paletas de las etapas del compresor, cuyo ensuciamiento tiene una influencia destacada sobre el rendimiento de la totalidad del motor.

Para eliminar las impurezas se conoce la limpieza de un motor con un líquido limpiador, generalmente agua caliente. Por el documento WO 2005/120953 se conoce una disposición en la que está dispuesta una pluralidad de boquillas de limpieza corriente arriba del turbosoplante o de las etapas del compresor. El líquido de limpieza se pulveriza después en el motor. El motor puede girar, a este respecto, con la denominada rotación en seco ("Dry-Cranking"), es decir, las paletas del motor giran sin que se queme queroseno en la cámara de combustión. Por medio del líquido limpiador usado introducido en el motor deben arrastrarse impurezas de este modo de las superficies de los
25 componentes del motor. El documento WO 96/40453 A1, que se contempla como el estado de la técnica más próximo, divulga la limpieza de un motor a reacción usando agua como medio de limpieza. El documento JP 2000042505 describe la limpieza de un rotor de turbinas usando hielo seco.

Alternativamente al uso de agua como medio de limpieza se conoce el uso de carbón en polvo. El carbón en polvo se introduce, a este respecto, como el agua, a través de las boquillas en el motor y arranca las impurezas de las superficies debido a su efecto abrasivo. De todas las maneras, también se atacan con el carbón en polvo las superficies de partes del motor, por lo que un medio de limpieza como el carbón en polvo no es adecuado para la limpieza regular de motores de aviones. Además, en la limpieza con carbón en polvo permanecen restos no deseados de materiales de limpieza en el motor.

La invención tiene el objetivo de proporcionar un dispositivo, una disposición y un procedimiento que posibilite una
40 limpieza mejorada de motores de aviones.

Este objetivo se logra mediante un dispositivo según la reivindicación 1, una disposición según la reivindicación 9 o un procedimiento según la reivindicación 12. De las reivindicaciones subordinadas se deducen perfeccionamientos ventajosos.

Por lo tanto, la invención se refiere a un dispositivo para la limpieza de un motor a reacción con un dispositivo de suministro que pone a disposición un medio de limpieza, un dispositivo de boquillas que está diseñado para introducir el medio de limpieza en el motor a reacción y una conexión de conductos entre el dispositivo de suministro y el dispositivo de boquillas, presentando el medio de limpieza dióxido de carbono sólido o preferentemente estando compuesto por el mismo, y el dispositivo de boquillas presenta medios para la conexión fija solidaria en rotación con el árbol del turbosoplante del motor a reacción y está previsto un acoplamiento giratorio entre el dispositivo de
50 boquillas y la conexión de conductos.

La invención se refiere además a una disposición de un motor a reacción y un dispositivo adecuado según la invención para realizar una limpieza del motor a reacción, estando dispuesto el dispositivo adecuado para realizar una limpieza del motor a reacción corriente arriba del turbosoplante o de las etapas del compresor de modo que las boquillas del dispositivo estén dirigidas al turbosoplante o a las etapas del compresor.

La invención se refiere además a un dispositivo para limpiar un motor a reacción con un medio de limpieza, usándose como medio de limpieza dióxido de carbono sólido y llevándose a cabo el procedimiento tal como se describe en la reivindicación 12.

El dióxido de carbono sólido puede proporcionarse al dispositivo de suministro en forma de pellas que se pulverizan usando un gas propulsor desde el dispositivo de boquillas. No obstante, también es posible prever dióxido de carbono líquido como precursor del medio de limpieza en el dispositivo de suministro. El dióxido de carbono líquido se solidifica en la salida del dispositivo de boquillas al menos parcialmente y forma un componente sólido en forma de copos de dióxido de carbono.

Si el dióxido de carbono líquido entra en contacto con el aire ambiente, que sale, por ejemplo a través de una boquilla, una parte toma inmediatamente forma gaseosa. Otra parte del dióxido de carbono pasa a forma sólida formando copos. Esto conduce, por lo tanto, a que la parte del dióxido de carbono que ha pasado al estado gaseoso a partir del líquido conlleva mucho calor, que se extrae de la parte restante aún líquida, por lo que la temperatura de la misma disminuye hasta el punto de solidificación del dióxido de carbono. El dióxido de carbono sólido se obtiene de este modo en forma de copos blancos semejantes a la nieve que se mantienen en el aire un periodo bastante largo y de modo ciertamente independiente de la temperatura del aire. Debido a la mala conductividad del calor y a las temperaturas muy bajas del dióxido de carbono sólido, tiene lugar ciertamente sólo una sublimación muy lenta. El dióxido de carbono generado en forma gaseosa en continuo a partir de los copos forma una capa de protección alrededor de los copos que generalmente impide un contacto directo con los copos sólidos. Las pellas pueden producirse en una denominada peletización a partir de CO₂ líquido y se pueden almacenar bien. Puede preverse que el dispositivo de suministro transporte las pellas ya preparadas previamente usando un gas propulsor al dispositivo de boquillas. No obstante, también es posible que el dispositivo de suministro presente un dispositivo para formar pellas de dióxido de carbono a partir de dióxido de carbono líquido y éstas se transporten con un gas propulsor al dispositivo de boquillas. En ambos casos, el dióxido de carbono sólido sale de las boquillas del dispositivo de boquillas y se introduce en el motor que se desea limpiar.

En el documento "Carbon Dioxide Blasting Operations" de las fuerzas armadas de Estados Unidos se describe la técnica para producir copos y pellas de CO₂. Los copos de CO₂ se producen en la salida de CO₂ líquido y/o gaseoso de la boquilla mediante el frío de evaporación del CO₂ de salida. Las pellas presentan una densidad más elevada que los copos y se obtienen, por ejemplo, mediante compactación de CO₂ sólido (por ejemplo copos) en una peletizadora o similar.

Al contrario que el agua, el dióxido de carbono como medio de limpieza ofrece la ventaja de que puede usarse a temperaturas exteriores discretionales, es decir, incluso a temperaturas inferiores a 5 °C. Por lo tanto, puede usarse todo el año. Además, al sublimarse totalmente los copos de dióxido de carbono después de un tiempo, no se produce en el motor ningún residuo. Por medio de la capa de protección mencionada mediante la cual el gas generado a partir de los copos actúan también los copos de dióxido de carbono de forma no abrasiva, tal como, por ejemplo, el medio de limpieza ya conocido de carbón en polvo. Más bien, la actividad limpiadora se realiza esencialmente mediante efectos térmicos. Debido a las tensiones frío-calor inducidas por los copos de dióxido de carbono, las impurezas se desprenden de las superficies de las partes del motor. La suciedad desprendida se sopla con la corriente de aire ya presente en la rotación en seco procedente del motor, no obstante, lo más tarde al poner en marcha por primera vez el motor después de una limpieza con dióxido de carbono.

Como se ha mencionado, después de una limpieza con dióxido de carbono no permanece ningún residuo que pueda perjudicar el funcionamiento en el motor, debido a que los copos o las pellas de dióxido de carbono se subliman completamente. El funcionamiento del motor y, con ello, de todo el avión es, debido a la eliminación de los posibles residuos, y con ello de una posible fuente de alteraciones y fallos, aún más seguro.

El dispositivo de suministro proporciona el medio de limpieza (por ejemplo, en uno o varios tanques) y puede estar provisto de dispositivos de control y de accionamiento, bombas, acumuladores de energía o similares. Está diseñado preferentemente como una unidad móvil, preferentemente portátil.

El dispositivo de boquillas presenta una, dos o más boquillas para el medio de limpieza. Las boquillas están diseñadas preferentemente en el caso de usar dióxido de carbono líquido de tal modo que se promueva la formación de copos a la salida del dióxido de carbono a través de las boquillas. El dispositivo de boquillas se fija al motor o a sus componentes. El dispositivo de suministro y el dispositivo de boquillas están unidos entre sí mediante una conexión de conductos. Esta conexión de conductos sirve particularmente para suministrar el medio de limpieza (preferentemente a presión y, dado el caso, enfriado) a las boquillas del dispositivo de boquillas. La conexión de conductos es preferentemente flexible y puede presentar particularmente una manguera dado el caso resistente a la presión.

El dispositivo de boquillas del dispositivo según la invención puede ubicarse por lo tanto corriente arriba antes de un turbosoplante o de las etapas de compresión de un motor, de modo que los copos o las pellas producidos en las boquillas penetren en el motor. A este respecto, el impulso que presentan los copos después de la salida del dióxido de carbono de las boquillas puede ser suficiente. Pero también puede estar previsto que el motor a reacción se mueva en la operación de la rotación en seco y la corriente de aire producida de este modo por el motor promueva la distribución del dióxido de carbono sólido. Mediante la rotación del motor en la rotación en seco puede asegurarse además que el medio de limpieza fluya por todas las partes del motor. De este modo puede asegurarse una limpieza completa.

En el caso de un motor con subcorriente, es decir, con un turbosoplante, el dispositivo de boquillas, mediante la orientación de las boquillas, puede estar diseñado de forma que el medio de limpieza se introduzca particularmente en las etapas del compresor. De las etapas del compresor, el medio de limpieza se lleva a la cámara de combustión y a las etapas de las turbinas. Las impurezas en los componentes mencionados tienen una actuación importante sobre el rendimiento de todo el motor. Por lo tanto, una limpieza básica es importante particularmente en estos componentes del motor.

El dispositivo de boquillas presenta una o varias boquillas. Es particularmente preferente que el dispositivo de boquillas presente al menos dos boquillas. Con ello puede aumentarse la superficie pulverizada y puede cubrirse la superficie total del turbosoplante o de las etapas del compresor.

El dispositivo de boquillas presenta medios para la conexión fija solidaria en rotación con el árbol del turbosoplante y/o de las etapas del compresor del motor a reacción y está previsto un acoplamiento giratorio entre el dispositivo de boquillas y la conexión de conductos. Mediante la conexión fija solidaria en rotación con el árbol puede girar el dispositivo de boquillas en la rotación en seco, es decir, en caso de una rotación lenta del motor sin inyección de queroseno. En particular, en el uso preferente de boquillas de chorro plano puede asegurarse de este modo que el medio de limpieza se distribuya uniformemente en todo el motor.

Para lograr un efecto de limpieza lo más elevado posible, las boquillas están construidas preferentemente como boquillas de chorro plano. A este respecto, es preferente que el plano del chorro de las boquillas en la región de la abertura de salida de las boquillas apunte esencialmente en la dirección radial del motor a reacción, es decir, que está limitado por dos ejes, de los cuales uno apunta en dirección radial. De este modo, el chorro plano puede cubrir de forma particularmente activa toda la superficie de las etapas del compresor en la rotación en seco.

También es preferente que el plano del chorro forme un ángulo de incidencia con el eje de giro. Esto significa que la dirección del chorro no es paralela al eje de giro, sino que forma con este eje un ángulo. La dirección del chorro está separada por este ángulo de la dirección axial. Es preferente que este ángulo se dirija al ángulo de ajuste del turbosoplante o de la etapa del compresor anterior. La etapa del compresor anterior es generalmente una región de estator no giratoria que en el ajuste adaptado del ángulo de chorro a su ángulo de ajuste puede estar atravesada por el chorro plano, de modo que se obtiene una limpieza eficaz de las etapas del compresor posteriores.

El concepto del acoplamiento giratorio entre el dispositivo de boquillas y la conexión de conductos se entiende de modo funcional y designa cualquier dispositivo que sea adecuado para la generación de una conexión lo suficientemente estable, preferentemente resistente a la presión y hermética a líquidos, entre la parte estacionaria de la conexión de conductos y el dispositivo de boquillas giratorio con el soplante. El objetivo del acoplamiento giratorio es conducir el medio de limpieza desde el dispositivo de suministro estacionario al dispositivo de boquillas que gira con el mismo y después permitir la salida desde las boquillas.

Puede estar previsto que el dispositivo de boquillas está fijo al turbosoplante de modo que sus boquillas apunten entre las paletas del turbosoplante. Con ello se logra una limpieza dirigida de las etapas del compresor y después a continuación de la cámara de combustión o las regiones de las turbinas. En la rotación en seco, las boquillas que giran conjuntamente recubren, a este respecto, la primera etapa del compresor simultáneamente a lo largo de todo el perímetro. El medio de limpieza, a este respecto, no supone ningún perjuicio a través del turbosoplante dispuesto antes en dirección de corriente y el dispositivo de pulverización del medio de limpieza puede adaptarse de este modo al ángulo de ajuste de las paletas de la primera etapa del compresor. En el caso de disposiciones de boquillas fijas en el sitio antes del turbosoplante, una parte esencial del medio de limpieza topa con las paletas del turbosoplante y no puede, por lo tanto, o por lo menos no directamente, contribuir a la limpieza de las etapas del compresor. La forma de realización preferente se basa en el conocimiento de que la limpieza dirigida de las etapas del compresor, la cámara de combustión y las etapas de turbinas es esencial para la mejora deseada del rendimiento termodinámico de todo el motor. Una limpieza adicional deseada del turbosoplante, posiblemente, puede lograrse, a este respecto, por ejemplo, mediante una limpieza manual o, si no, mediante la pulverización por separado del turbosoplante con el medio de limpieza dióxido de carbono.

La distribución de masa del dispositivo de boquillas es preferentemente simétrica en rotación a su eje de giro. De este modo en caso de giro del dispositivo de boquillas no se produce ningún desequilibrio adicional esencial. El acoplamiento se realiza con este fin preferentemente esencialmente céntrico al eje de giro del dispositivo según la invención en estado montado. Preferentemente, el dispositivo de boquillas presenta al menos dos o más boquillas, que preferentemente están distribuidas de forma simétrica a la rotación alrededor al eje de giro.

La abertura de salida de las boquillas está dispuesta preferentemente en la región final que se abre camino desde el acoplamiento giratorio del dispositivo de boquillas. El acoplamiento giratorio se encuentra preferentemente en la región anterior del dispositivo de boquillas, es decir, en aquella región que apunta corriente arriba en el estado montado, es decir, en dirección a la entrada del motor a reacción. La abertura de salida de las boquillas está prevista de forma correspondiente en la región final axial del dispositivo de boquillas que se abre camino desde la misma, es decir, en la región final que se encuentra corriente arriba en el estado montado. Esta disposición posibilita que las boquillas en el montaje se inserten en el árbol del soplante de un motor con turbosoplante bien a través de los espacios intermedios entre las paletas, de modo que estén dispuestas directamente antes de la primera etapa del

compresor o bien, no obstante, estén orientadas de forma dirigida de modo que pulvericen a través de los espacios intermedios entre las paletas del turbosoplante directamente a la primera etapa del compresor.

5 Los medios para la conexión fija solidaria en rotación con el árbol del turbosoplante del motor a reacción comprenden preferentemente medios de fijación para la fijación en las paletas del turbosoplante, tales como, por ejemplo, ganchos diseñados de forma adecuada, con los que puede engancharse el dispositivo de boquillas a los bordes inferiores (los bordes que se encuentran corriente abajo) de las paletas del turbosoplante.

10 El dispositivo de boquillas puede presentar, para la fijación giratoria con el árbol del soplante, un dispositivo para la disposición esencialmente en arrastre de forma sobre el buje del árbol del turbosoplante. Los motores a reacción con turbosoplante presentan generalmente, en particular, en el extremo situado corriente arriba del árbol del turbosoplante un buje cónico arqueado que debe mejorar el comportamiento de la corriente del aire. Sobre este buje pueden colocarse los medios correspondientes para la conexión fija solidaria en rotación. "Esencialmente en arrastre de forma" significa en este contexto que la forma del buje del árbol se usa para la ubicación deseada del dispositivo de boquillas y para la fijación en la posición deseada. Esto no significa que la superficie total del buje del árbol deba encerrarse en arrastre de forma.

15 Por ejemplo, el dispositivo puede presentar una o varias partes anulares con las que puede colocarse sobre el cubo. En caso de una pluralidad de partes anulares, éstas presentan un diámetro diferente, que está adaptado al diámetro del buje del árbol en las regiones correspondientes. Por ejemplo, pueden estar previstos dos anillos separados axialmente de diámetro diferente, con los que el dispositivo de boquillas se ubica y se centra sobre el buje del árbol.

20 Pueden estar previstos cables tensores preferentemente para la fijación adicional. Por ejemplo, el dispositivo de boquillas puede centrarse por medio de piezas anulares al buje del árbol del soplante y después tensarse con cables tensores que se fijan al borde trasero de las paletas del turbosoplante. Según la invención pueden estar previstos dispositivos de muelles para pretensar los cables tensores, con lo que el dispositivo de boquillas se aprieta con una fuerza definida al buje del árbol.

25 Los cables tensores se fijan preferentemente (por ejemplo mediante ganchos) a las paletas del turbosoplante, preferentemente a su borde trasero. El dispositivo de suministro para el medio de limpieza presenta preferentemente al menos un tanque de suministro para el medio de limpieza y al menos una bomba para aplicar una presión al dispositivo de boquillas con el medio de limpieza. El tanque de suministro está preferentemente térmicamente aislado y puede aplicarse una presión sobre el mismo para que el medio de limpieza dióxido de carbono pueda mantenerse más tiempo en el tanque de aprovisionamiento. Es particularmente preferente que el tanque de aprovisionamiento presente un dispositivo de refrigeración para mantener el dióxido de carbono a la temperatura correcta.

30 Además, es preferente que el dispositivo esté diseñado de modo que puedan ajustarse los parámetros de procedimiento que se describen más adelante.

35 Un objeto de la invención es también una disposición de un motor a reacción y un dispositivo adecuado para la realización de una limpieza del motor a reacción tal como se ha descrito anteriormente. La disposición está caracterizada porque el dispositivo adecuado para la realización de la limpieza del motor a reacción está dispuesto de modo que sus boquillas están orientadas hacia la entrada del motor a reacción.

40 Si en el caso de un motor con turbosoplante el turbosoplante no se limpia usando el medio de limpieza procedente del dispositivo, puede estar previsto preferentemente que el dispositivo de boquillas esté unido de forma fija solidaria en rotación con el árbol del soplante del motor a reacción, los ejes de giro del turbosoplante del motor a reacción y el dispositivo de boquillas estén dispuestos de forma esencialmente concéntrica, las boquillas del dispositivo de boquillas presente una distancia radial del eje de giro conjunto del motor a reacción y del dispositivo, que preferentemente sea más reducida que el radio de la primera etapa del compresor, y las aberturas de salida de las boquillas estén dispuestas en dirección axial por detrás del plano del turbosoplante y/o las boquillas estén dispuestas en los espacios intermedios entre las paletas del turbosoplante y/o estén orientadas a los espacios intermedios entre las paletas del turbosoplante, de modo que los chorros de las boquillas puedan atravesar esencialmente sin obstáculos el plano del turbosoplante.

45 Preferentemente, el ángulo de ajuste de los planos del chorro de las boquillas con el eje de giro está adaptado al ángulo de ajuste de las paletas de las etapas del compresor delanteras en dirección de la corriente del motor. De este modo puede mejorarse el efecto de limpieza en las etapas del compresor trasero o de la cámara de combustión y de las etapas de las turbinas.

50 Es también objeto de la invención un procedimiento para limpiar un motor a reacción con un medio de limpieza, usándose como medio de limpieza dióxido de carbono sólido. El procedimiento se lleva a cabo usando el dispositivo descrito anteriormente. Presenta las etapas siguientes: a) montar el dispositivo de boquillas de modo que éste esté unido de forma fija solidaria en rotación con el árbol del turbosoplante del motor a reacción y las aberturas de salida de las boquillas estén dirigidas a la entrada del motor a reacción; b) permitir girar al motor a reacción; c) cargar el dispositivo de boquillas con el medio de limpieza y limpiar el motor a reacción.

También puede estar previsto que el dispositivo de boquillas se monte en el buje del soplante del motor a reacción de modo que las aberturas de salida de las boquillas estén dirigidas a la primera etapa del compresor.

5 La rotación en seco o la rotación permitida del motor a reacción durante el proceso de limpieza se realiza preferentemente con una velocidad de giro de 50 a 500 min^{-1} , preferentemente de 100 a 300 min^{-1} , más preferentemente de 120 a 250 min^{-1} . De modo particularmente preferente es una velocidad de giro de entre 150 y 250 min^{-1} . La limpieza también puede tener lugar en operación en vacío del motor. La velocidad de giro es entonces preferentemente de 500 a 1500 min^{-1} .

La duración del proceso de limpieza es preferentemente de 1 a 15 min, más preferentemente de 2 a 10 min, más preferentemente de 3 a 7 min.

10 A continuación se explica un ejemplo de realización de la invención con referencia a los dibujos. En ellos se muestra: Fig. 1: un dispositivo según la invención para limpiar un motor a reacción; Fig. 2: una vista del dispositivo de boquillas de la Fig. 1; Fig. 3: un corte a través del plano B-B de la Fig. 2 de un dispositivo de boquillas que está dispuesto sobre el buje del árbol de un turbosoplante; Fig. 4: un corte a través del plano B-A de la Fig. 2 de un dispositivo de boquillas que está dispuesto sobre el buje del árbol de un soplante; Fig. 5: el acoplamiento giratorio en un corte detallado de la Fig. 3; Fig. 6: el acoplamiento en una vista detallada de la Fig. 4.

El dispositivo para limpiar un motor a reacción 50 en la Fig. 1 presenta un dispositivo de boquillas 4 que está unido de forma fija solidaria en rotación con el buje del árbol 55 del turbosoplante 51. El dispositivo de boquillas 4 se suministra mediante la conducción 3 del dispositivo de suministro no representado con el medio de limpieza dióxido de carbono. El dispositivo de boquillas 4 se explica con más detalle por medio de las figuras siguientes.

20 El dispositivo de boquillas de la Fig. 2 presenta dos elementos anulares 101, 102 con los cuales se dispone el dispositivo de boquillas sobre el buje del árbol 55 del turbosoplante 51 de un motor a reacción 50 (véanse las Fig. 3, 5 y 6). En el estado montado los elementos anulares 101, 102 encierran el buje del árbol 55 esencialmente en arrastre de forma. Ambos elementos anulares 101, 102 están unidos entre sí mediante un tramo radial 104. En la punta del dispositivo de boquillas dirigida corriente arriba (con respecto a la dirección de corriente del motor) está
25 dispuesto un acoplamiento giratorio designado en conjunto con el 105. De este acoplamiento giratorio 105 se extienden dos conductos a presión 106, que se dirigen radialmente hacia el exterior, que suministran a las boquillas de chorro plano 107 medio de limpieza. En la vista en detalle de la figura 7 se puede apreciar que ambas conducciones a presión 106, mediante canales radiales 108 y un canal axial 109 del acoplamiento giratorio 105 están en conexión con un conducto de suministro 3 que conecta el acoplamiento 105 con la unidad de suministro no representada en el dibujo.

Los conductos a presión 106 están fijados en los puntos de cruce con los elementos anulares 101, 102 a estos elementos anulares y, con ello, a parte de la estructura de soporte de la totalidad del dispositivo de boquillas 4.

35 Para fijar el dispositivo de boquillas 4 al buje del árbol 55 del turbosoplante 51 están previstos cables tensores indicados como 111 que se enganchan por medio de ganchos 112 en los bordes traseros de las paletas del turbosoplante. Tal como se deduce de la figura 8, los cables tensores 111 están guiados a través de guías de cables tensores 117 fijadas al acoplamiento giratorio al acoplamiento giratorio y allí se fijan en un anillo tensor 113 axialmente desplazable. Los muelles a presión 114 se apoyan en un resalto anular 115 del acoplamiento giratorio y aplican sobre el anillo tensor 113 una fuerza que actúa en dirección del resalto angular 115. En el estado montado,
40 los muelles a presión 114 aplican sobre los cables tensores 111 una tensión y sirven, con ello, para una fijación del dispositivo de boquillas con el buje 55 del turbosoplante 51. Mediante una tuerca de regulación 116, que se apoya sobre una rosca de la carcasa de acoplamiento 118 se mueve corriente arriba el anillo tensor 113. Con ello se transmite una fuerza de tensión sobre los cables tensores 111 y, por lo tanto, se produce una unión segura del dispositivo de boquillas con el buje del soplante.

45 Para limpiar las regiones del compresor, la cámara de combustión y las regiones de turbina de un motor a reacción 50 con turbosoplante 51 se dispone el dispositivo de boquillas 4 del modo que representan las figuras 5 y 6 sobre el buje de árbol 55 del turbosoplante 51 y se fija a las paletas del turbosoplante 51 por medio de los ganchos 112. El motor se hace girar (rotación en seco). Mediante la conducción de conexión 3, el acoplamiento giratorio 105 y las conducciones a presión 106 se suministra a las boquillas de chorro plano 107 medio de limpieza procedente del dispositivo de suministro no representado. Este medio de limpieza recubre la entrada de la primera etapa del
50 compresor a través de la totalidad de su perímetro y de este modo se realiza la limpieza. Como medio de limpieza se usa dióxido de carbono líquido que forma copos poco después de salir de las boquillas. Estos copos penetran en el motor y disuelven debido a su baja temperatura mediante tensiones frío-calor inducidas las impurezas de los componentes del motor. A este respecto, el motor puede girar en modo de rotación en seco. Mediante la corriente de aire producida con ello se distribuyen los copos de dióxido de carbono por todo el motor. Además, la suciedad disuelta puede soplar hacia atrás del motor de este modo y capturarse allí. Debido a que el dióxido de carbono sólido después de algún tiempo se sublima totalmente, no permanecen residuos en el motor. Tampoco la suciedad disuelta debe separarse más del medio de limpieza, sino que puede eliminarse inmediatamente.

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Dispositivo para limpiar un motor a reacción (50) con un dispositivo de suministro (2) que pone a disposición un medio de limpieza, un dispositivo de boquillas (4) que está diseñado para introducir el medio de limpieza en el motor a reacción (50) y con una conexión de conductos (3) entre el dispositivo de suministro (2) y el dispositivo de boquillas (4), **caracterizado porque** el medio de limpieza presenta dióxido de carbono sólido y porque el dispositivo de boquillas (4) presenta medios para la conexión fija solidaria en rotación con el árbol del turbosoplante (51) del motor a reacción (50) y está previsto un acoplamiento giratorio (105) entre el dispositivo de boquillas (4) y la conexión de conductos (3).
- 10 **2.** Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el medio de limpieza presenta pellas de dióxido de carbono y/o copos de dióxido de carbono.
- 3.** Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** el dispositivo de boquillas (4) está diseñado para introducir el medio de limpieza en las etapas del compresor (52) del motor a reacción (50).
- 4.** Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la distribución de masa del dispositivo de boquillas (4) es rotacionalmente simétrica alrededor de su eje de giro.
- 15 **5.** Dispositivo según la reivindicación 1 a 4, **caracterizado porque** las boquillas (5) son boquillas de chorro plano, apuntando preferentemente el plano del chorro en la región de la abertura de salida de las boquillas (5) esencialmente en dirección radial del motor a reacción (50) y encerrando preferentemente el plano del chorro un ángulo de incidencia con el eje de giro del motor a reacción (50).
- 20 **6.** Dispositivo según la reivindicación 5, **caracterizado porque** las aberturas de salida de las boquillas (5) están dispuestas en la región final axial del dispositivo de boquillas (4) que se abre camino desde el eje de giro del dispositivo de boquillas (4).
- 25 **7.** Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** los medios para la conexión fija solidaria en rotación con el árbol del turbosoplante (51) del motor a reacción (50) presentan medios de fijación para la fijación a las paletas del turbosoplante (51) y/o un dispositivo para la colocación esencialmente en arrastre de forma sobre el buje del árbol (55) del turbosoplante (51), comprendiendo preferentemente el dispositivo para la colocación esencialmente en arrastre de forma sobre el buje del árbol (55) del turbosoplante (51) al menos una parte anular (101, 102) y cables tensores (111) y estando previstos preferentemente dispositivos de muelle (114) para pretensar los cables tensores (111).
- 30 **8.** Dispositivo según la reivindicación 7, **caracterizado porque** el medio de fijación (112) está previsto para la fijación de los cables tensores (111) a las paletas del turbosoplante (51).
- 9.** Disposición de un motor a reacción (50) y un dispositivo (1) adecuado para la realización de una limpieza del motor a reacción según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada porque** el dispositivo (1) adecuado para la realización de una limpieza del motor a reacción (50) está dispuesto de modo que sus boquillas (5) estén dirigidas a la entrada del motor a reacción (50) de tal modo que el medio de limpieza penetre en el motor a reacción (50).
- 35 **10.** Disposición según la reivindicación 9, **caracterizada por** las características siguientes:
- a) El dispositivo de boquillas (4) está unido de forma fija solidaria en rotación con el árbol del turbosoplante (51) del motor a reacción (50);
- b) Los ejes de giro del turbosoplante (51) del motor a reacción (50) y del dispositivo de boquillas (4) están dispuestos de forma esencialmente concéntrica;
- 40 c) Las boquillas (5) del dispositivo de boquillas (4) presentan una distancia radial desde el eje de giro común del motor a reacción (50) y del dispositivo de boquillas (4) que es inferior al radio de la abertura de entrada de la primera etapa del compresor;
- d) Las aberturas de salida de las boquillas (5) están dispuestas en dirección axial detrás del plano del turbosoplante (51) y/o las boquillas (5) están dispuestas en los espacios intermedios entre las paletas del turbosoplante (51) y/o dirigidas a los espacios intermedios entre las paletas del turbosoplante (51) de modo que los chorros de las boquillas puedan pasar de forma esencialmente sin obstrucción **a través** del plano del turbosoplante (51).
- 45 **11.** Disposición según la reivindicación 10, **caracterizada porque** el plano del chorro de las boquillas (5) encierra un ángulo de incidencia con el eje de giro que corresponde esencialmente al ángulo de incidencia de las paletas de la etapa del compresor anterior en dirección de la corriente del motor.
- 50 **12.** Procedimiento para limpiar un motor a reacción **caracterizado porque** se usa un dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 9 y el procedimiento presenta las etapas siguientes:

a) montar el dispositivo de boquillas (4) de modo que éste esté unido fijamente de forma solidaria en rotación con el árbol del turbosoplante (51) del motor a reacción (50) y las aberturas de salida de las boquillas (5) estén dirigidas a la entrada del motor a reacción (50);

b) permitir girar el motor a reacción (50);

5 c) cargar el dispositivo de boquillas (4) con medio de limpieza y limpiar el motor a reacción.

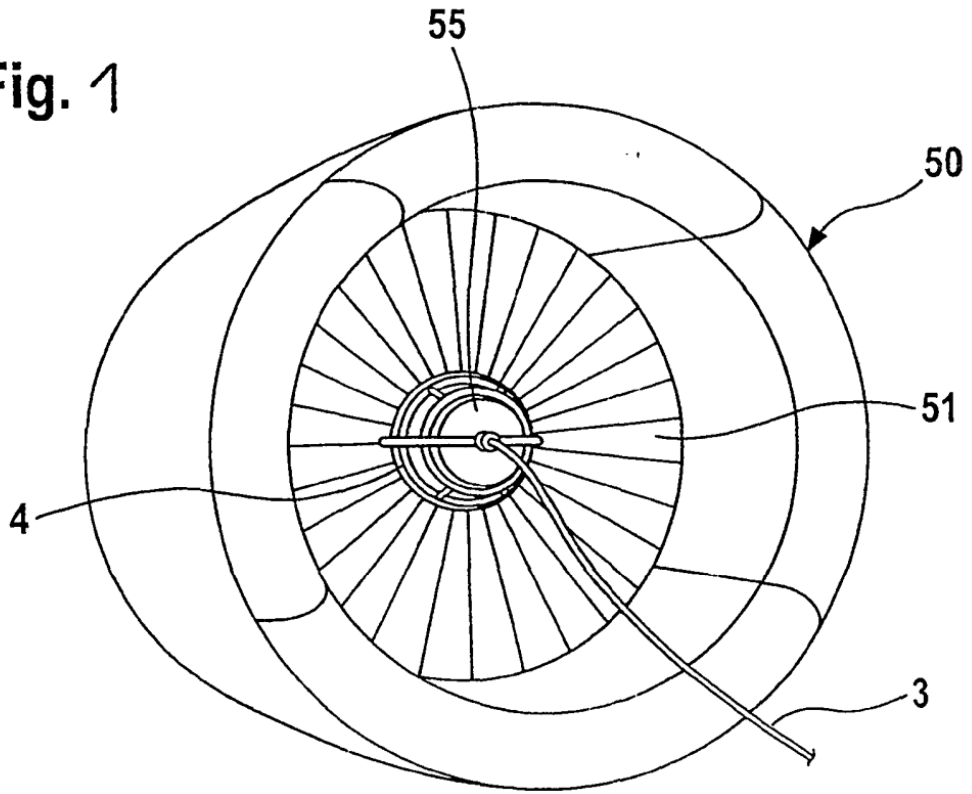
13. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado porque** el dispositivo de boquillas (4) se monta en el buje del árbol (55) del turbosoplante (51) del motor a reacción (50) de tal modo que las aberturas de salida de las boquillas (5) estén dirigidas a la etapa del compresor anterior en dirección de la corriente del motor.

10 **14.** Procedimiento según la reivindicación 12 ó 13, **caracterizado porque** el motor a reacción (50) se deja girar con una velocidad de giro de 50 a 500 min^{-1} , preferentemente de 100 a 300 min^{-1} , de modo más preferente de 120 a 250 min^{-1} .

15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado porque** la limpieza del motor a reacción (50) se lleva a cabo en un periodo de 1 a 15 min, preferentemente de 2 a 10 min, más preferentemente de 3 a 7 min.

15

Fig. 1



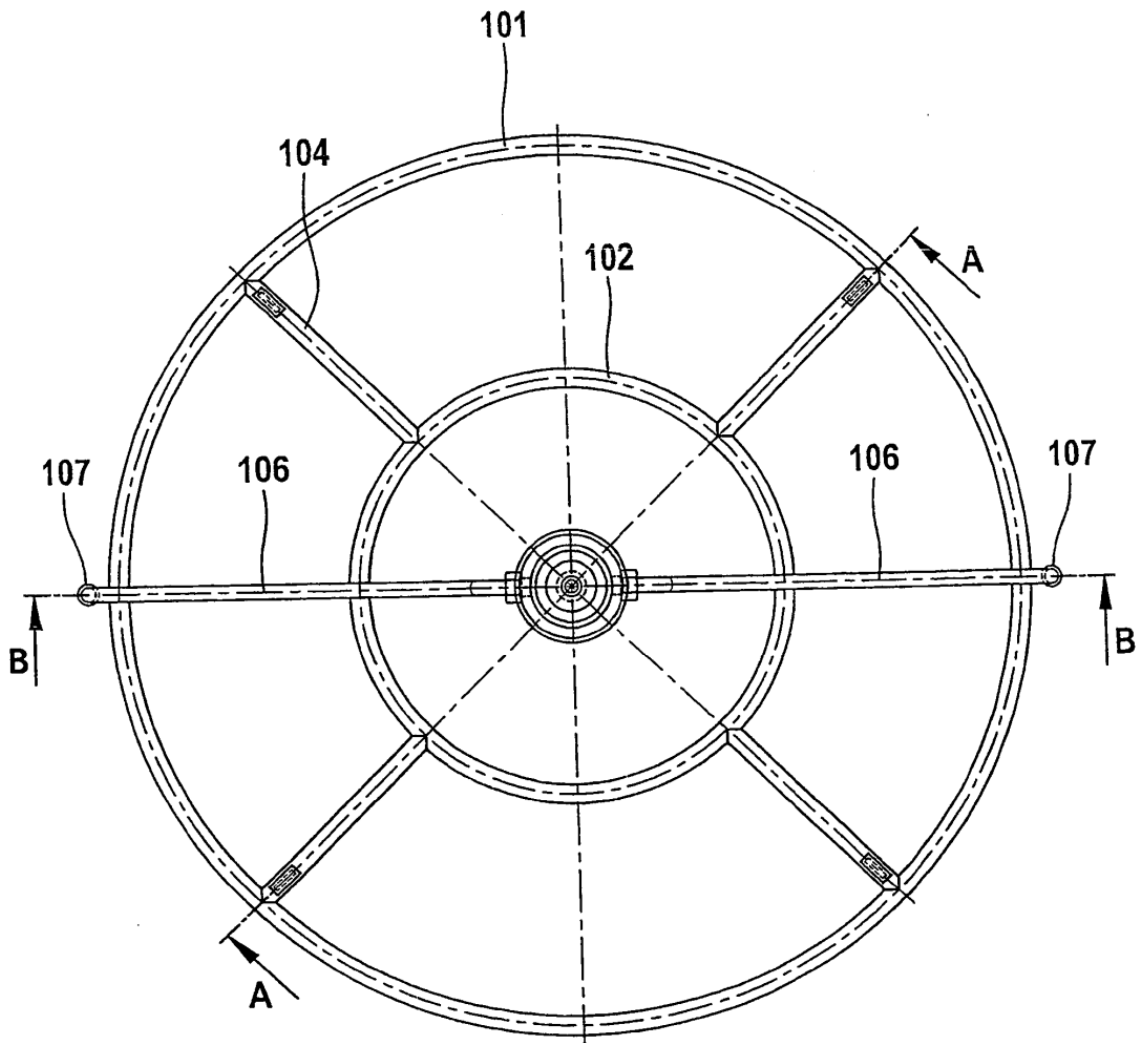


Fig. 2

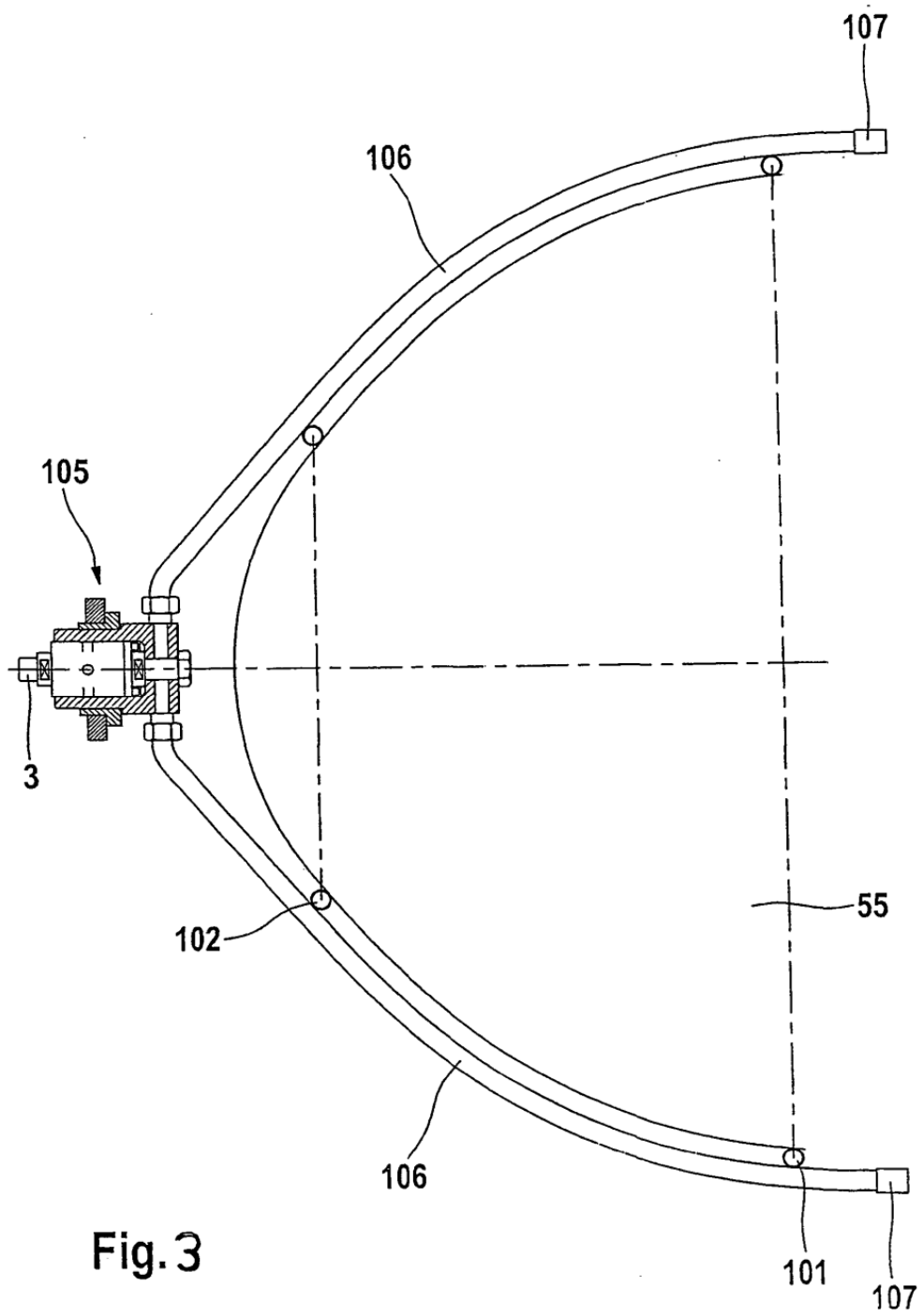
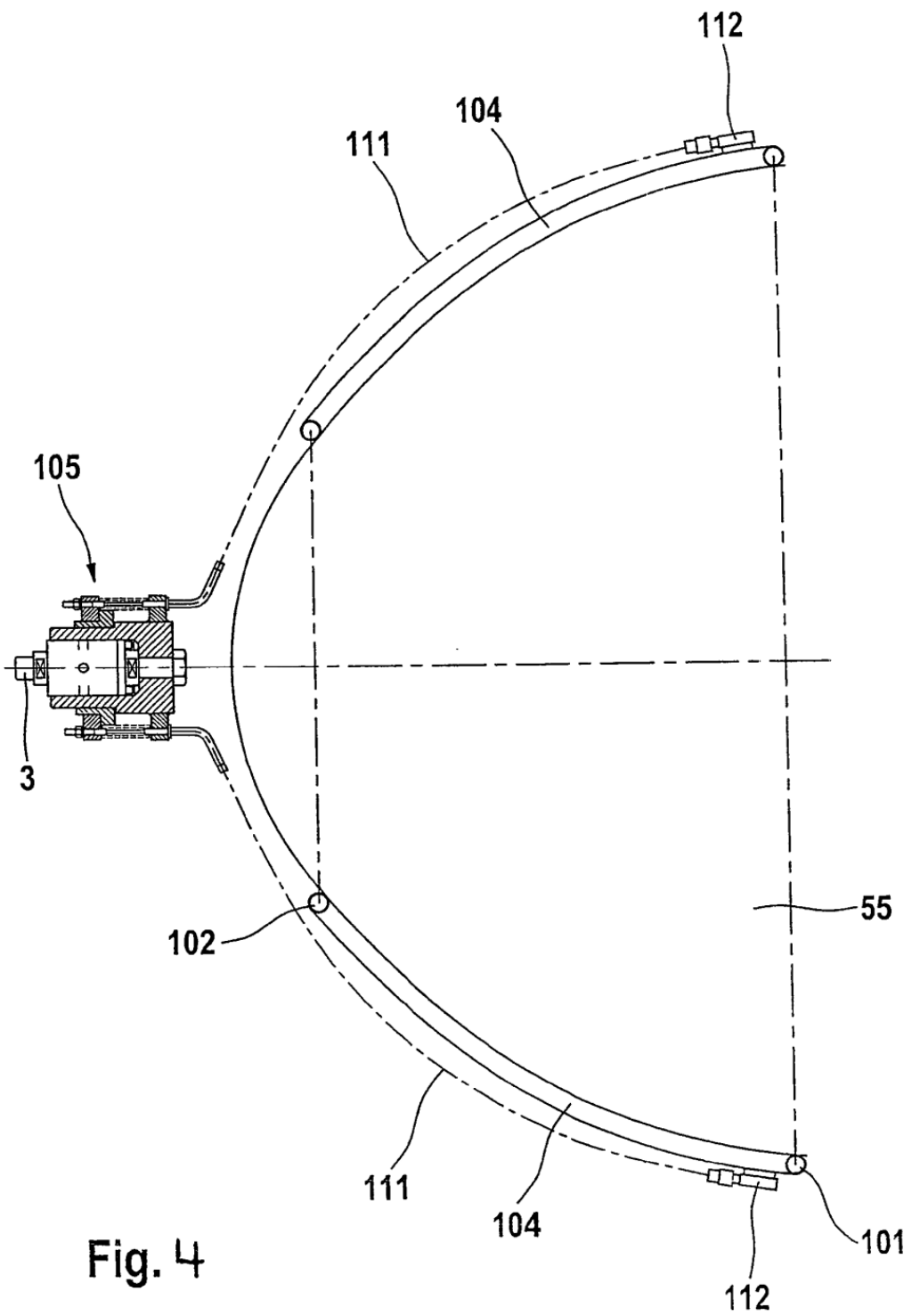


Fig. 3



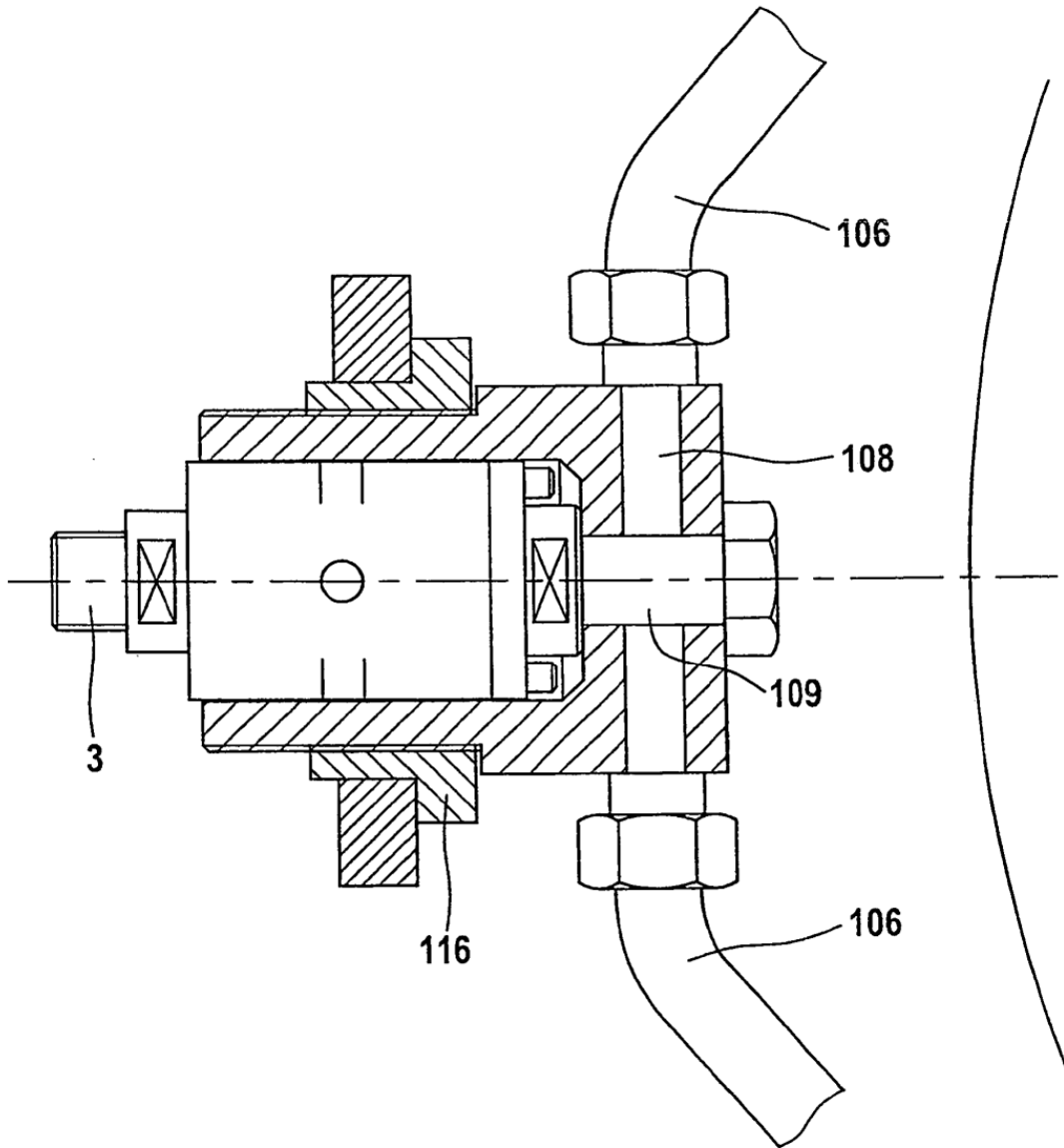


Fig. 5

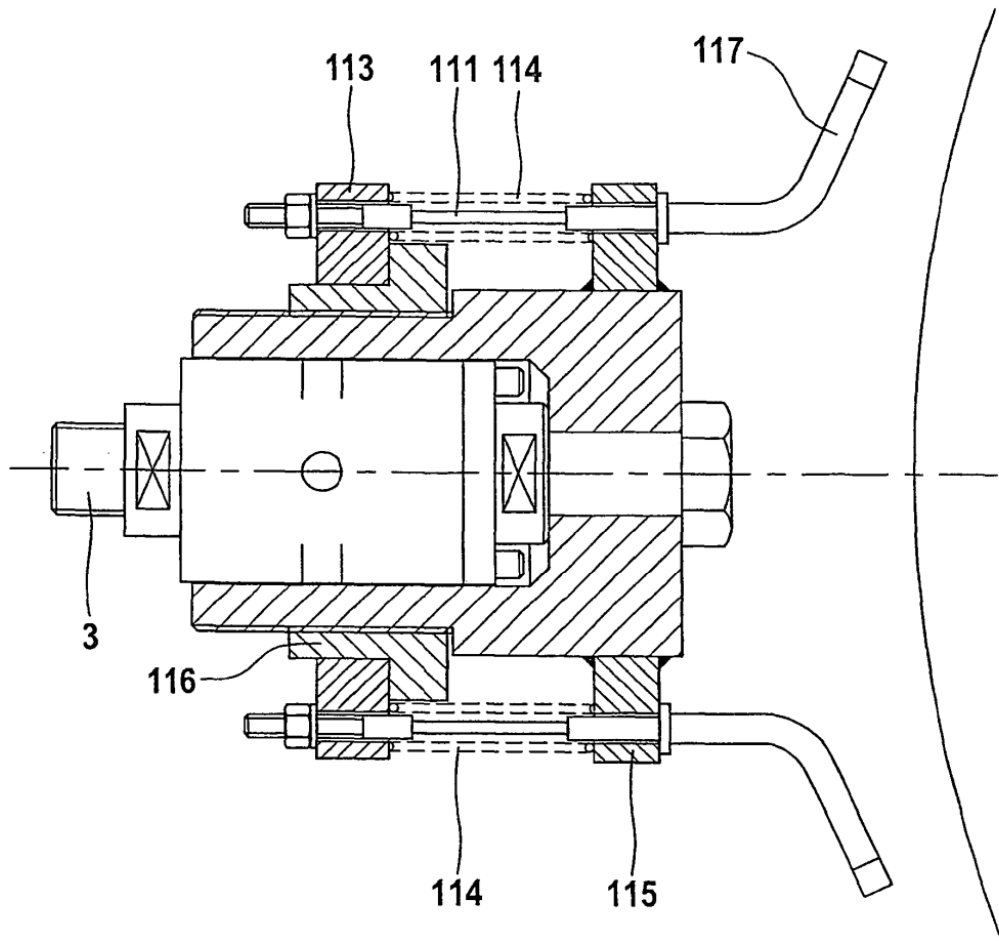


Fig. 6