



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 274 505**

51 Int. Cl.:
F01D 21/04 (2006.01)
F01D 21/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **05290782 .1**
86 Fecha de presentación : **08.04.2005**
87 Número de publicación de la solicitud: **1593816**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **09.11.2005**

54 Título: **Turbomáquina dotada de un sistema de bloqueo de un árbol principal de motor con apoyo fusible.**

30 Prioridad: **14.04.2004 FR 04 03910**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.05.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.05.2007

73 Titular/es: **SNECMA**
2 boulevard du Général Martial Valin
75015 Paris, FR

72 Inventor/es: **Hugonie, Aymeric;**
Mons, Claude y
Soupizon, Jean-Luc

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 274 505 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

Turbomáquina dotada de un sistema de bloqueo de un árbol principal de motor con apoyo fusible.

La invención se refiere a una turbomáquina que comprende, al menos, un primer conjunto rotatorio con un primer árbol, un estator y un cojinete denominado "fusible", solidario del estator, que puede soportar el citado árbol y susceptible de ceder cuando aparece un desequilibrio en el primer conjunto rotatorio. Esta turbomáquina está destinada, principalmente, a ser utilizada en el ámbito de la aviación y, de modo más particular, como motor de avión.

Un ejemplo de este tipo de turbomáquina está ilustrado en la figura 1 que representa un turborreactor 1 de avión de tipo bien conocido. Este turborreactor 1 comprende un primero 10 y un segundo conjunto rotatorio 9 rodeados por un estator 2, y separados de este último por una vena principal 3 de sección anular. La vena principal 3 está ocupada por etapas de álabes alternativamente solidarios de los citados conjuntos rotatorios 9 y 10 y del estator 2 para acelerar y comprimir los gases antes de aprovechar la energía que estos liberan al expandirse, después de la combustión del carburante: se encuentra, así, de adelante atrás, los álabes de un compresor de baja presión 4, los álabes de un compresor de alta presión 5, una cámara de combustión 6, los álabes de una turbina de alta presión 7 y los álabes de una turbina de baja presión 8. El primer conjunto rotatorio 10 comprende el rotor del compresor de baja presión 4, el rotor de la turbina de baja presión 8, y un primer árbol 12 denominado, también, árbol de "baja presión" o árbol principal, que asegura la unión entre los dos rotores antes citados. El segundo conjunto rotatorio 9 comprende el rotor del compresor de alta presión 5, el rotor de la turbina de alta presión 7 y un segundo árbol 11, denominado, también, árbol de "alta presión", que asegura la unión entre los dos rotores 5 y 7 antes citados. Al comprender el turborreactor 1 dos conjuntos rotatorios 9 y 10, o cuerpos, se habla, generalmente, de turborreactor de doble cuerpo.

El primero y segundo árboles 12 y 11 son concéntricos y giran a velocidades diferentes, siendo la velocidad de rotación del primer árbol 12 inferior a la del segundo árbol 11. Los dos árboles son sostenidos con la ayuda de cojinetes unidos al estator 2: se encuentra de adelante atrás un cojinete delantero 13 para el primer árbol 12, un cojinete delantero 14 para el segundo árbol 11, un cojinete trasero 15 para el segundo árbol 11 y un cojinete trasero 16 para el primer árbol 12. Estos cojinetes comprenden como elemento activo uno o dos rodamientos de bolas o de rodillos que permiten a los árboles 11 y 12 girar a gran velocidad independientemente uno del otro. Los árboles 11 y 12 están completamente separados entre sí, pero en una zona de proximidad 17 bastante larga, situada sensiblemente a nivel del cojinete delantero 14 del segundo árbol 11, estos árboles están separados solamente por una pequeña holgura.

Los turborreactores de avión modernos tienen una tasa de compresión elevada y una gran tasa de dilución de los gases de combustión. También, disponen de una vena auxiliar 18 que rodea la vena principal 3, recorrida por el aire que se mezcla con el gas de combustión en la parte trasera de la turbina de baja presión 8 (se habla, así, de turborreactores de doble flujo). El aire que recorre esta vena auxiliar 18 es ace-

lerado por los álabes de una soplante 19 solidaria del primer conjunto rotatorio 10 y que se extiende por delante del compresor de baja presión 4. Los álabes de la soplante 19 tienen un gran diámetro y una inercia consecuyente. Estos, además, están expuestos a la rotura cuando el avión está en vuelo y un cuerpo extraño, como un pájaro, choca con estos últimos.

En cuanto un álabe de soplante se rompe, aparece un desequilibrio importante en el primer conjunto rotatorio 10, lo que produce sobre él esfuerzos muy importantes de naturaleza vibratoria que son transmitidos al segundo conjunto rotatorio 9 y al estator 2 por intermedio del cojinete delantero 13. Los daños producidos por estos esfuerzos son susceptibles de propagarse por todo el turborreactor 1. Por este motivo, se conoce recurrir a un cojinete delantero 13 denominado "fusible", es decir, susceptible de romperse o de ceder de otra manera cuando aparece un desequilibrio en el primer conjunto rotatorio 10.

Este tipo de cojinete 13 comprende, en general, un inicio de rotura en la proximidad del primer árbol 12, se trata en general de una porción de estructura de espesor pequeño que la une al estator 2 o de pernos de unión de diámetro pequeño y cuyo vástago fileteado puede estar entallado; un ejemplo de este tipo de cojinete está descrito en la patente US 5.417.501. El inicio de rotura está calculado para desgarrarse o romperse cuando aparece el desequilibrio, de modo que el cojinete delantero 13 se separe del estator 2 y deje de sostener el primer árbol 12 que, entonces, pasa a oscilar libremente basculando alrededor del cojinete trasero 16 sin producir esfuerzo excesivo sobre el estator 2.

El piloto de avión ante un problema de este tipo detiene el turborreactor correspondiente (es decir, corta la alimentación de carburante de este turborreactor), lo que permite no arrastrar los árboles 11 y 12 en rotación de modo que su velocidad de rotación disminuya. A continuación, el piloto busca aterrizar en el sitio de aterrizaje más próximo, manteniéndose el avión en vuelo hasta el aterrizaje gracias a su otro o a sus otros reactores, no dañados. En esta fase de vuelo, mientras que el segundo árbol 11 deja progresivamente de girar, la soplante 19 arrastrada por el aire que la atraviesa continúa girando lentamente (con respecto a su velocidad de rotación normal) y arrastra el primer árbol 12 en rotación; se habla de autorrotación del primer conjunto rotatorio 10 y del árbol 12.

Ahora bien, esta autorrotación crea vibraciones que se propagan en el conjunto del aparato de modo perceptible para los pasajeros del aparato. Se observará que la amplitud de estas vibraciones es tanto mayor cuanto que la frecuencia de autorrotación sea igual o parecida a la frecuencia de resonancia de la soplante.

Para evitar este inconveniente, una solución conocida, descrita en el documento EP 1 126 137 A2, consiste en equipar cada turborreactor con un sistema de frenado constituido por un tambor de frenado solidario del rotor del compresor de baja presión y de un soporte cilíndrico solidario del estator en el cual están montadas varias zapatas de freno. Estas zapatas son susceptibles de pasar de una primera posición, en la cual no entran en contacto con el tambor, a una segunda posición en la cual rozan contra este tambor para frenarlo, incluso impedir que gire, según la intensidad de los rozamientos.

Este sistema de frenado conocido presenta, sin embargo, el inconveniente de estar compuesto por nu-

merosas piezas (pernos, zapatas...), lo que hace su fabricación compleja y cara y su instalación delicada. Por otra parte, en razón del espacio que ocupa un sistema de este tipo, éste únicamente puede instalarse en la parte delantera del turborreactor, debajo de los

álabes del compresor de baja presión.

La presente invención pretende suprimir las vibraciones causadas por la autorrotación de la soplante por medio de un sistema eficaz de estructura simple.

Con esta finalidad, la invención tiene por objeto una turbomáquina que comprende, al menos, un primer conjunto rotatorio con un primer árbol, un estator y cojinetes solidarios del estator que pueden soportar el primer árbol, siendo uno de los citados cojinetes susceptible de ceder cuando aparece un desequilibrio en el primer conjunto rotatorio, caracterizada porque comprende medios de frenado para frenar el primer árbol cuando aparece el desequilibrio y medios de soldadura para soldar, al final del frenado, una parte del primer árbol a una parte circundante de la turbomáquina con la cual es susceptible de entrar en contacto la parte del primer árbol cuando aparece el citado desequilibrio.

El hecho de soldar entre sí las citadas partes asegura un mejor bloqueo del primer árbol que el obtenido con los sistemas del tipo del descrito anteriormente donde el bloqueo del primer árbol depende de la intensidad de los rozamientos ejercidos por las zapatas sobre el tambor. En efecto, cuando esta intensidad es insuficiente, el primer árbol es frenado, pero no bloqueado, de modo que puede subsistir un fenómeno de vibración.

De manera ventajosa, los citados medios de soldadura comprenden un anillo situado entre la citada parte del primer árbol y la citada parte circundante de la turbomáquina y este anillo es solidario de una de las dos partes y comprende una composición fusible susceptible de calentarse por fricción con la parte de árbol o la parte circundante y de fundirse a consecuencia de este calentamiento.

Ventajosamente, la citada composición fusible comprende mayoritariamente aluminio, teniendo este elemento un punto de fusión suficientemente bajo y permitiendo obtener buenas soldaduras.

Además, de acuerdo con un modo particular de la invención, el anillo es obtenido por proyección térmica. La proyección térmica es una técnica bien apropiada en el caso presente porque permite realizar fácilmente el citado anillo y obtener una buena adherencia de este anillo al substrato sobre el cual es depositado, es decir, la citada parte del primer árbol o la citada parte circundante. Además, esta técnica puede utilizarse cualquiera que sea la geometría del substrato (cilíndrica, troncocónica...).

De manera ventajosa, para facilitar el calentamiento de la composición fusible, la superficie de la citada parte del primer árbol, en el caso en que el anillo esté montado en la parte circundante, o la superficie de la parte circundante de la turbomáquina, en el caso en que el anillo esté montado en la parte del primer árbol, es irregular.

En efecto, en este caso, la zona de fricción se limita a la interfaz entre las crestas de las asperezas de la citada superficie y el citado anillo. Siendo la extensión de esta zona de fricción limitada, su temperatura aumenta muy rápidamente, lo que favorece la fusión de la citada composición. Se observará que el contacto entre la citada superficie y el citado anillo es,

generalmente, un contacto satelitario.

Conviene observar que la turbomáquina de la invención puede comprender uno o varios conjuntos rotatorios. Cuando la turbomáquina comprende un único conjunto rotatorio, los medios de soldadura están dispuestos entre una parte del primer árbol y una parte circundante que pertenece al estator de la turbomáquina, de modo que la citada parte del primer árbol es susceptible de ser soldada al estator. Por el contrario, cuando la turbomáquina comprende varios conjuntos rotatorios, la citada parte circundante puede pertenecer al estator o a uno de estos conjuntos rotatorios (distintos del primer conjunto).

Ventajosamente, la turbomáquina de la invención es un motor de avión y, de modo más particular, un turborreactor. De acuerdo con la observación anterior, se comprende que este turborreactor puede ser monocuerpo, de doble cuerpo o de triple cuerpo. En el caso particular de un turborreactor de doble cuerpo, análogo al representado en la figura 1, la turbomáquina comprende un segundo conjunto rotatorio con un segundo árbol, siendo los primeros y segundos árboles concéntricos y susceptibles de girar a velocidades diferentes, girando el primer árbol menos deprisa que el segundo. En este tipo de turbomáquina, la citada parte circundante pertenece, preferentemente, al segundo árbol.

La turbomáquina de acuerdo con la invención comprende, igualmente, medios de frenado para frenar suficientemente el primer árbol antes de la fusión de la composición fusible, lo que permite a la composición fusible solidificarse para formar la soldadura deseada. En ausencia de tales medios de frenado, la composición fusible se fundiría y la rotación demasiado rápida del primer árbol dispersaría la composición fundida al interior de la turbomáquina.

Se observará que, por lo general, a consecuencia de la aparición del desequilibrio y a la rotura del cojinete fusible, los álaves del compresor de baja presión entran en contacto con el estator, lo que crea rozamientos que participan en el frenado del primer árbol.

Ventajosamente, los citados medios de frenado comprenden un revestimiento que recubre un tramo del primer árbol, siendo este revestimiento susceptible de rozar contra una zona próxima de la turbomáquina cuando aparece el desequilibrio. La citada zona puede pertenecer al estator de la turbomáquina o a un conjunto rotatorio diferente del primer conjunto, en el caso de un turborreactor de doble cuerpo o triple cuerpo.

Este revestimiento, al mismo tiempo que frena el tramo del primer árbol, permite proteger este tramo de cualquier contacto directo con la zona próxima de la turbomáquina.

De acuerdo con un modo de realización particular del citado revestimiento, éste comprende una capa de fibras impregnada de resina. El revestimiento es, así, simple de realizar y fácil de colocar.

Ventajosamente, se eligen resinas que presentan una baja conductividad térmica, una buena resistencia a la temperatura, y buenas propiedades mecánicas como las resinas epoxy, las resinas bismaleimidadas, y las resinas fenólicas. La resistencia a la temperatura de la resina debe elegirse, en particular, en función de las condiciones normales de funcionamiento del primer árbol, es decir, en ausencia de cualquier contacto: cuando la temperatura de funcionamiento del árbol excede de 120°, pueden utilizarse resinas epoxy, por

encima de esta temperatura se preferirán las resinas bismaleimidadas y, sobre todo, las resinas fenólicas.

La capa de fibras permite reforzar la resistencia mecánica del revestimiento cuando éste entra en contacto con la zona próxima de la turbomáquina. Esta capa se preimpregna de resina y se enrolla alrededor del primer árbol, o bien se enrolla y se impregna después de resina. La citada capa puede ser enrollada varias veces alrededor del árbol con el fin de ajustar el espesor del revestimiento y/o reforzar su resistencia mecánica.

De acuerdo con un modo de realización particular del revestimiento, la capa de fibras está formada por un manguito de fibras apto para ser enfilado en el primer árbol. Esta forma y esta aptitud particulares facilitan la colocación de esta capa. Ventajosamente, para ajustar el espesor del revestimiento y/o reforzar su resistencia mecánica, es posible enfilear varios manguitos en el primer árbol y superponerlos.

La invención se comprenderá mejor y sus ventajas se pondrán de manifiesto de modo más claro con la lectura de la descripción detallada que sigue, de un modo de realización de la invención representado a título de ejemplo no limitativo. La descripción se refiere a los dibujos anejos, en los cuales;

- la figura 1 es un corte de turborreactor de avión de tipo conocido;

- la figura 2 es una vista en corte, según el plano II-II de la figura 1, de dos árboles del turborreactor de la figura 1 cuando el primer árbol puede oscilar libremente;

- la figura 3 es un corte esquemático de una parte de turbomáquina de acuerdo con la invención en la cual están representados los medios de frenado y los medios de soldadura de acuerdo con la invención;

- la figura 4 es una vista agrandada de la zona IV de la figura III, en la cual los medios de frenado están representados con arranques.

La figura 1 anteriormente descrita, representa un turborreactor de avión de doble cuerpo y doble flujo de tipo bien conocido. Se observará la zona de proximidad 17, en la cual el primer árbol 12 y el segundo árbol 11 están muy próximos. En esta zona es en la que estos dos árboles entran en contacto entre sí cuando el cojinete fusible 13 cede a consecuencia de la rotura de una pala de la soplante 19, como está representado en la figura 2. Después de que el cojinete fusible 13 ha cedido, el primer árbol 12 del turborreactor, libre de oscilar basculando alrededor del cojinete trasero 16, roza contra el segundo árbol 11 en la zona de contacto 20.

La turbomáquina de acuerdo con la invención representada parcialmente en la figura 3 es un turborreactor de avión de doble cuerpo y doble flujo, análogo al anteriormente descrito y representado en la figura 1. Por esta razón, se utilizan las mismas referencias numéricas para designar los elementos comunes en la invención y en la técnica anterior.

La figura 3 representa solamente la parte de turbomáquina situada contigua a la zona de proximidad 17. En esta figura, se ve que el primer árbol, 12 de "baja presión", está sostenido por un cojinete delantero fusible 13 solidario del estator 2 y susceptible de romperse a nivel de las zonas de fragilización 23. Alrededor del primer árbol 12 se sitúa el segundo árbol 11 (estos dos árboles son concéntricos) sostenido por el cojinete delantero 14 solidario del estator 2. Estos dos árboles están particularmente próximos entre sí

en la zona de proximidad 17. El tramo 30 del primer árbol 12 situado en esta zona 17 está rodeado en cada lado por partes del primer árbol que presentan diámetros exteriores superiores al diámetro del citado tramo 30.

Como está representado en la figura 3, el tramo 30 está recubierto por los medios de frenado 31 y los medios de soldadura 40 de acuerdo con la invención. Estos medios 31, 40 están separados entre sí y los medios de frenado están situados en la parte trasera de los medios de soldadura (definiéndose la parte delantera y la parte trasera con respecto al sentido de circulación del aire, entrando el aire por la parte delantera y saliendo por la parte trasera de la turbomáquina).

Como está representado en el ejemplo de la figura 4, los medios de frenado 31 comprenden un revestimiento de material compuesto 33 que comprende un manguito 32 de fibras 34 trenzadas, orientadas de manera que refuerzan la resistencia mecánica del revestimiento e impregnadas de resina fenólica. Esta resina puede contener lubricantes secos tales como el grafito, el bisulfuro de molibdeno, el nitruro de boro o cualquier otro lubricante seco conocido. Las fibras 34 son de hecho cordones de fibras de carbono, de aramida o de vidrio y han sido trenzadas de manera que aseguren una cierta deformabilidad del manguito 32 con objeto de facilitar la colocación de este último. Así, cuando se enfilea el manguito 32 alrededor del árbol 12, se le estira radialmente para aumentar su diámetro y pasar las partes del árbol de mayor diámetro que el del tramo 30, lo que permite colocar fácilmente este manguito a nivel del tramo 30. Una vez situado correctamente, se estira el manguito 32 axialmente para disminuir su diámetro y bloquearlo alrededor del citado tramo 30. Para facilitar todavía más su colocación, el manguito 32 puede presentar una cierta elasticidad que le permite pegarse por sí mismo alrededor del citado tramo. Esta elasticidad puede obtenerse por el trenzado de las fibras 34 y la tasa de fibra utilizada. Después de haber sido colocado en el árbol 12, el manguito 32 es impregnado de resina.

El revestimiento de material compuesto 32 tiene por objeto frenar el primer árbol 12, al mismo tiempo que le protege de un contacto directo con la zona contigua 35 del turborreactor formado en este caso por un tramo del segundo árbol 11 y situado frente al citado revestimiento 33.

Ventajosamente, el coeficiente de rozamiento entre la resina fenólica utilizada para el revestimiento 33 y la zona contigua 35 del turborreactor es suficientemente pequeño para limitar el calentamiento del primer árbol 12 y no fragilizarlo. En efecto, se ha constatado que convenía limitar el calentamiento debido a los rozamientos entre el revestimiento 33 y la citada zona contigua 35, porque este calentamiento altera las propiedades mecánicas del primer árbol 12, en particular su resistencia a la rotura y su resistencia a la fatiga. En general, cuando el segundo árbol 11 está realizado de aleación de titanio, el citado coeficiente de rozamiento está comprendido entre 0,1 y 0,6. Por ejemplo, para una resina fenólica, este coeficiente de rozamiento es del orden de 0,3.

Ventajosamente, los medios de frenado 31 comprenden, igualmente, una primera capa intermedia 36 realizada de un material diferente al revestimiento 33 y dispuesta entre el revestimiento de material compuesto tejido/resina y el primer árbol 12. Esta capa intermedia 36 está realizada, por ejemplo, de grafito.

El coeficiente de rozamiento entre esta capa intermedia 36 y el segundo árbol 11 es mayor que el que hay entre el revestimiento 33 y el árbol 11 con el fin de frenar de modo más significativo el primer árbol 12. Por ejemplo, este coeficiente de rozamiento está comprendido entre 0,6 y 0,9. La capa intermedia 36 está destinada a entrar en contacto con el segundo árbol 11 cuando el revestimiento de material compuesto 33 se ha desgastado.

El desgaste del revestimiento 33 es más o menos importante en función de los materiales utilizados, de la diferencia entre las velocidades de rotación del primero y del segundo árbol, y de las temperaturas en la zona 17. La resistencia mecánica y el espesor del revestimiento 33 se eligen de modo que el contacto entre la primera capa intermedia 36 y el segundo árbol 11 se establezca cuando la velocidad de rotación del primer árbol 12 haya disminuido suficientemente, de manera que se limita el calentamiento debido a los rozamientos.

De acuerdo con un modo particular de realización de la invención, entre la primera capa intermedia 36 y el primer árbol 12 puede disponerse una segunda capa intermedia, no representada. Esta capa tiene por objeto evitar que se establezca un fenómeno de corrosión galvánica entre el árbol 12, realizado, por ejemplo, de acero maragin o de acero de alta resistencia, y la primera capa 36. Ventajosamente, la citada capa es una capa de pintura epoxifenólica o de una pintura de pigmento de aluminio.

Los medios de soldadura 40, comprenden a su vez un anillo 42 de aluminio, solidario de una parte circundante de la turbomáquina, en este caso el segundo árbol 11. Este anillo está depositado alrededor del segundo árbol 11 por proyección térmica.

Por otra parte, en la porción 44 del primer árbol 12 situada frente al anillo 42 están practicados unos

nervios. Estos nervios están orientados paralelos o inclinados con respecto a la dirección tangente al primer árbol 12, de manera que aumentan las superficies de contacto teniendo en cuenta los desplazamientos relativos entre el primer árbol 12 y el anillo 42.

Cuando se rompe una pala de la soplante de la turbomáquina de acuerdo con la invención, aparece un desequilibrio en el conjunto rotatorio 10 y los cojinetes "fusibles" 13 ceden. El primer árbol 12 oscila entonces alrededor del cojinete trasero 16 y se descentra de modo que los medios de frenado 31 entran en rozamiento contra la zona contigua 35 del segundo árbol 11. Estos medios de frenado se desgastan a medida que frenan el primer árbol 12. El espesor de los medios de frenado 31 y la distancia que separa estos medios 31 de los medios de soldadura 40 se eligen tales que una vez disminuida suficientemente la velocidad de rotación del primer árbol 12, el anillo 42 entre en rozamiento contra los nervios de la porción 44 del primer árbol 12 y se calienta. Este calentamiento provoca la fusión de este anillo 42, lo que permite soldar entre sí el primero 12 y el segundo árbol 11.

De acuerdo con un modo de realización de la invención, no representado, los medios de frenado 31 y los medios de soldadura 40 son solidarios del primer árbol 12, estando los medios de frenado 31 superpuestos con los medios de soldadura 40 en un mismo tramo del primer árbol 12. Naturalmente, es posible, igualmente, que los medios de frenado 31 y los medios de soldadura 40 sean solidarios del segundo árbol 11 y estén superpuestos. En todos los casos, los medios de frenado 31 cubren los medios de soldadura 40. Así, los medios de soldadura 40 están situados entre los medios de frenado y el árbol correspondiente, de manera que solamente entran en contacto con el otro árbol una vez desgastados los medios de frenado 31.

REIVINDICACIONES

1. Turbomáquina que comprende, al menos, un primer conjunto rotatorio (10) con un primer árbol (12), un estator (2) y cojinetes (13, 14, 15, 16) solidarios del estator que pueden soportar el primer árbol, siendo uno de los citados cojinetes (13) susceptible de ceder cuando aparece un desequilibrio en el primer conjunto rotatorio (10), **caracterizado** porque comprende medios de frenado (31) para frenar el primer árbol (12) cuando aparece el desequilibrio y medios de soldadura (40) para soldar, al final del frenado, una parte del primer árbol (12) a una parte circundante de la turbomáquina.

2. Turbomáquina de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada** porque los citados medios de soldadura (40) comprenden un anillo (42) situado entre la citada parte del primer árbol (12) y la citada parte circundante de la turbomáquina, y porque el citado anillo (42) es solidario de una de estas dos partes y comprende una composición fusible susceptible de calentarse por rozamiento con la parte de árbol o la parte circundante, y de fundirse.

3. Turbomáquina de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizada** porque la superficie de la citada parte del primer árbol (12) o la citada parte circundante de la turbomáquina es irregular.

4. Turbomáquina de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** porque comprende un segundo conjunto rotatorio (9) con un segundo árbol (11), siendo el primero y el segundo árbol concéntricos y susceptibles de girar a velocidades diferentes, perteneciendo la citada parte circundante de la turbomáquina al segundo árbol (11) de modo que la citada parte del primer árbol (12) es susceptible de ser soldada al segundo árbol.

5. Turbomáquina de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** porque la citada parte circundante de la turbomáquina pertenece al estator (2), de modo que la citada parte del primer árbol (12) es susceptible de ser soldada al estator (2).

6. Turbomáquina de acuerdo con la reivindicación 2 y una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizada** porque la citada composición fusible comprende mayoritariamente aluminio.

7. Turbomáquina de acuerdo con la reivindicación 2 y una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, **caracterizada** porque el citado anillo (42) se obtiene por proyección térmica.

8. Turbomáquina de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada** porque los medios de frenado (31) comprenden un revestimiento (33) que recubre un tramo (30) del primer árbol, siendo este revestimiento (33) susceptible de entrar en rozamiento contra una zona próxima (35) de la turbomáquina cuando aparece el citado desequilibrio.

9. Turbomáquina de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizada** porque el citado revestimiento (33) comprende una capa (32) de fibras (34) impregnadas de resina.

10. Turbomáquina de acuerdo con las reivindicaciones 8 ó 9, **caracterizada** porque el citado revestimiento (33) comprende fibras (34) elegidas entre las fibras de refuerzo siguientes: fibras de carbono, fibras de aramida, fibras de vidrio, y una resina elegida entre las resinas siguientes: resina epoxy, resina bismaleimida y resina fenólica.

11. Turbomáquina de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizada** porque los medios de frenado (31) y los medios de soldadura (40) están separados entre sí, estando situados los medios de frenado (31) en la parte trasera de los medios de soldadura (40).

12. Turbomáquina de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizada** porque los medios de frenado (31) y los medios de soldadura (40) están superpuestos uno con otro, cubriendo los medios de frenado (31) a los medios de soldadura (40).

13. Turbomáquina de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizada** porque esta turbomáquina es un turborreactor de avión (40).

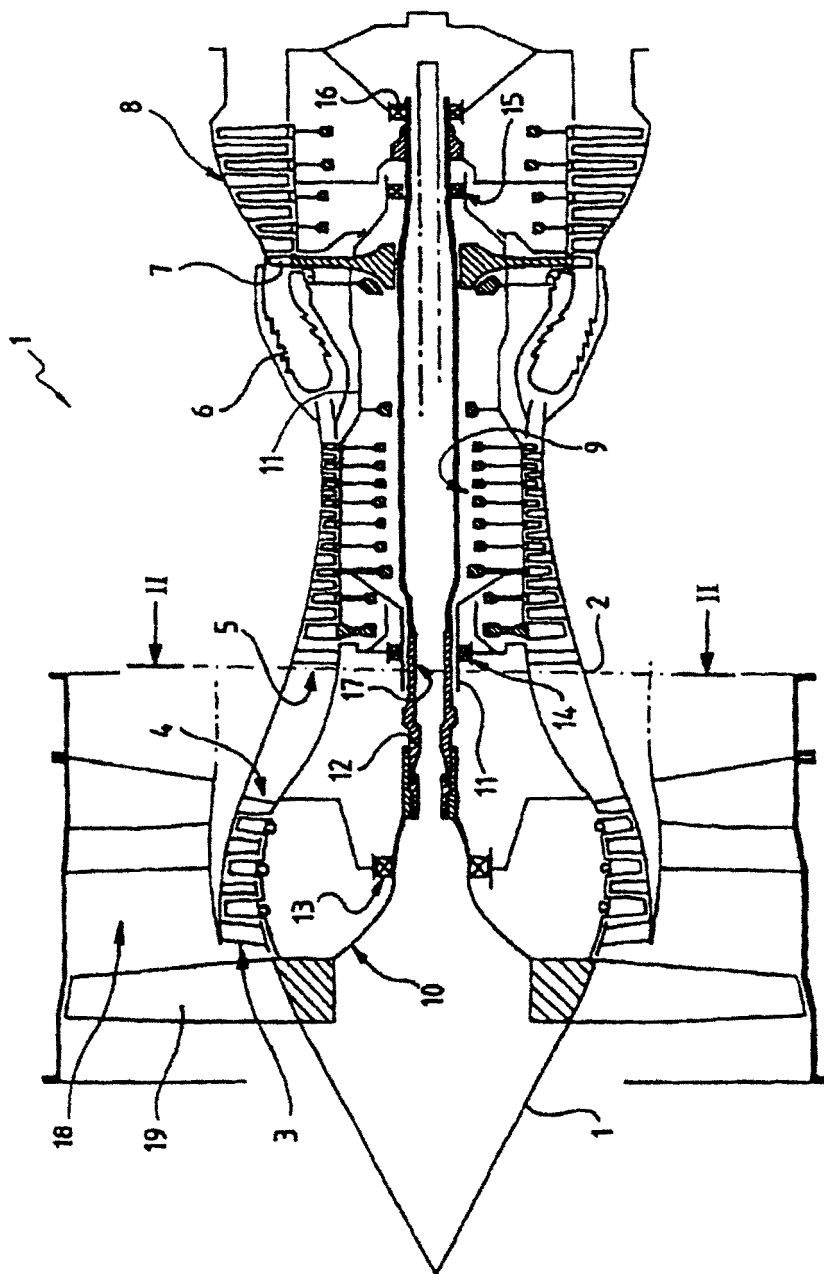


FIG.1

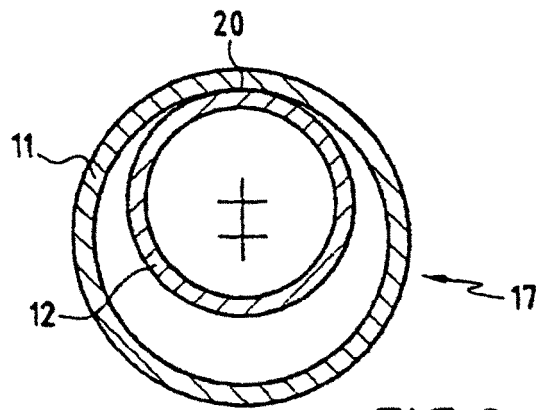


FIG. 2

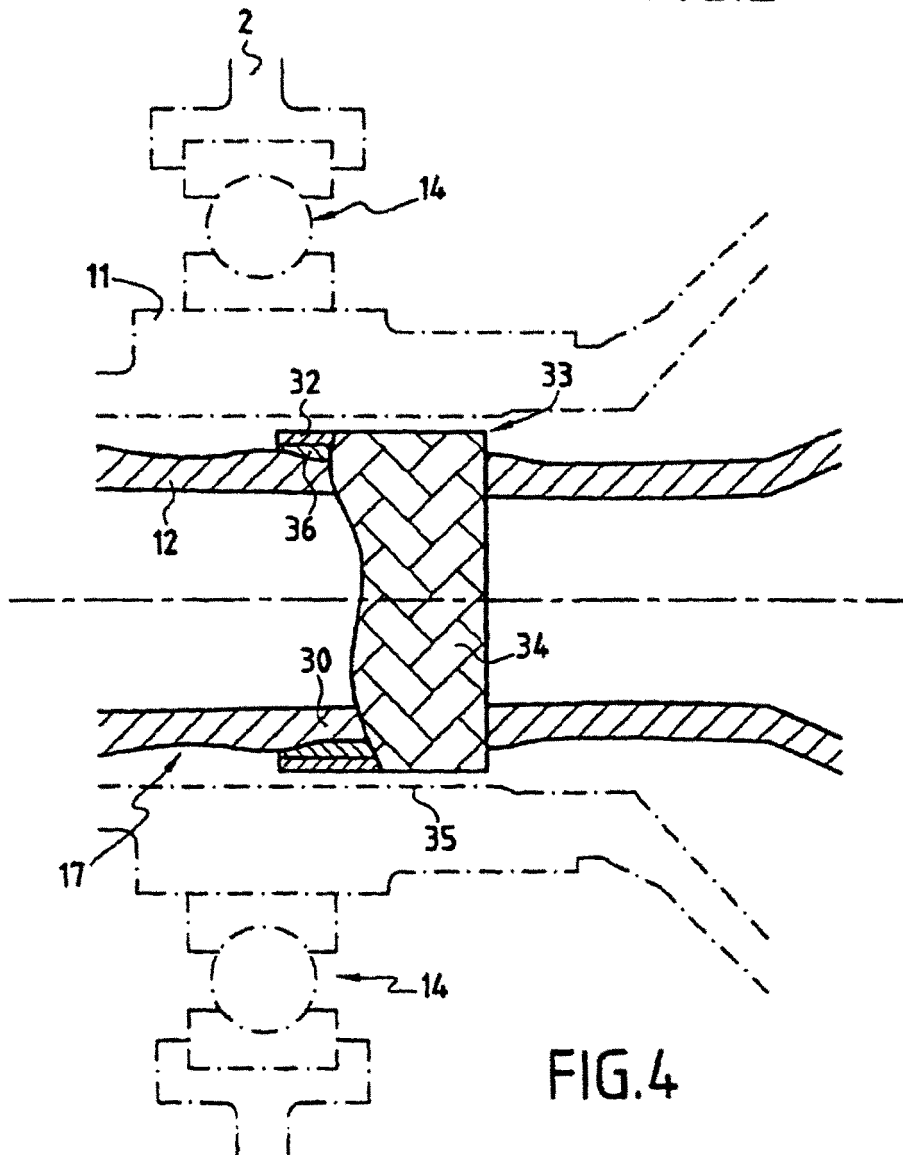


FIG. 4

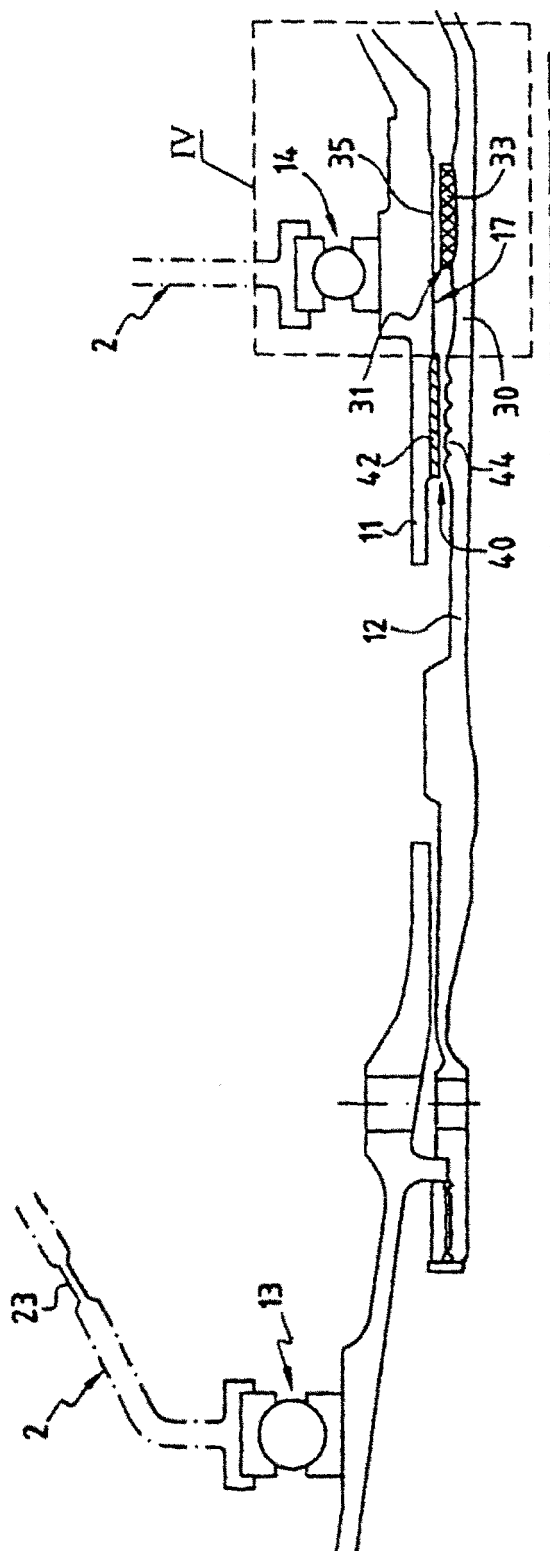


FIG. 3