

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 095**

51 Int. Cl.:  
**F01D 5/02**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07118971 .6**

96 Fecha de presentación: **22.10.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1918511**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.05.2008**

54 Título: **SISTEMA DE EQUILBRADO PARA ROTOR DE TURBOMÁQUINA.**

30 Prioridad:  
**24.10.2006 FR 0654491**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**27.12.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**27.12.2011**

73 Titular/es:  
**SNECMA**  
**2, BOULEVARD DU GÉNÉRAL MARTIAL VALIN**  
**75015 PARIS, FR**

72 Inventor/es:  
**Blanchard, Stéphane, Pierre, Guillaume;**  
**Garin, Fabrice;**  
**Judet, Maurice, Guy y**  
**Langevin, Thomas**

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 371 095 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

Sistema de equilibrado para rotor de turbomáquina

### Dominio de la técnica

5 La presente invención se refiere de forma general a un sistema de equilibrado de rotor de turbomáquina, así como a un módulo de turbomáquina que comprende por lo menos un sistema de equilibrado como tal. Un sistema de equilibrado como tal es conocido, por ejemplo, a partir del documento EP 4 879 792.

La invención concierne igualmente a una turbomáquina equipada de por lo menos un módulo como tal, tomando la turbomáquina, con preferencia, la forma de un turborreactor para aeronave.

### 10 Estado de la técnica anterior

En los módulos de turbomáquina existentes, tales como compresores o turbinas, está previsto habitualmente un sistema de equilibrado del rotor que comprende una brida anular de equilibrado sobre la cual se montan unas masas de equilibrado, con la ayuda de pernos alojados en unas aberturas pasantes de la brida anular. Así, las masas pueden repartirse alrededor de la brida en la forma deseada, asegurando un buen equilibrado del módulo de turbomáquina asociado. Por este hecho, este tipo de sistema de equilibrado del rotor es calificado, generalmente, de modular.

15 Más precisamente, la brida anular de equilibrado comprende habitualmente un alma anular delimitada radialmente, en un primer sentido, por una zona de unión a partir de la cual se extiende radialmente, en este primer sentido, una pluralidad de aberturas pasantes, hacia una extremidad radial libre de la brida, presentando cada abertura pasante una cima radial, según un segundo sentido opuesto al primer sentido, perteneciente a dicha zona de unión. De forma general, el primer sentido es el que va radialmente hacia el interior, y el segundo sentido opuesto es el que va radialmente hacia el exterior.

20 Además, el sistema comprende, por lo tanto, una pluralidad de masas de equilibrado montadas fijamente sobre la brida anular de equilibrado por medio de, por lo menos, un conjunto tornillo / tuerca que atraviesa una de las aberturas, estando la cabeza del tornillo apoyada contra una primera cara de la brida anular de equilibrado y estando la masa de equilibrado apoyada contra una segunda cara de la brida anular de equilibrado, opuesta a la primera cara.

25 Durante estudios realizados en el marco de la determinación de los esfuerzos sufridos por la brida de equilibrado, se ha remarcado que los esfuerzos tangenciales más grandes estaban localizados a la altura de la cima radial de cada abertura pasante, por lo tanto, sobre y en la proximidad de la zona de unión citada anteriormente. A título indicativo, se precisa que los esfuerzos tangenciales están ligados esencialmente a los efectos centrífugo y térmico.

30 Además, se hace notar que las porciones de la brida de equilibrado muy solicitadas tangencialmente están igualmente sometidas a esfuerzos axiales por el ajuste del conjunto tornillo / tuerca. Así, la combinación de estos esfuerzos tangenciales y axiales puede conducir a una vida útil muy escasa de la brida de equilibrado, y generar, por otra parte, riesgos importantes de deterioro de esta brida.

35

### Exposición de la invención

Por lo tanto, la invención tiene como objetivo proponer un sistema de equilibrado de rotor de turbomáquina así como un módulo de turbomáquina que resuelven los inconvenientes mencionados anteriormente, relativos a las realizaciones de la técnica anterior.

40 Para lograrlo, la invención tiene como objeto, en primer lugar, un sistema de equilibrado de rotor de turbomáquina que comprende una brida anular de equilibrado provista de un alma anular delimitada radialmente, en un primer sentido, por una zona de unión a partir de la cual se extiende radialmente, en el primer sentido, una pluralidad de aberturas pasantes, hacia una extremidad radial libre de la brida, presentando cada abertura pasante una cima radial, según un segundo sentido opuesto al primer sentido, perteneciente a la zona de unión, comprendiendo además el sistema, una pluralidad de masas de equilibrado montadas fijamente sobre la brida anular de equilibrado por medio de, por lo menos, un conjunto tornillo / tuerca que atraviesa una de las aberturas, estando apoyado uno de los elementos tomado entre la tuerca y la cabeza del tornillo, contra una primera cara de la brida anular de equilibrado y estando apoyada la masa de equilibrado contra una segunda cara de la brida anular de equilibrado, opuesta a la primera cara.

50 Según la invención, para cada una de las aberturas pasantes, la brida anular de equilibrado presenta sobre su primera cara, un primer hueco que pasa por la cima radial y que se extiende a uno y otro lado de la zona de unión, estando desprovisto este primer hueco de contacto con el elemento tomado entre la tuerca y la cabeza del tornillo,

presentando la brida de equilibrado, sobre su segunda cara, un segundo hueco que pasa por la cima radial y que se extiende hacia uno y otro lado de la zona de unión, estando este segundo hueco desprovisto de contacto con la masa de equilibrado.

5 Así, la invención propone una solución astuta que permite desviar los esfuerzos axiales derivados del ajuste del conjunto tornillo / tuerca fuera de la zona de la brida anular de equilibrado fuertemente solicitada, por otra parte, por los esfuerzos tangenciales, estando esta zona, como se mencionó anteriormente, centrada sobre la cima radial de la abertura pasante respectiva.

10 En efecto, los huecos previstos están, por lo tanto, realizados de forma tal de desembocar justo en las aberturas pasantes asociadas, realizándose estos huecos a uno y otro lado de dicha zona de unión, a saber, conjuntamente sobre el alma anular de la brida y sobre una porción denominada agujereada, igualmente anular y que integra las diferentes aberturas pasantes. De este modo, para cada una de las aberturas pasantes, dicho elemento tomado entre la tuerca y la cabeza de tornillo ya no está apoyado contra la cima radial de la cual éste está alejada una distancia igual a la profundidad del primer hueco, lo que hace que no se genere casi ningún esfuerzo axial sobre esta cima, muy solicitada tangencialmente por los efectos centrífugo y térmico.

15 En consecuencia, el desacoplamiento de los esfuerzos tangenciales y axiales operado en la presente invención, conduce ventajosamente a aumentar la vida útil de las bridas de equilibrado, e igualmente limita en gran medida los riesgos de deterioro de las mismas.

20 Se indica que la invención prevé que cada hueco se sitúe alrededor de la abertura pasante asociada, sobre y en la proximidad de la cima radial. Naturalmente, el hueco correspondiente, igualmente asimilable a una escotadura o a un destalonamiento, podría extenderse de forma más importante alrededor de la abertura, incluso todo alrededor de esta última, sin salir del alcance de la invención.

25 Finalmente, la brida anular de equilibrado puede, de forma indiferente, estar prevista para ser añadida de forma fija sobre un disco de rotor, en particular sobre su porción radial interna ensanchada de definición del orificio, igualmente denominado cubo del disco o "puerro", o bien, para ser confundida con una brida de unión cualquiera que forme parte integrante del módulo de turbomáquina asociada.

Con preferencia, en la sección transversal de la brida que pasa por las aberturas pasantes, la zona de unión toma la forma de un círculo centrado sobre un eje de la brida anular.

30 Además, siempre en la sección transversal de la brida anular que pasa por las aberturas pasantes, la cima radial de cada abertura pasante toma, con preferencia, la forma de un punto perteneciente al círculo centrado sobre el eje de la brida anular.

35 Preferentemente, los primeros huecos están constituidos por una única ranura circular practicada sobre la primera cara, de forma centrada sobre el eje de la brida anular, y los segundos huecos están constituidos por una única ranura circular practicada sobre la segunda cara, igualmente de forma centrada sobre el eje de la brida anular. Esta solución es ventajosa en el sentido en que permite, con la ayuda de una simple y única operación de mecanizado de una de las caras de la brida anular de equilibrado, obtener la totalidad de los huecos de esta cara.

Siempre de manera preferente, cada masa de equilibrado está montada sobre la brida de equilibrado por medio de dos conjuntos tornillo / tuerca que atraviesan respectivamente dos aberturas directamente consecutivas.

40 Además, se prevé, con preferencia, para cada abertura pasante, que la cabeza del tornillo apoye contra la primera cara de la brida de equilibrado, estando entonces la tuerca apoyada contra la masa de equilibrado. Naturalmente, sería posible prever una situación inversa en la que la tuerca esté apoyada contra la primera cara de la brida de equilibrado y la cabeza del tornillo apoyada contra la masa de equilibrado, sin salir del alcance de la invención.

Finalmente, cada abertura pasante toma la forma de un festón o de un agujero. A título indicativo, el festón es, de forma clásica, abierto radialmente en el primer sentido, a saber, desembocando a la altura de la extremidad radial libre de la brida, mientras que el agujero presenta, en lo que a éste respecta, una sección cerrada.

45 La invención tiene igualmente como objeto un disco de rotor de turbomáquina que comprende un sistema de equilibrado tal como el descrito anteriormente, siendo llevada dicha brida de equilibrado por un cubo de dicho disco, con el cual ésta puede estar realizada en una sola pieza.

Por otra parte, la invención igualmente tiene como objeto un módulo de turbomáquina que comprende por lo menos un sistema de equilibrado de rotor tal como el presentado anteriormente.

50 Con preferencia, el módulo es una turbina o un compresor de turbomáquina, de alta presión o de baja presión.

Finalmente, la invención tiene como otro objeto una turbomáquina tal como un reactor de aeronave, que comprende por lo menos un módulo tal como el descrito anteriormente.

Otras ventajas y características de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada no limitativa.

**Breve descripción de los dibujos**

- 5 Esta descripción se realizará con respecto a los dibujos anexos, entre los cuales:
- la figura 1 representa una vista parcial lateral de un módulo de turbomáquina según un modo de realización preferido de la presente invención;
  - la figura 2 muestra una vista parcial en perspectiva de la brida anular de equilibrado destinada a formar parte integrante del sistema de equilibrado de rotor perteneciente al módulo de turbomáquina mostrado en la figura 1;
- 10 - la figura 3 muestra una vista en corte según la línea III – III de la figura 2, sobre la cual han sido añadidos una masa de equilibrado y sus medios de montaje asociados;
- la figura 4 muestra una vista en corte según la línea IV – IV de la figura 3; y
  - la figura 5 muestra una vista parcial en corte según la línea V – V de la figura 1.

**15 Exposición detallada de los modos de realización preferidos**

Con referencia a la figura 1, se ve una parte de un módulo 1 de turbomáquina según un modo de realización preferido de la presente invención, siendo aquí, este módulo, una turbina de alta presión denominada turbina HP de la turbomáquina, tomando, en lo que a esta respecto, la forma de un turborreactor para aeronave.

20 En la figura 1 se puede distinguir la parte de rotor de la turbina HP, situada aguas abajo de una cámara de combustión 2 del turborreactor. A este respecto, se hace notar que las nociones de “aguas arriba” y “aguas abajo” empleadas a continuación deben considerarse con respecto a una dirección principal de circulación de los gases a través de la turbomáquina, a la que se hace referencia esquemáticamente con la flecha 4, siendo esta dirección sensiblemente paralela a un eje longitudinal 6 del turborreactor, correspondiente simultáneamente a un eje del módulo 1 y de los discos que lo componen.

25 En efecto, el módulo 1 comprende un disco principal de rotor denominado disco de soporte de álabes 8, de eje 6, que atraviesa un sistema de ejes 10 del turborreactor gracias a la presencia de un orificio 12. Más precisamente, este orificio 12 está realizado de forma conocida a la altura de una porción radial interna ensanchada 14, que constituye la porción de mayor espesor del disco 8, y delimitada por una cara aguas arriba 16 y una cara aguas abajo 18, ambas dos ortogonales al eje 6. La porción radial interna ensanchada 14 que forma el cubo del disco, igualmente

30 denominado “puerro”, presenta por lo tanto un espesor sensiblemente constante según la dirección del eje 6, que es igual a la longitud del orificio 12 en esta misma dirección.

A la altura de una porción de extremidad radial externa 20 del disco 8, se encuentran montados unos álabes de turbina 22 a través de los cuales se pueden expandir los gases que escapan de la cámara de combustión 2.

35 Sobre el flanco aguas abajo 23 del disco de soporte de los álabes 8 está dispuesta una brida anular de unión 24 que sirve para la fijación de este disco 8 sobre una parte aguas abajo del módulo, no representada. Como es visible en la figura 1, la brida anular de unión aguas abajo 24 está en voladizo a partir del flanco aguas abajo 23 con el cual ésta está realizada de una sola pieza, a la altura de una parte situada por encima de la porción radial interna ensanchada 14.

40 Por otra parte, sobre el flanco aguas arriba 26 del disco de soporte de los álabes 8, está dispuesta otra brida anular de unión 28 que sirve para la fijación de este disco 8 sobre otro módulo de la turbomáquina y, más específicamente, sobre el compresor de alta presión, denominado compresor HP (no representado), que comprende en lo que a éste respecta, una brida anular de unión aguas abajo 30. Todavía aquí, como es visible en la figura 1, la brida anular de unión aguas arriba 28 está en voladizo a partir del flanco aguas arriba 26 con el cual ésta está realizada de una sola pieza, a la altura de una parte situada por encima de la porción radial interna ensanchada 14.

45 Más aún, además de la función de montaje con el compresor HP, esta brida anular de unión aguas arriba 28 sirve igualmente para el montaje de un disco laberíntico 32 situado aguas arriba del disco de soporte de álabes 8, cuya función principal, conocida por el experto en la técnica, reside en la ayuda a la refrigeración de este disco 8 y de los álabes que éste lleva. En efecto, el disco 32, que comprende uno o varios dispositivos anulares de estanqueidad de tipo laberíntico 34 tangentes al estator del módulo, permite definir un espacio anular de refrigeración 36 hacia aguas

50 abajo, entre éste mismo y el disco 8 a refrigerar. Así, el aire fresco que penetra en el interior de este espacio 36, llega a adherirse al flanco aguas arriba 26 del disco 8, antes de llegar, radialmente hacia el exterior, a un circuito de aire a través de los álabes 22, como se muestra esquemáticamente mediante la flecha 38 de la figura 1.

En este modo de realización preferida de la presente invención, el disco laberíntico 32 está dispuesto entre las dos bridas anulares de unión 28, 30 sobre las cuales éste está montado fijamente con la ayuda de pernos 40 que sirven para el montaje de las dos bridas, y repartidos todo alrededor del eje 6.

5 El disco laberíntico 32 atraviesa igualmente el sistema de ejes 10 del turborreactor, gracias a la presencia de un orificio 44. Más precisamente, este orificio 44 está realizado de forma conocida a la altura de una porción radial interna ensanchada 46, que constituye la porción de mayor espesor del disco 32, y delimitada por una cara aguas arriba 48 y una cara aguas abajo 50, ambas dos ortogonales al eje 6. La porción radial interna ensanchada 46 o cubo del disco, igualmente denominado "puerro", presenta por lo tanto un espesor sensiblemente constante según la dirección del eje 6, que es igual a la longitud del orificio 44 en esta misma dirección. A este respecto, de manera conocida por el experto en la técnica y como se representa en las figuras, el disco presenta, radialmente desde el interior hacia el exterior, el cubo 46, una cubierta o tapacubos, y finalmente una corona conformada en función de las necesidades detectadas.

15 En este modo de realización preferida, está dispuesta una brida anular de equilibrado 52, equipada con masas de equilibrado 54, sobre la porción radial interna ensanchada o cubo 46. Más precisamente, esta brida anular de equilibrado 52 está realizada en una sola pieza con la porción radial interna ensanchada 46, desde la cual ésta hace voladizo hacia aguas arriba y después radialmente hacia el interior, a partir de la cara 48. De una forma general, la brida 52 y las masas 54 que están allí añadidas de forma determinada, forman juntas un sistema de equilibrado de rotor de turbomáquina 61.

20 Dado que esta brida de equilibrado 52 es distinta de las bridas de unión indicadas anteriormente, las masas de equilibrado 54 pueden estar entonces montadas de forma definitiva sobre esta brida 52, con anterioridad a la operación de unión del módulo 1 con otro módulo de la turbomáquina. El fabricante de un módulo 1 como tal de turbomáquina es capaz, por consiguiente, de garantizar un montaje satisfactorio del sistema de equilibrado, en particular de las masas 54 sobre la brida 52 con la ayuda de los pernos 56, porque el montaje ulterior de este mismo módulo 1 con otro módulo de turbomáquina, en este caso el compresor HP, no requiere un desmontaje / montaje de las masas de equilibrado ya instaladas sobre la brida 52 prevista con este fin.

25 Como es visible en la figura 1, se puede procurar que la brida de equilibrado 52 esté en voladizo desde la cara 48 hacia aguas arriba a la altura de la extremidad radial externa de la misma, a saber, a la altura de la intersección de esta cara 48 ortogonal al eje 6, con el resto de un flanco aguas arriba 58 de este disco 32, opuesto a un flanco aguas abajo 60 que delimita el espacio de refrigeración 36. Por otra parte, se hace notar que los flancos 58 y 60 están dispuestos a la altura de una cubierta o tapacubos del disco 32.

30 Como consecuencia, debe comprenderse que la brida de equilibrado 52 está desprovista de función de unión con otro elemento de la turbomáquina, ya sea éste un elemento del mismo módulo 1 o de un módulo adyacente de la turbomáquina, lo cual implica que su función reside únicamente en el soporte de las masas de equilibrado 54. Así, ningún elemento de la turbomáquina diferente que las masas de equilibrado 54 es fijado sobre esta brida anular de equilibrado 52 que, como es visible en la figura 1, está dispuesta de forma radialmente interior con respecto a las bridas anulares de unión 28, 30 mencionadas anteriormente, que sirven para la fijación de la turbina HP sobre el compresor HP así como para el soporte del disco laberíntico 32.

40 Con referencia ahora a las figuras 2 a 4, se puede ver una de las particularidades de la presente invención, que reside en la concepción particular de la brida anular de equilibrado 52, de eje 6, igualmente denominado eje de la brida anular.

45 La brida anular de equilibrado 52 comprende esencialmente dos porciones contiguas y desplazadas según una dirección radial 62 de la brida, a saber, un alma anular 64 que constituye la parte radial externa de esta brida, y una porción agujereada 66 que constituye la parte radial interna de esta última. El alma 64 o porción principal de la brida 52, es llena e integra una porción anular de unión 68 que asegura el empalme de la brida sobre la cara 48 de la porción radial interna ensanchada 46 del disco 32.

50 El alma 64 se extiende, por lo tanto, en la dirección radial 62 según un primer sentido 70 correspondiente al sentido que va hacia el interior, hasta una zona denominada de unión, esquematizada por las líneas punteadas 74, y que separa este alma 64 de la porción agujereada 66, tomando con preferencia, la zona de unión 74, la forma de un cilindro ficticio de sección circular centrado en el eje 6. Debe notarse que el segundo sentido 72 asociado a la dirección radial 62 y mostrado en las figuras, corresponde al que va hacia el exterior.

55 La porción agujereada anular 66 se extiende, por lo tanto, radialmente a partir de la zona de unión 74, en el primer sentido 70, hasta una extremidad radial libre de la brida 76. Por lo tanto, esta porción 66 integra unas aberturas pasantes 78 que se extienden cada una radialmente a partir de la zona de unión 74, en el primer sentido hacia la extremidad radial libre de la brida 76. Aquí, las aberturas 78 toman la forma de festones, a saber, que se extienden radialmente sobre toda la porción agujereada anular 66, ya que éstos desembocan radialmente hacia el interior a la altura de la extremidad radial libre de la brida 76. En otros términos, éstos presentan, cada uno, un contorno abierto, contrariamente a un orificio, que presenta un contorno cerrado. A título de esto, las aberturas 78 podrían tomar alternativamente la forma de un orificio, sin salir del alcance de la presente invención.

Además, se ha indicado que cada abertura pasante 78 presenta una cima radial 80 según el segundo sentido 72, cima que pertenece a la zona de unión 74 mencionada anteriormente.

5 Más precisamente con referencia a la figura 4, se puede percibir que las aberturas 78 que sirven para ser  
 10 atravesados por unos pernos 56, disponen todas de una forma y de dimensiones sensiblemente idénticas, de manera  
 tal que, en la sección transversal de la brida que pasa por estas aberturas pasantes 78, o aún en la vista en corte  
 transversal de esta figura 4, la zona de unión 74 toma la forma de un círculo centrado sobre el eje 6. Además, se  
 puede ver que la cima radial 80 de cada abertura pasante 78 toma la forma de un punto que pertenece al círculo 74,  
 dado que el fondo de cada uno de los festones 78 dispone preferentemente de una ligera curvatura orientada  
 radialmente hacia el interior, según el primer sentido 70. A este respecto, se precisa, como se muestra en la figura 3  
 asimilable a un corte diametral o radial, que esta cima radial 80 toma en este corte la forma de un segmento de recta  
 preferentemente paralela al eje 6 (no representado) y se extiende en toda la longitud de la abertura 78 según la  
 dirección de este mismo eje. Además, este mismo segmento de recta 80 pertenece enteramente a la zona de unión  
 74.

15 La figura 3 muestra que las masas de equilibrado 54 (visible sólo una en la figura 3) están montadas fijamente sobre  
 la brida de equilibrado 52 por medio de uno o varios conjuntos tornillo / tuerca 56 que atraviesan cada una de las  
 aberturas 78, estando cada masa 54, preferentemente, añadida sobre la brida 52 con la ayuda de dos conjuntos  
 tornillo / tuerca 56 que atraviesan respectivamente dos aberturas 78 directamente consecutivas en la dirección  
 tangencial de la brida 52, tal como se detallará posteriormente.

20 Además, el conjunto 56 comprende, por lo tanto, un tornillo 84 que presenta una cabeza de tornillo 86 apoyada contra  
 una primera cara 90, o cara aguas abajo de la brida 52, sensiblemente ortogonal al eje 6 y enfrentada a la cara 48 del  
 disco laberíntico 32. El conjunto comprende igualmente una tuerca 88 montada sobre una porción roscada del  
 tornillo, estando esta tuerca 88 apoyada contra una cara exterior de la masa 54 asociada, cuya cara interior está, en  
 lo que a ésta respecta, apoyada contra una segunda cara 92, o cara aguas arriba de la brida 52, sensiblemente  
 ortogonal al eje 6 y opuesta a la primera cara 90.

25 Así, desde aguas arriba hacia aguas abajo, está previsto un apilamiento de la tuerca 88, de la masa 54, de la brida 52  
 y, finalmente, de la cabeza de tornillo 86, estando estos elementos, preferentemente, en contacto dos a dos.

Como se muestra en las figuras 2 a 4, para evitar forzar demasiado la brida 52 a la altura de cada cima radial 80 de  
 abertura, se propone desviar los esfuerzos axiales debidos al ajuste del conjunto tornillo / tuerca 56 que atraviesa la  
 abertura en cuestión, practicando unos huecos posicionados juiciosamente.

30 Efectivamente, para cada uno de los festones 78, la brida de equilibrado 52 presenta sobre su primera cara 90, un  
 primer hueco 94 que pasa por la cima radial 80 sometida a fuertes esfuerzos tangenciales, y que se extiende a lo  
 largo de la zona de unión 74, así como radialmente a uno y otro lado de ésta. En otros términos, el hueco 94 se  
 extiende a la vez sobre el alma anular 64 y la porción agujereada 66, de forma tal que se puede considerar entonces  
 35 que éste desemboca dentro del festón correspondiente 78. Como se muestra en la figura 3, estando desprovisto el  
 primer hueco 94 de contacto con la cabeza de tornillo 86, el apoyo de esta última sobre la brida de equilibrado 52 se  
 hace, por lo tanto, sobre la primera cara 90 a cierta distancia de la cima radial 80 sometida a fuertes esfuerzos  
 tangenciales, lo cual hace que no se aplique casi ningún esfuerzo axial a la altura de esta misma cima 80. El  
 esfuerzo axial aplicado sobre la brida 52 y debido al ajuste del conjunto 56 es, por lo tanto, desviado radialmente, de  
 40 forma ventajosa, en el segundo sentido 72, hacia el corazón del alma anular 64 contra la cual se apoya la cabeza de  
 tornillo 86.

A título indicativo, el hueco 94 está realizado, con preferencia, con suficiente profundidad en el primer sentido 70, con  
 el fin de recubrir la totalidad del fondo curvado del festón 78. Así, prosiguiendo en este mismo primer sentido 70, la  
 cabeza de tornillo 86 puede recobrar el contacto con el contorno del festón 78, contrariamente a lo que se busca  
 alrededor de la zona de la cima radial 80.

45 Por razones de facilidad de fabricación y como se ve mejor en la figura 4, los primeros huecos 94 están  
 preferentemente constituidos por una única ranura circular 96 practicada sobre la primera cara 90, estando centrada  
 esta ranura 96, con preferencia, de sección semicircular, sobre el eje 6 y siguiendo la zona de unión 74 en forma de  
 círculo.

50 De una forma análoga que se detallará menos a continuación, la brida de equilibrado 52 presenta igualmente sobre  
 su segunda cara 92, para cada festón 78, un segundo hueco 98 que pasa por su cima radial 80 y que se extiende  
 hacia uno y otro lado de la zona de unión 74, estando este segundo hueco 98 desprovisto de contacto con la masa de  
 equilibrado 52. Aquí también, la totalidad de los segundos huecos 98 de la cara 92 puede ser realizada por una única  
 ranura circular 99 practicada sobre esta segunda cara 92, estando centrada esta ranura 99, con preferencia, de  
 55 sección semicircular, sobre el eje 6 y siguiendo la zona de unión 74 en forma de círculo. De una manera general,  
 existe una semejanza entre los primeros huecos 94 y los segundos huecos 98, ya que éstos son preferentemente  
 simétricos con respecto a un plano transversal dado.

- 5 Como se muestra en la figura 3, estando desprovisto cada segundo hueco 98 de contacto con la masa 54, el apoyo de esta última sobre la brida de equilibrado 52 se hace, por lo tanto, sobre la segunda cara 92 a cierta distancia de la cima radial 80 sometida a fuertes esfuerzos tangenciales, lo cual hace que no se aplique casi ningún esfuerzo axial a la altura de esta misma cima 80. El esfuerzo axial aplicado sobre la brida 52 y debido al ajuste del conjunto 56 es, por lo tanto, desviado radialmente, de forma ventajosa, en el segundo sentido 72, hacia el corazón del alma anular 64 contra la cual se apoya la cabeza de tornillo 86.
- 10 Ahora, con referencia a la figura 5, que muestra otra particularidad que puede ser combinada con la realización de los huecos descrita anteriormente con referencia a las figuras 2 a 4, se puede ver que cada masa 54 (estando representada sólo una esquemáticamente en línea punteada) está montada fijamente sobre la brida de equilibrado 52 con la ayuda de dos conjuntos tornillo / tuerca.
- 15 Efectivamente, está previsto un primer conjunto tornillo / tuerca identificado como 56a, que comprende un primer tornillo 84 que atraviesa una primera abertura 78, así como un segundo conjunto tornillo / tuerca identificado como 56b, que comprende igualmente un segundo tornillo 84 que atraviesa una segunda abertura 78, desplazada de la primera abertura 78 según un primer sentido 104 de la dirección tangencial 102, opuesto este primer sentido 104 a un segundo sentido 106 y correspondiente, por lo tanto, al sentido horario sobre la figura 5.
- 20 Como está esquematizado para la segunda abertura 78 que toma la forma de un festón, siendo aplicable al conjunto de las aberturas pasantes 78, se hace notar que en la sección transversal de la brida que pasa por estas aberturas pasantes 78, o aún en la vista en corte transversal de la figura 5, una porción de extremidad radial 108 de la abertura, considerada según el segundo sentido 72, está constituida por un arco de círculo 110 de radio R1, a uno y otro lado del cual se encuentran dos arcos de círculo 112 de radio R2 inferior al radio R1. Más precisamente, el arco de círculo 110 constituye la mayor parte de esta porción de extremidad radial 108, e integra en su centro la cima radial 80 mencionada anteriormente. Por otra parte, el radio R2 de los dos arcos de círculo 112 que delimitan la porción de extremidad radial 108, es sensiblemente idéntico al radio del tornillo 84, lo cual permite obtener, eventualmente, un contacto superficial entre el tornillo 84 y uno de estos dos arcos de círculo 112.
- 25 Con preferencia, el festón 78 presenta un eje de simetría 114 que se extiende radialmente, es decir, según la dirección 62, pasando este eje de simetría 114, por lo tanto, por el eje de disco 6 y la cima radial 80. Como consecuencia, los dos arcos de círculo 112 son, por lo tanto, simétricos con respecto al eje 114 y pueden, cada uno, ser parte integrante de un flanco de extremidad tangencial de la abertura.
- 30 A este respecto, cada una de las dos aberturas 78 presenta un primer flanco de extremidad tangencial 116, con preferencia iniciado a la altura de la unión entre el arco de círculo central 110 y el arco de círculo 112 situado más hacia el extremo en el segundo sentido 106, y proseguido de forma conocida por una porción plana sensiblemente recta y paralela a la dirección radial 62 y al eje de simetría 114, hasta la extremidad radial libre de brida 76. De forma análoga, cada una de las dos aberturas 78 presenta un segundo flanco de extremidad tangencial 118, con preferencia iniciado a la altura de la unión entre el arco de círculo central 110 y el arco de círculo 112 situado más hacia el extremo en el primer sentido 104, y proseguido igualmente por una porción plana sensiblemente recta y paralela a la dirección radial 62 y al eje de simetría 114, hasta la extremidad radial libre de brida 76.
- 35 Una de las particularidades de esta configuración reside en el hecho de prever cada tornillo 84 de diámetro más pequeño que la anchura tangencial del festón 78 que éste atraviesa, de manera que la porción de extremidad radial 108 se extiende sobre una distancia tangencial importante, permitiendo reducir la concentración de tensiones sobre y en la proximidad de la cima radial 80, en particular gracias a su forma evolutiva y suavizada. Con este fin, se prevé, por lo tanto, que una distancia tangencial máxima D entre los dos flancos de extremidad tangencial 116, 118, correspondiente a la distancia constante entre las dos porciones planas de estos flancos 116, 118, sea superior a una longitud tangencial máxima d de dicho tornillo 84 sensiblemente idéntica al valor del diámetro del mismo, estando comprendida la relación  $D/d$  entre 1,2 y 2 y, con preferencia, próximo a 1,5.
- 40 Además, para asegurar la retención tangencial de la masa 54 sobre la brida de equilibrado 52, en primer lugar está previsto que el primer tornillo 84 del primer conjunto 56a esté apoyado contra el primer flanco de extremidad tangencial 116 de la primera abertura pasante 78 y, más precisamente, apoyado y en contacto contra la porción plana de ese flanco 116, en la proximidad de la unión con el arco de círculo 112, como se muestra en la figura 5. Así, el tornillo ya no está en contacto con este arco de círculo 112, ni en contacto con el arco de círculo central 110 que integra la cima radial 80. Por otra parte, a causa del dimensionamiento particular de los diferentes elementos mencionados anteriormente, el primer tornillo 84 se sitúa, por lo tanto, a una distancia del segundo flanco de extremidad tangencial 118, desde el cual éste está desplazado tangencialmente según el segundo sentido 106. Esta disposición permite mantener naturalmente la masa 54 atravesada casi sin juego mediante el tornillo 84, en el segundo sentido 106 con respecto a la brida 52.
- 45 De forma análoga, también está previsto que el segundo tornillo 84 del segundo conjunto 56b esté apoyado contra el segundo flanco de extremidad tangencial 118 de la segunda abertura pasante 78 y, más precisamente, apoyado y en contacto contra la porción plana de ese flanco 118, en la proximidad de la unión con el arco de círculo 112, como se muestra en la figura 5. Así, el tornillo ya no está en contacto con este arco de círculo 112, ni en contacto con el arco

5 de círculo central 110 que integra la cima radial 80. Por otra parte, siempre a causa del dimensionamiento particular de los diferentes elementos mencionados anteriormente, el segundo tornillo 84 se sitúa, por lo tanto, a una distancia del primer flanco de extremidad tangencial 116, desde el cual éste está desplazado tangencialmente según el primer sentido 104. Esta disposición permite mantener naturalmente la masa 54, igualmente atravesada, casi sin juego mediante el segundo tornillo 84, en el primer sentido 104 con respecto a la brida 52.

10 Finalmente, para traducir el posicionamiento “excéntrico” de los tornillos 84 en sus aberturas respectivas, se percibe en la figura 5 que un eje de tornillo 120 del primer tornillo está desplazado tangencialmente en el segundo sentido 106 con respecto al eje de simetría 114 de la primera abertura, mientras que un eje de tornillo 120 del segundo tornillo 84 está desplazado tangencialmente en el primer sentido 104 con respecto al eje de simetría 114 de la segunda abertura.

15 Por supuesto, diversas modificaciones pueden ser aportadas por el experto en la técnica a la invención que acaba de ser descrita, únicamente a título de ejemplos no limitativos. A este respecto, se hace notar que si los modos de realización preferidos han sido descritos y representados con aberturas pasantes que toman la forma de festones, estas aberturas pueden ser realizadas, alternativamente, con la ayuda de simples orificios a través de la brida de equilibrado, sin salir del alcance de la invención.

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de equilibrado de rotor de turbomáquina (61) que comprende una brida de equilibrado (52) provista de un alma anular (64) delimitada radialmente, en un primer sentido (70), por una zona de unión (74) a partir de la cual se extiende radialmente, en dicho primer sentido (70), una pluralidad de aberturas pasantes (78) hacia una extremidad radial libre de la brida (76), presentando cada abertura pasante (78) una cima radial (80), según un segundo sentido (72) opuesto a dicho primer sentido (70), perteneciente a dicha zona de unión (74), comprendiendo dicho sistema, además, una pluralidad de masas de equilibrado (54) montadas fijamente sobre dicha brida de equilibrado (52) por medio de, por lo menos, un conjunto tornillo / tuerca (56) que atraviesa una de dichas aberturas (78), estando uno de dichos elementos tomado entre la tuerca (88) y la cabeza de tornillo (86) apoyado contra una primera cara (90) de dicha brida de equilibrado (52) y estando dicha masa de equilibrado (54) apoyada contra una segunda cara (92) de dicha brida de equilibrado, opuesta a la primera cara (90),
- 5
- 10
- 15
- caracterizado porque para cada una de dichas aberturas pasantes (78), dicha brida de equilibrado (52) presenta sobre su primera cara (90), un primer hueco (94) que pasa por dicha cima radial (80) y que se extiende hacia uno y otro lado de dicha zona de unión (74), estando desprovisto este primer hueco (94) de contacto con dicho elemento tomado entre la tuerca (88) y la cabeza del tornillo (86), presentando dicha brida de equilibrado (52), sobre su segunda cara (92), un segundo hueco (98) que pasa por dicha cima radial (80) y que se extiende hacia uno y otro lado de dicha zona de unión (74), estando este segundo hueco (98) desprovisto de contacto con dicha masa de equilibrado (54).
2. Sistema de equilibrado (61) según la reivindicación 1, caracterizado porque, en la sección transversal de la brida que pasa por dichas aberturas pasantes (78), dicha zona de unión (74) toma la forma de un círculo centrado sobre un eje de la brida anular (6).
- 20
3. Sistema de equilibrado (61) según la reivindicación 2, caracterizado porque, en la sección transversal de la brida que pasa por dichas aberturas pasantes (78), dicha cima radial (80) de cada abertura pasante toma la forma de un punto perteneciente a dicho círculo (74) centrado sobre el eje de la brida anular (6).
- 25
4. Sistema de equilibrado (61) según la reivindicación 2 o la reivindicación 3, caracterizado porque dichos primeros huecos (94) están constituidos por una única ranura circular (96) practicada sobre dicha primera cara (90), de forma centrada sobre el eje de la brida anular (6), y porque los segundos huecos (98) están constituidos por una única ranura circular (99) practicada sobre dicha segunda cara (92), de forma centrada sobre el eje de la brida anular (6).
- 30
5. Sistema de equilibrado (61) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque cada masa de equilibrado (54) está montada sobre dicha brida de equilibrado (52) por medio de dos conjuntos tornillo / tuerca (56) que atraviesan, respectivamente, dos de dichas aberturas (78) directamente consecutivas.
- 35
6. Sistema de equilibrado (61) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque para cada abertura pasante (78) dicha cabeza de tornillo (86) apoya contra la primera cara (90) de dicha brida de equilibrado (52), y porque dicha tuerca (88) está apoyada contra dicha masa de equilibrado (54).
7. Sistema de equilibrado (61) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque cada abertura pasante (78) toma la forma de un festón o de un agujero.
8. Disco de rotor de turbomáquina que comprende un sistema de equilibrado (61), según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, siendo llevada dicha brida de equilibrado (52) por un cubo de dicho disco.
- 40
9. Módulo (1) de turbomáquina caracterizado porque comprende por lo menos un sistema de equilibrado (61) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
10. Módulo (1) de turbomáquina según la reivindicación 9, caracterizado porque éste es una turbina o un compresor de turbomáquina.
- 45
11. Turbomáquina que comprende por lo menos un módulo (1) según la reivindicación 9 o la reivindicación 10.

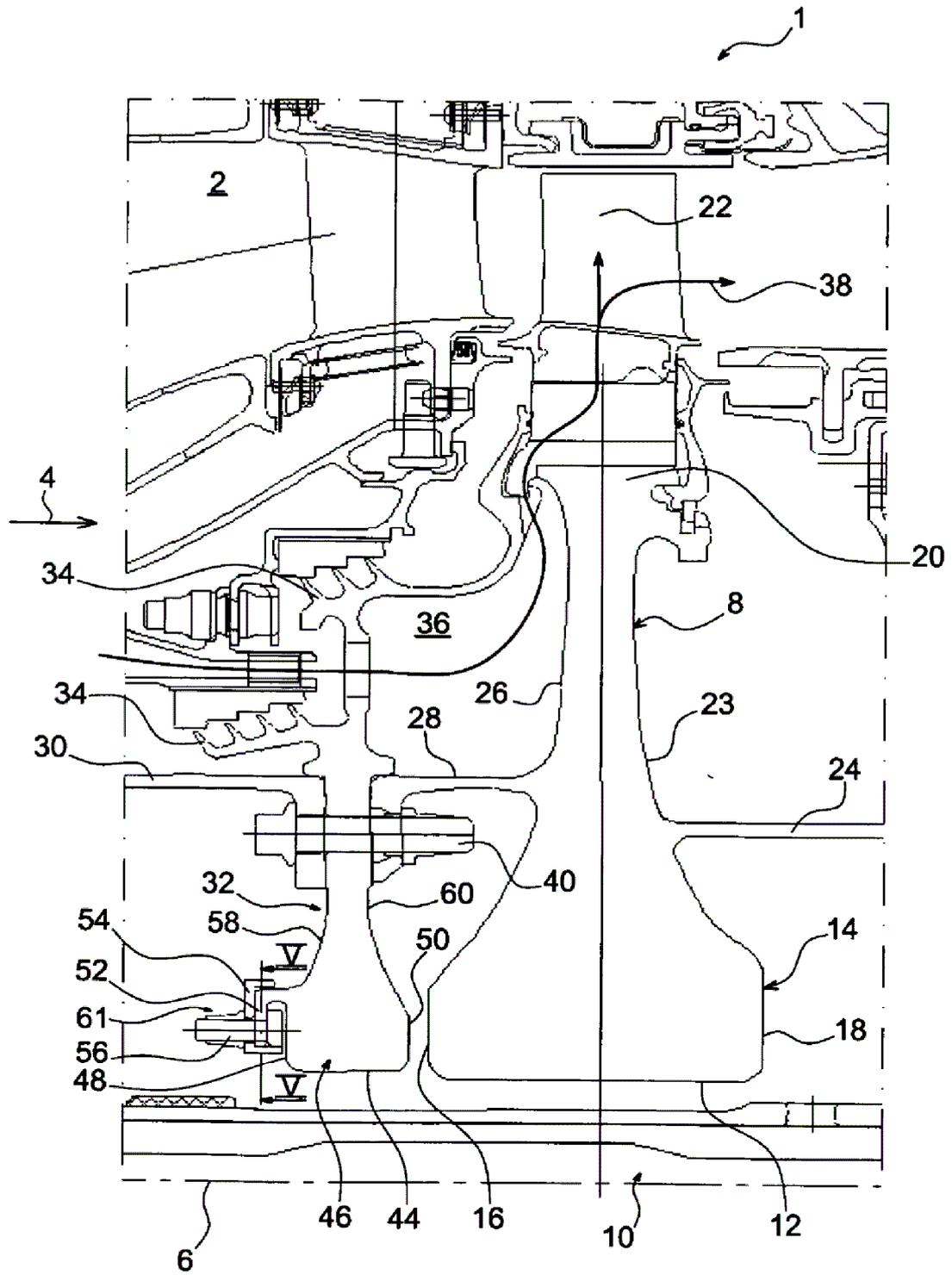


FIG. 1



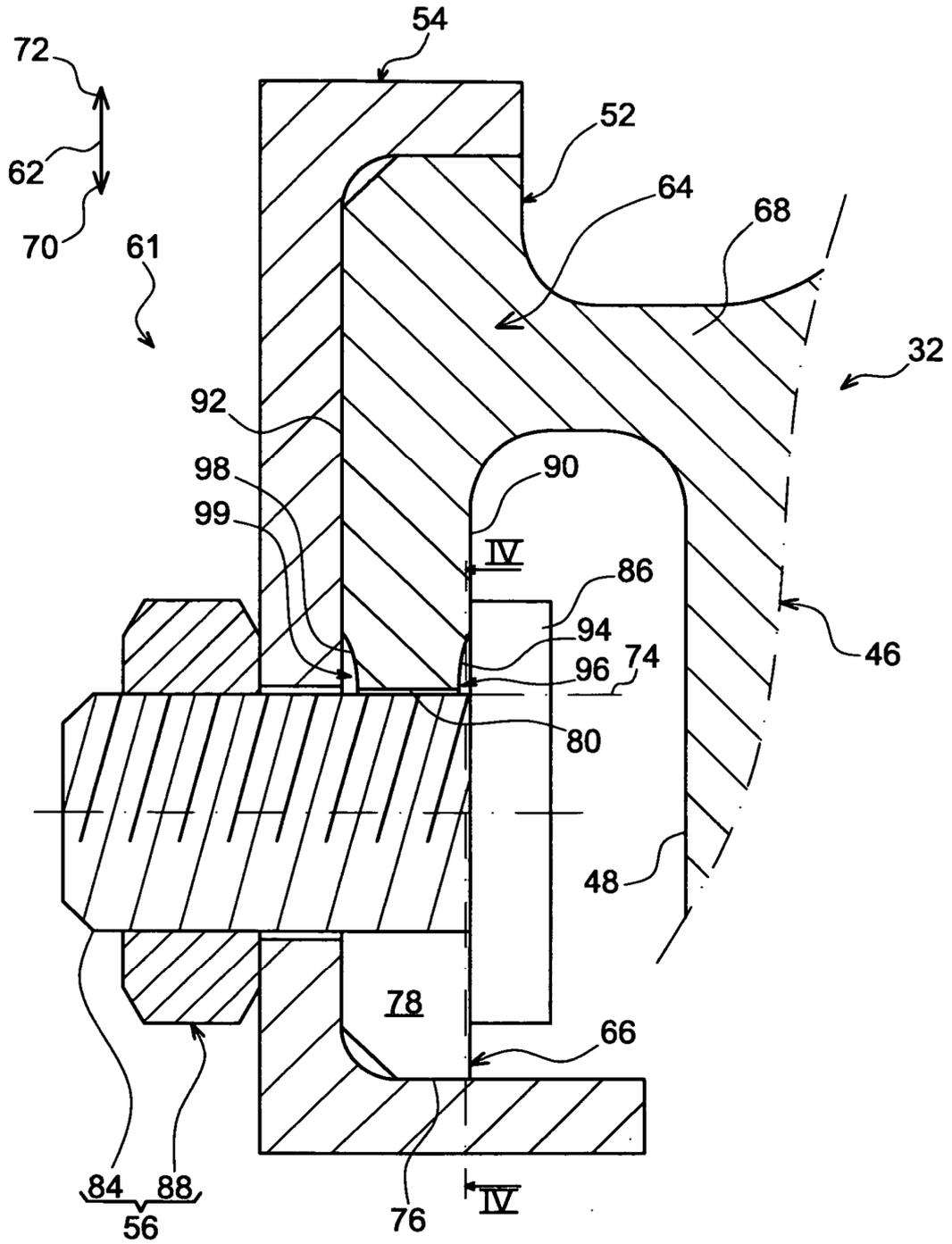


FIG. 3

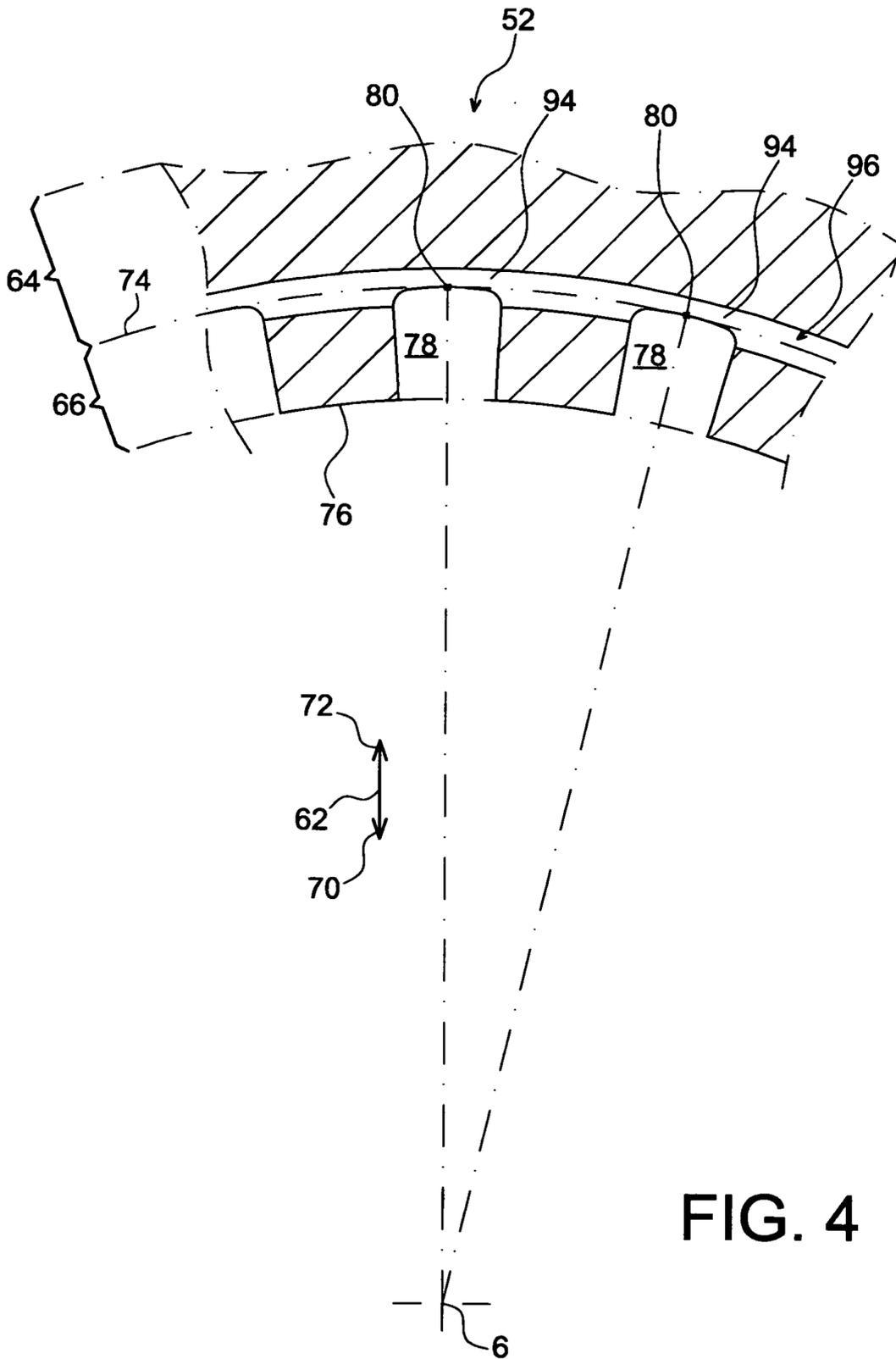


FIG. 4

