

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 485 296**

51 Int. Cl.:

**F01D 5/16** (2006.01)

**F01D 5/14** (2006.01)

**F01D 5/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2010 E 10717694 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.05.2014 EP 2414638**

54 Título: **Rodete de turbina con palas desajustadas que incluye un dispositivo de amortiguación**

30 Prioridad:

**02.04.2009 FR 0952116**

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

**13.08.2014**

73 Titular/es:

**TURBOMECA (100.0%)**

**B.P. 2**

**64510 Bordes, FR**

72 Inventor/es:

**DIJOUR, MARC y**

**OUSTY, JEAN-PHILIPPE**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 485 296 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**

Rodete de turbina con palas desajustadas que incluye un dispositivo de amortiguación

5 La presente invención se refiere al campo de los rodetes de palas que se encuentran en particular, aunque no exclusivamente, en las turbomáquinas, como son las turbinas de gas. Por ejemplo, se puede encontrar un rodete de este tipo en una turbina de alta presión o en una turbina libre.

Más en particular, la presente invención se refiere a un rodete de turbina que comprende:

- una pluralidad de palas;
- un disco, que presenta un eje de giro, con una periferia en la que van montadas las palas, teniendo cada una de las palas una cabeza solidaria de una raíz engarzada en un alojamiento que se abre a la periferia del disco.

10 Es bien sabido que, en su funcionamiento, en particular en el seno de un turbomotor, los rodetes de turbina se ven sometidos a notables variaciones de fuerzas de excitaciones vibratorias.

15 En determinadas circunstancias, estas excitaciones vibratorias pueden acarrear vibraciones considerables y nefastas que conducen a la ruptura del rodete de turbina. En efecto, si las excitaciones vibratorias hacen que el rodete de turbina entre en resonancia, es decir, si la frecuencia de las excitaciones vibratorias se concuerda con la frecuencia de resonancia del rodete de turbina y si la deformación modal del rodete es excitable por las fuerzas de excitaciones vibratorias actuantes sobre el rodete, este último presentará una amplitud vibratoria muy importante que acarrea una fatiga mecánica del material del rodete y, al extremo, su destrucción.

Una solución técnica podría ser la de reforzar la solidez mecánica del rodete de turbina para que pueda resistir mejor a las vibraciones.

20 Sin embargo, tal solución no es aceptable, especialmente cuando el rodete de turbina está destinado a ser montado en una turbomáquina.

25 En efecto, en el diseño de una turbomáquina, los objetivos tan restrictivos de rendimiento, de consumo o de masa de la turbomáquina, los objetivos de inercia de los rotores que permiten aceleraciones suficientes y los objetivos de cumplimiento de las especificaciones reglamentarias o de fiabilidad conllevan múltiples imposiciones de diseño que en ocasiones reducen los márgenes de maniobra en cuanto a mejora de la solidez mecánica.

30 Entre las especificaciones técnicas, por ejemplo, es una imposición de diseño el que las palas deban romperse antes que el disco si el rodete de turbina acusa una sobrevelocidad para limitar la energía de los eventuales restos, frenar el rotor y proteger los demás elementos de la línea de transmisión. Esta situación tiene lugar, por ejemplo, cuando se rompe una pieza de la línea de transmisión de la turbomáquina a tal punto que un rodete de turbina relacionado con esa línea de transmisión ya no presenta par de giro resistente. En tal caso, se comprende que el rodete de turbina puede girar entonces a una velocidad muy grande, se dice entonces que acusa una sobrevelocidad. Para evitar que el rodete de turbina estalle o que gire aún más deprisa, lo cual dañaría en gran manera la turbomáquina, y suprimir el par de giro de arrastre, se dimensionan las palas para que se rompan a una velocidad de giro dada que es inferior a la velocidad a la que se rompería el rodete de turbina.

35 Se comprende pues que el diseño de un rodete de turbina obedece a objetivos contradictorios y que se debe encontrar un compromiso.

40 Para dar respuesta a un problema de resonancia vibratoria, ya se conoce utilizar, por ejemplo, amortiguadores que se disponen entre las palas o entre palas y disco. Sin embargo, su utilización puede ser muy costosa, ya que su efecto tan sólo puede comprobarse de manera tardía, en el proceso de diseño, mediante ensayos del motor. El problema de resonancia vibratoria resta íntegramente si esos amortiguadores no son suficientes para desplazar la resonancia fuera del campo de funcionamiento en el que la excitación vibratoria es nefasta, o si esos amortiguadores no permiten reducir en modo suficiente las amplitudes vibratorias. Los talones de las palas u otros sistemas amortiguadores también pueden desempeñar una función equivalente por mediación de los contactos que establecen entre palas adyacentes. Para dar respuesta a un problema de vibraciones también se han propuesto soluciones por los documentos EP 0635623, US 2004/0219024 y US 2005/0249586.

45 Es un propósito de la presente invención proponer un rodete de turbina que presenta una buena tolerancia a las excitaciones vibratorias, al tiempo que cumple, sin dificultades añadidas, el conjunto de las demás imposiciones de diseño, incluyendo por ejemplo la imposición por la que las palas son dimensionadas para romperse antes que el disco.

50 La invención logra su propósito por el hecho de que el rodete de turbina según la invención incluye:

- una pluralidad de primeras palas y una pluralidad de segundas palas, siendo al menos una de las primeras palas adyacente a al menos una de las segundas palas,

- 5 - un disco que presenta un eje de giro, en una periferia del cual van montadas las palas, teniendo cada una de las palas una cabeza solidaria de una raíz engarzada en un alojamiento que se abre a la periferia del disco, incluyendo cada una de las palas una guía de posicionamiento constituida por una tableta dispuesta entre la cabeza y la raíz de dicha pala, presentando las tabletas de las primeras palas una longitud acimutal diferente de la longitud acimutal de las tabletas de las segundas palas;
- adicionalmente, un dispositivo de amortiguación dispuesto al menos entre dichas dos palas adyacentes, estando dispuesto dicho dispositivo de amortiguación entre las tabletas de las palas y la periferia del disco;
- 10 siendo la masa de las segundas palas del rodete de turbina inferior a la masa de las primeras palas, siendo la masa de las raíces de las segundas palas inferior a la masa de las raíces de las primeras palas, en tanto que los perfiles de las cabezas de las palas primeras y segundas son idénticos, por lo cual la frecuencia de resonancia de las primeras palas es diferente de la frecuencia de resonancia de las segundas palas, y hallándose las palas primeras y segundas del rodete de turbina distribuidas angularmente según la periferia del disco de tal manera que el centro de gravedad del rodete de turbina está situado en el eje de giro del disco, difiriendo las segundas palas de las primeras palas en que las raíces de las segundas palas presentan localmente un espesor acimutal inferior al espesor acimutal de las raíces de las primeras palas, presentando cada una de las raíces de las palas primeras y segundas un poste y un amarre, extendiéndose la cabeza radialmente desde el poste, en tanto que el amarre está destinado a ser montado dentro del alojamiento, siendo el espesor acimutal de los postes de las segundas palas inferior al espesor acimutal de los postes de las primeras palas, de manera tal que las segundas palas están dimensionadas para romperse antes que las primeras palas en caso de que el rodete de turbina acuse una sobrevelocidad.
- 15 Los autores de la presente invención han observado que la utilización de al menos dos tipos de palas que tienen distintas frecuencias de resonancia permite reforzar muy ventajosamente la eficacia del dispositivo de amortiguación.
- 20 En la medida en que las primeras palas presenten una frecuencia de resonancia diferente de la propia de las segundas palas, las resonancias del rodete de turbina se ven modificadas con deformaciones vibratorias en las resonancias que presentan amplitudes muy diferentes entre palas adyacentes. Este efecto se denomina desajuste.
- 25 Además, los autores de la presente invención han observado que el dispositivo de amortiguación, cuya función es reducir las amplitudes vibratorias de las palas, introducido entre palas adyacentes es tanto más eficaz cuanto más grandes son los desplazamientos relativos entre esas palas adyacentes. Cuanto más se mejore esta eficacia, más se reducirán las amplitudes vibratorias o más se desfazarán las resonancias hacia otras frecuencias y, por consiguiente, otras velocidades de funcionamiento de la turbina. Este desfase permite, en un caso óptimo, disminuir el riesgo de que el rodete de turbina entre en resonancia desplazando las frecuencias de resonancia del rodete fuera de la banda de frecuencias de excitación vibratoria nefasta del rodete. Así resulta que, en virtud de la invención, el rodete de turbina puede, por una parte, ser menos propenso a entrar en resonancia y, por otra, tener reducidas amplitudes vibratorias admisibles por el material, el cual no se verá desgastado significativamente o dañado a fatiga por las vibraciones.
- 30 Se podrían escoger asimismo palas que tienen distribuciones másicas diferentes.
- 35 Preferentemente, el dispositivo de amortiguación puede ser del tipo de los de fricción. Está constituido, por ejemplo, a partir de una pluralidad de pastillas de metal destinadas a ser insertadas bajo las tabletas de palas adyacentes. Asimismo, este puede tener otras formas y posicionarse en otro lugar entre las palas. La intensidad de la amortiguación se podrá graduar ajustando la masa de las pastillas. El dispositivo de amortiguación entre dos palas adyacentes también puede no implicar a otras piezas: los talones en la cumbre de las palas, por otro lado conocidos, pueden por ejemplo actuar como dispositivo de amortiguación.
- 40 Preferentemente, la frecuencia de resonancia de las primeras palas es al menos el 10 % superior a la frecuencia de resonancia de las segundas palas.
- 45 De manera preferente, la solidez de las raíces de las segundas palas es inferior a la solidez de las raíces de las primeras palas.
- Disponer de perfiles idénticos presenta el interés de tener un flujo fluido estable, pero también el de tener un proceso de obtención de las piezas simple y económico.
- 50 Se entiende por "acimutal" la dirección que, con las direcciones axial y radial, determina una base ortogonal, entendiéndose que las direcciones axial y radial son tomadas con relación al eje de giro del disco.
- 55 Cada una de las raíces de las palas primeras y segundas presenta una tableta, un poste y un amarre, extendiéndose la cabeza radialmente desde el poste, en tanto que el amarre está destinado a montarse en el alojamiento y el poste se extiende desde el poste a la tableta, presentando los postes de las segundas palas un espesor acimutal inferior al de los postes de las primeras palas. Se comprende pues que, preferentemente, los postes no participan en la fijación de las palas al disco.

Las segundas palas se obtienen preferentemente a partir de las primeras palas, mecanizando los postes de estas últimas en orden a reducir su espesor acimutal.

Para la fijación de las palas al disco, los amarres presentan preferentemente, aunque no necesariamente, la forma de la base de un abeto.

- 5 También preferentemente, los amarres de las primeras palas son idénticos a los amarres de las segundas palas, en orden a facilitar el mecanizado de los alojamientos del disco.

10 Cada una de las palas incluye una guía de posicionamiento, y ello con el fin de evitar un montaje erróneo de las palas sobre el disco. Se comprende que, en efecto, si las palas no se montan correctamente sobre el disco, se incurre en el riesgo de que el centro de gravedad del rodete de turbina no quede situado en el eje de giro del disco, con la consiguiente descompensación del rodete, a tal punto que en el giro del mismo podría aparecer un desequilibrio.

En virtud de las guías de posicionamiento, se evita que el operario que monta las palas sobre el disco se equivoque.

15 Cada guía de posicionamiento se materializa en una tableta dispuesta entre la cabeza y el poste de la correspondiente pala, y las tabletas de las primeras palas presentan una longitud acimutal diferente de la propia de las tabletas de las segundas palas.

Esta tableta se halla generalmente presente en las palas de turbina. Se comprende pues que, según la invención, se utilizan ventajosamente las tabletas como guía de posicionamiento, escogiendo convenientemente su forma, por ejemplo su longitud acimutal.

20 Otro interés de las tabletas radica en que estas también pueden participar en el desajuste, por cuanto que la masa de la tableta de las primeras palas es diferente de la propia de la tableta de las segundas palas.

Preferentemente, aunque no necesariamente, la longitud acimutal de las segundas tabletas es más grande que la propia de las primeras tabletas.

Lo que es más, la solidez de las palas se puede elegir libremente de manera tal que se haga que las primeras o las segundas palas lleguen a romperse antes que el disco.

25 En virtud de la invención, la ruptura intencional y programada de sólo parte de las palas, preferentemente las segundas, permite proteger el disco del estallido y frenar el rodete de turbina en caso de sobrevelocidad.

Ventajosamente, las palas primeras y segundas se hallan dispuestas alternativamente según la periferia del disco.

30 Se podrá por ejemplo disponer alternativamente una primera pala, luego una segunda pala y luego una primera pala, etc. En otra variante, se podrá disponer una segunda pala de cada tres, a condición de mantener una simetría central de las segundas palas. Cualquier otra combinación es igualmente posible, a condición de que el centro de gravedad del rodete coincida sensiblemente con el centro del disco.

Sin salir del ámbito de la presente invención, se podrá prever asimismo un número de tipos de palas superior a dos.

Finalmente, la presente invención se refiere a una turbomáquina que incluye al menos un rodete de turbina según la invención.

35 Preferentemente, aunque no necesariamente, la turbomáquina es una turbina de gas de helicóptero y el rodete de turbina corresponde al rodete de turbina de alta presión y/o bien al rodete de turbina de la turbina libre.

La invención se comprenderá más fácilmente y sus ventajas se harán más evidentes con la lectura de la descripción que sigue de una forma de realización indicada a título de ejemplo no limitativo. La descripción hace referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

40 la figura 1 muestra un rodete de turbina según la presente invención que incluye palas primeras y segundas;

la figura 2 es un detalle de la figura 1 que representa una primera pala dispuesta entre dos segundas palas con postes cuya anchura acimutal es más pequeña que la del poste de la primera pala;

45 la figura 3A es un gráfico que representa los efectos de la amortiguación sobre la amplitud vibratoria del rodete de turbina, en tanto que la figura 3B representa los efectos del desajuste sobre la amplitud vibratoria del rodete de turbina en función de la frecuencia de vibración; y

la figura 4 muestra una turbomáquina que comprende el rodete de turbina según la presente invención.

El ejemplo de la figura 1 muestra un rodete de turbina 10 que habitualmente se encuentra en las turbomáquinas como son las turbinas de gas de helicóptero 100. Convencionalmente, una turbina de gas, tal como la representada

en la figura 4, incluye una turbina de alta presión 102 que gira accionada por un flujo de gases quemados salientes de la cámara de combustión 104. La turbina de alta presión 102 arrastra en su giro a un compresor 106 cuya función es la de comprimir el aire fresco entrante en la turbina de gas 100 y llevarlo a la cámara de combustión 104, donde es mezclado con combustible en vistas a la combustión.

- 5 El flujo en exceso de gases quemados que sale de la turbina de alta presión 102 se utiliza para accionar el giro de una turbina libre 108. Esta última está unida en particular al rotor principal del helicóptero con el fin de hacerlo girar.

El rodete de turbina 10 según la invención puede ser utilizado ventajosamente en la turbina de alta presión 102 o bien en la turbina libre 108.

- 10 Haciendo referencia nuevamente a la figura 1, se ve que el rodete de turbina 10 se constituye a partir de un disco 12 que presenta un centro O y una periferia 14. Este disco 12 está destinado a girar alrededor de su eje de giro que pasa por el centro O.

Más adelante en la descripción, los términos "axial", "radial" y "acimutal" se tomarán con relación al eje de giro del disco. En interés de la claridad, en la figura 1 se han representado las direcciones radial R y acimutal Az para una pala 20.

- 15 Se observa asimismo que el disco 12 lleva acondicionados una pluralidad de alojamientos 16. Más exactamente, los alojamientos 16 se abren radialmente a la periferia 14 y se extienden axialmente entre dos caras opuestas del disco 12. Como se ve en la figura 1, dos alojamientos consecutivos delimitan un diente 18.

El rodete de turbina 10 incluye además una pluralidad de palas 20, 22, en este caso concreto treinta, que van montadas en los alojamientos 16.

- 20 Convencionalmente, las palas 20, 22 se introducen axialmente en los alojamientos 16 y quedan retenidas axialmente por un dispositivo de retención axial, no representado en el presente documento.

Cada una de las palas 20, 22 incluye una cabeza 20a, 22a que es solidaria de una raíz 20b, 22b que va engarzada en su alojamiento 16.

- 25 Cada una de las cabezas 20a, 22a presenta un perfil aerodinámico, por otro lado conocido, el cual, en el presente documento, está simplemente esquematizado.

De acuerdo con la presente invención, los perfiles de las cabezas 20a, 22a son preferiblemente, aunque no necesariamente, idénticos.

- 30 Haciendo referencia a la figura 2, se ve que cada una de las raíces 20b, 22b presenta un amarre 20c, 22c con forma de base de abeto que coopera con los bordes del asociado alojamiento 16. Esta forma particular, por otro lado conocida, permite la retención radial de las palas 20, 22 en el disco 12. Preferentemente, los amarres 20c de las primeras palas 20 son idénticos a los amarres 22c de las segundas palas 22.

Por otro lado, cada una de las raíces 20b, 22b presenta además un poste 20d, 22d que corresponde a la parte de la raíz situada entre el amarre 20c, 22c y la cabeza 20a, 22a. Más exactamente, en el presente documento, el poste 20d, 22d es la parte de la raíz que no participa en la sujeción de la pala 20, 22 dentro del alojamiento 16.

- 35 En el ejemplo representado en el presente documento, cada pala 20, 22 incluye además una tableta 20e, 22e dispuesta entre la cabeza 20a, 22a y la raíz 20b, 22b y, más exactamente, entre la cabeza 20a, 22a y el poste 20d, 22d.

La tableta 20e, 22e se materializa en una fina placa que discurre por una superficie curva ortogonal a la dirección radial R.

- 40 Como se ve en la figura 1, la yuxtaposición de las tabletas 20e, 22e de todas las palas determina una superficie anular S concéntrica con el disco 12, superficie anular S que constituye una camisa interna para el flujo del gas.

De acuerdo con la presente invención, las palas 20, 22 presentan una pluralidad de primeras palas 20 y una pluralidad de segundas palas 22 diferentes de las primeras palas.

- 45 En este caso concreto, las primeras palas 20 y las segundas palas 22 van dispuestas alternadamente según la periferia del disco 14. Por lo tanto, en el presente caso hay quince primeras palas 20 y otras tantas segundas palas 22.

Lo que es más, según un aspecto de la invención, la masa de las segundas palas 22 es inferior a la masa de las primeras palas 20. En otras palabras, las primeras palas 20 presentan la misma masa, la cual es superior a la propia de las segundas palas 22, en virtud de lo cual la frecuencia de resonancia de las primeras palas es diferente de la frecuencia de resonancia de las segundas palas.

50

- 5 Debido a la distribución alternante de las palas primeras y segundas alrededor del disco, se comprende que el centro de gravedad del conjunto conformado por las primeras palas 20, así como el centro de gravedad del conjunto conformado por las segundas palas 22 está situado en el eje de giro del disco 12, de modo que el centro de gravedad G del rodete 10 esté situado igualmente en el eje de giro del disco, en virtud de lo cual el rodete de turbina 10 no presenta desequilibrios en su funcionamiento.
- De manera ventajosa, la masa de las raíces 22b de las segundas palas 22 es inferior a la masa de las raíces 20b de las primeras palas 20, en tanto que los perfiles de las cabezas 20a, 22a de las palas primeras y segundas 20, 22 son idénticos.
- 10 Para tal fin, como se ve en la figura 2, las segundas palas 22 difieren de las primeras palas 20 en que las raíces 22b de las segundas palas 22 presentan localmente un espesor acimutal E2 que es inferior al propio de las raíces 20b de las primeras palas 20. Más exactamente, los postes 22d de las segundas palas 22 presentan un espesor acimutal E2 inferior al espesor acimutal E1 de los postes 20d de las primeras palas 20.
- Por lo tanto, para obtener las segundas palas 22, se podrá partir de una primera pala 20 de cuyo poste 20d se disminuirá el espesor acimutal merced a herramientas de mecanizado, tales como rodillos de rectificado.
- 15 Por lo tanto, con los actuales medios de producción, las segundas palas 22 son fácilmente industrializables.
- De conformidad con la invención, se disminuye aún más el riesgo de entrada en resonancia y sus efectos añadiendo un dispositivo de amortiguación 30 entre las tabletas 20e, 22e y el disco 12.
- 20 Este dispositivo de amortiguación 30 es preferiblemente del tipo de los de fricción. Se materializa, por ejemplo, en pastillas metálicas 32 dispuestas sucesivamente bajo las tabletas al propio tiempo que se extienden entre dos palas 20, 22 adyacentes.
- Tal como ya se ha explicado, el interés de disponer de dos tipos de palas que tienen diferentes masas y solidez está en permitir obtener palas que tienen frecuencias de resonancia diferentes y desajustar las palas, en tanto que el sistema de amortiguación permite desfazar la frecuencia de resonancia del rodete de turbina, con el fin de evitar que el rodete de turbina 10, en su funcionamiento, entre en resonancia.
- 25 Para evitar un montaje indebido de las palas 20, 22 sobre el disco 12, lo cual traería como consecuencia el desplazar radialmente el centro de gravedad del rodete 10 y, por tanto, inducir un desequilibrio nefasto para el rodete de turbina 10, cada una de las palas 20, 22 incluye ventajosamente una guía de posicionamiento 60, 62.
- Las guías de posicionamiento 60, 62 se organizan de manera tal que su forma imposibilita mecánicamente un montaje erróneo de las palas o, en todo caso, lo hace detectable con facilidad.
- 30 En un montaje correcto, los extremos acimutales de las tabletas 20e, 22e de dos palas adyacentes se rozan de manera tal que entre dos tabletas adyacentes no hay hueco acimutal más allá de un necesario juego de funcionamiento.
- Como ya se ha mencionado anteriormente, en este caso concreto, las palas 20, 22 ventajosamente van dispuestas alternadamente. En otras palabras, las guías de posicionamiento permiten impedir disponer dos primeras palas 20 (o dos segundas palas 22) una al lado de otra.
- 35 Para tal fin, en el presente documento, cada guía de posicionamiento 60, 62 está constituida por la tableta 20e, 22e de las palas 20, 22. Más exactamente, las tabletas 20e de las primeras palas 20 presentan una longitud acimutal L1 diferente, más pequeña en este caso concreto, de la longitud acimutal L2 de las tabletas 22e de las segundas palas 22.
- 40 Se comprende pues que no es posible disponer dos segundas palas una al lado de otra, por cuanto que la tableta de una de las segundas palas impide la inserción axial de otra segunda pala. Igualmente, si el operario inserta dos primeras palas una al lado de otra, inmediatamente se da cuenta de su error, ya que entonces habría un notable hueco acimutal entre dos tabletas adyacentes.
- 45 Adicionalmente, la segunda pala 22, por la relativa finura de su poste con relación al de la primera pala 20, está conformada ventajosamente para romperse antes que la primera pala 20 en el supuesto de que el rodete de turbina acusara una sobrevelocidad.

**REIVINDICACIONES**

1. Rodete de turbina (10) que comprende:
  - una pluralidad de primeras palas (20) y una pluralidad de segundas palas (22), siendo al menos una de las primeras palas adyacente a al menos una de las segundas palas,
  - 5 - un disco (12), que presenta un eje de giro, en una periferia (14) del cual van montadas las palas, teniendo cada una de las palas una cabeza (20a, 22a) solidaria de una raíz (20b, 22b) engarzada en un alojamiento (16) que se abre a la periferia (14) del disco, incluyendo cada una de las palas una guía de posicionamiento (60, 62) constituida por una tableta (20e, 22e) dispuesta entre la cabeza y la raíz de dicha pala, presentando las tabletas (20e) de las primeras palas (20) una longitud acimutal (L1) diferente de la longitud acimutal (L2) de las tabletas (22e) de las segundas palas (22);
  - 10 - un dispositivo de amortiguación (30) dispuesto al menos entre dichas dos palas adyacentes, estando dispuesto dicho dispositivo de amortiguación entre las tabletas (20e, 22e) de las palas (20, 22) y la periferia del disco (12);
  - 15 siendo la masa de las segundas palas del rodete de turbina (10) inferior a la masa de las primeras palas, siendo la masa de las raíces (22b) de las segundas palas (22) inferior a la masa de las raíces (20b) de las primeras palas (20), en tanto que los perfiles de las cabezas (20a, 22a) de las palas primeras y segundas son idénticos, por lo cual la frecuencia de resonancia de las primeras palas es diferente de la frecuencia de resonancia de las segundas palas, y
  - 20 hallándose las palas primeras y segundas del rodete de turbina (10) distribuidas angularmente según la periferia (14) del disco de tal manera que el centro de gravedad (G) del rodete de turbina (10) está situado en el eje de giro del disco, difiriendo las segundas palas (22) de las primeras palas (20) en que las raíces (22b) de las segundas palas presentan localmente un espesor acimutal (E2) inferior al espesor acimutal (E1) de las raíces (20b) de las primeras palas (20), presentando cada una de las raíces de las palas primeras y segundas un poste (20d, 22d) y un amarre (20c, 22c), extendiéndose la cabeza radialmente desde el poste, en tanto que el amarre está destinado a ser montado dentro del alojamiento (16), siendo el espesor acimutal (E2) de los postes (22d) de las segundas palas (22) inferior al espesor acimutal (E1) de los postes de las primeras palas, de manera tal que las segundas palas (22) están dimensionadas para romperse antes que las primeras palas (20) en caso de que el rodete de turbina acuse una sobrevelocidad.
2. Rodete de turbina según la reivindicación 1, caracterizado por que los amarres (20c, 22c) presentan la forma de la base de un abeto.
- 30 3. Rodete de turbina según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que los amarres (20c) de las primeras palas (20) son idénticos a los amarres (22c) de las segundas palas (22).
4. Rodete de turbina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que las palas primeras y segundas (20, 22) van dispuestas alternativamente según la periferia (14) del disco (12).
- 35 5. Turbomáquina (100) que incluye al menos un rodete de turbina (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.

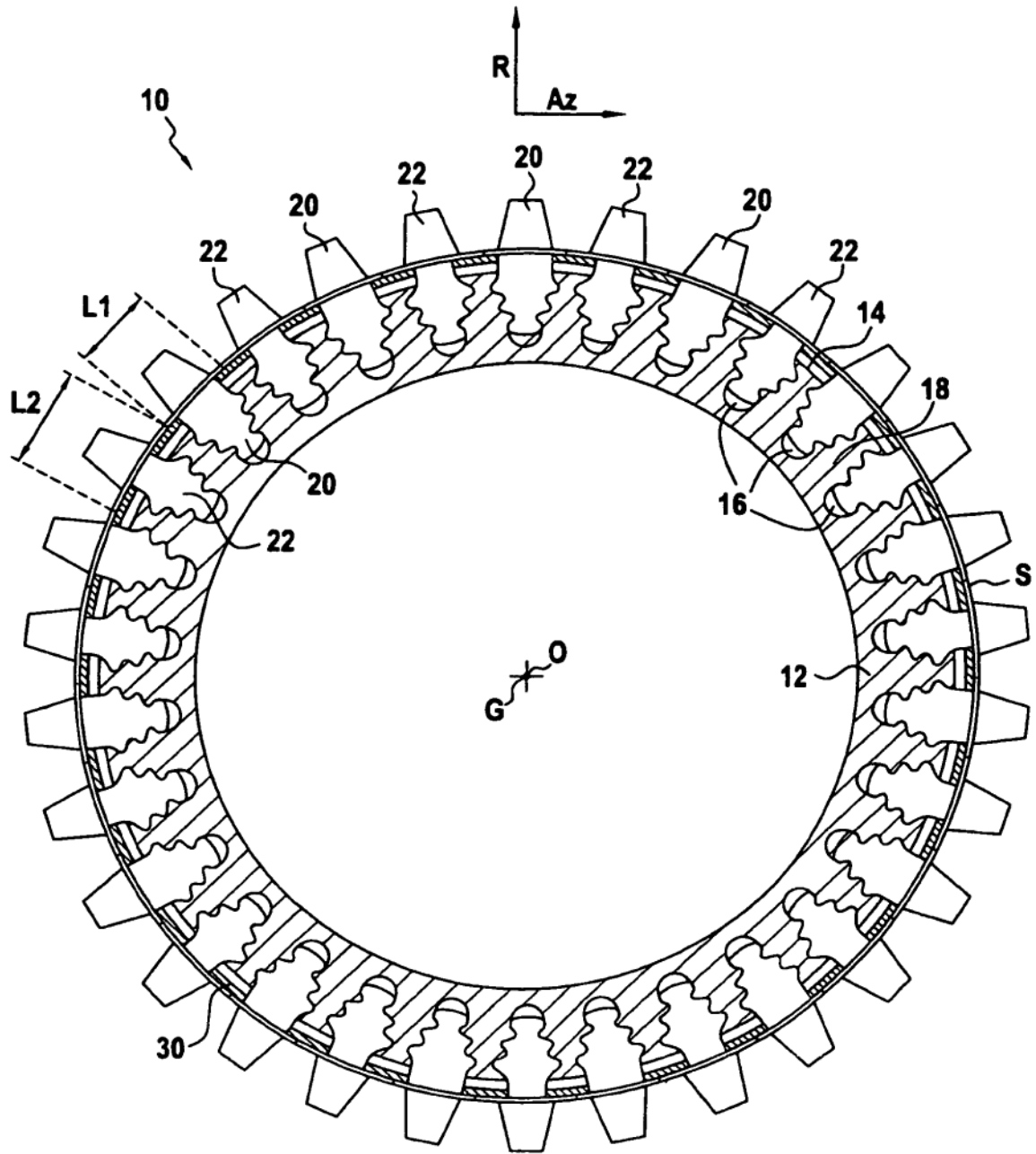


FIG.1



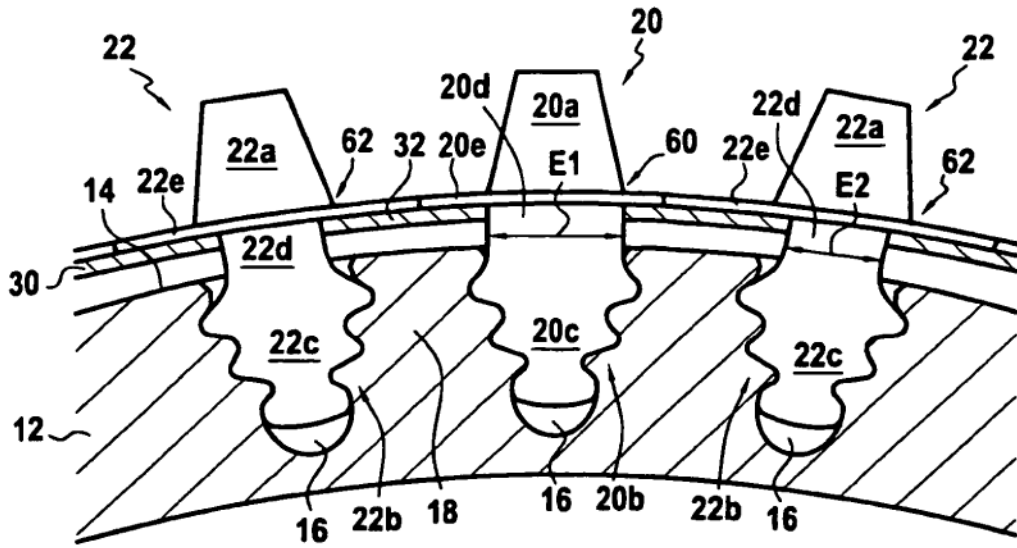


FIG. 2

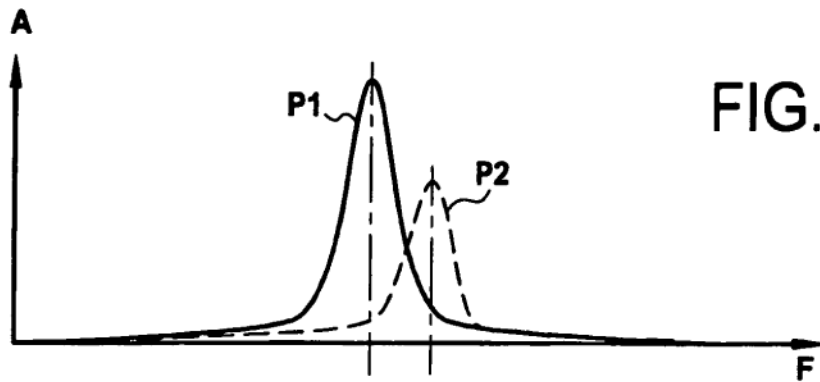


FIG. 3A

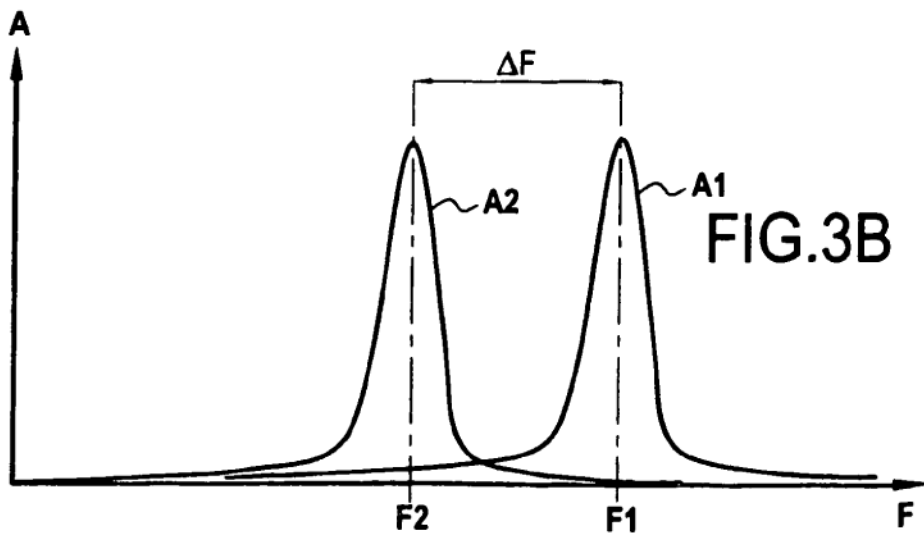


FIG. 3B

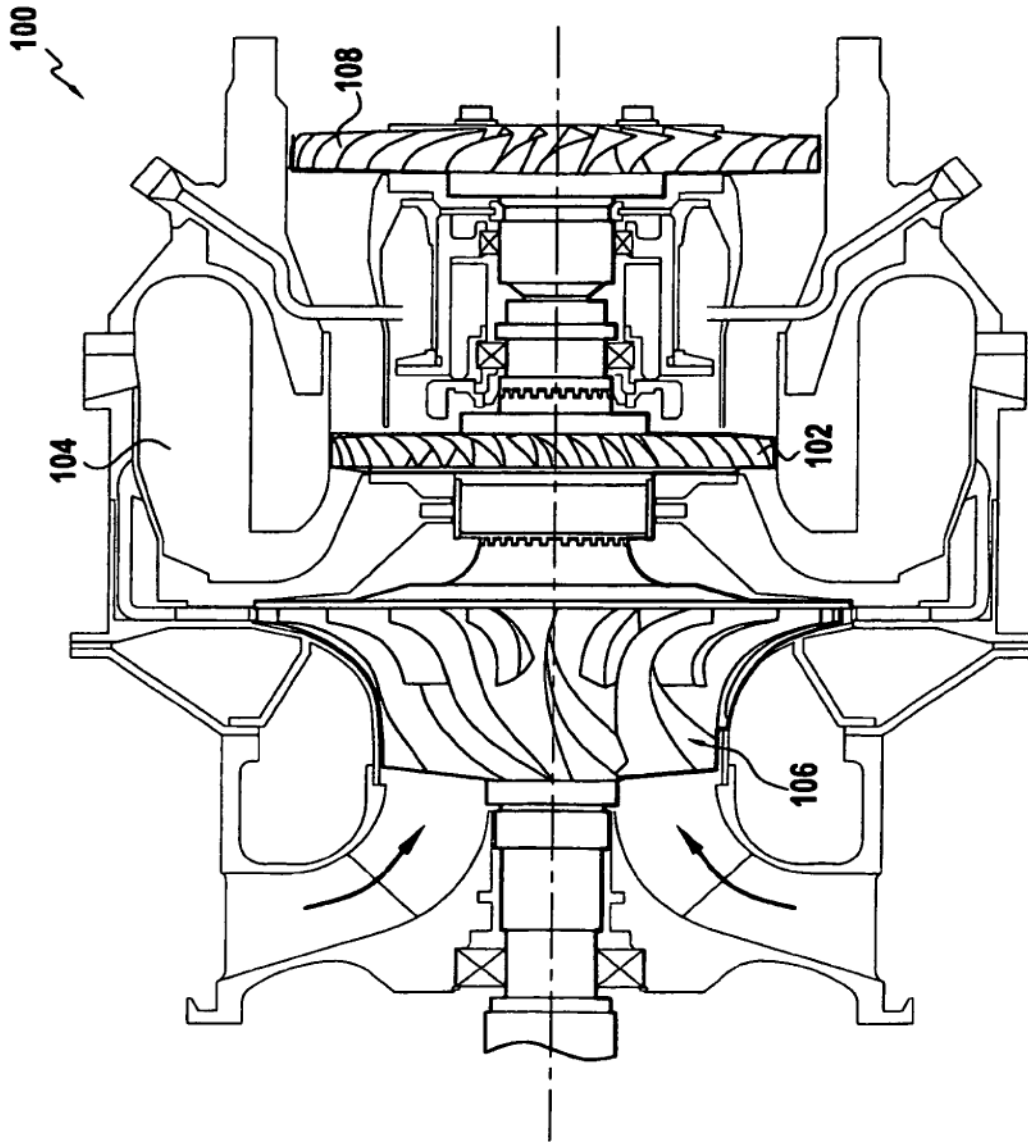


FIG.4