

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 985**

51 Int. Cl.:

F01D 5/30 (2006.01)

F04D 29/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09804573 .5**

96 Fecha de presentación: **05.08.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2324205**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.05.2011**

54 Título: **Dispositivo amortiguador de vibraciones en uniones de álabes de turbomáquina, turbomáquina y motores asociados**

30 Prioridad:
06.08.2008 FR 0855448

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
15.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
15.06.2012

73 Titular/es:
Snecma
2 Bld du Général Martial Valin
75015 Paris, FR

72 Inventor/es:
FABRE, Adrien, Jacques, Philippe

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

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).

ES 2 382 985 T3

DESCRIPCIÓN

Dispositivo amortiguador de vibraciones en uniones de álabes de turbomáquina, turbomáquina y motores asociados

5 La presente invención concierne al ámbito de las turbomáquinas y, en particular al de los motores de turbina de gas, tales como los turborreactores, los turbopropulsores o los motores de hélices rápidas (conocido también con el nombre de « propfans »). Ésta se refiere a un dispositivo amortiguador de las vibraciones en las uniones de los álabes de estos motores.

10 Las turbomáquinas aeronáuticas están compuestas por una pluralidad de ruedas provistas de álabes, es decir de discos rotatorios en cuya periferia están fijados álabes móviles. Estas ruedas provistas de álabes son piezas particularmente sensibles porque deben responder en términos de dimensionamiento a imperativos de resistencia mecánica a la rotación y a la carga aerodinámica. El conjunto de estos aspectos hace que estas estructuras sean cargadas estáticamente y que, habida cuenta de los imperativos de duración de vida de servicio, las amplitudes de vibraciones que éstas experimentan deban mantenerse pequeñas.

15 Implicando el diseño y la puesta a punto de una turbomáquina la coordinación de varias disciplinas, el proceso de dimensionamiento es iterativo. El dimensionamiento vibratorio es efectuado con el fin de evitar la presencia de modos críticos en el intervalo de funcionamiento. El conjunto es validado al final del ciclo de diseño por un ensayo motor en el cual se miden las amplitudes vibratorias. Aparecen a veces fuertes niveles inducidos, ya sea por rápidas respuestas forzadas, síncronas o asíncronas, o bien por inestabilidades. El diseño debe ser revisado entonces, lo que es particularmente largo y costoso.

20 El objetivo desde el punto de vista industrial es por tanto predecir lo más pronto posible, en el ciclo de dimensionamiento, los niveles de respuesta vibratorios de las estructuras con el fin de tomar desde el principio del diseño las medidas correctoras que se impongan. En estos ejes, el amortiguamiento mecánico es un reto importante para los diseñadores.

25 El amortiguamiento de las palas de los compresores es un problema particular que conviene tratar con cuidado, siendo éstas particularmente sensibles a los fenómenos vibratorios, y esto tanto más cuanto mayor es su longitud. Este problema es por tanto particularmente agudo con las palas de la primera etapa del compresor de baja presión, sea ésta una etapa de turbopropulsor en el que la rueda provista de álabes no está carenada, una etapa de turborreactor de doble flujo en el que la rueda o « soplante » está carenada, o bien una rueda no carenada de un motor de hélice rápida.

30 Este es además particularmente delicado en el caso de los motores de hélices rápidas porque, por una parte, éstas son lanzadas dos veces más que las palas actuales de una soplante, por tanto más sensibles a los fenómenos de oscilación y, por otra, el hecho de tener dos filas de hélices contrarrotatorias produce, debido al efecto de surco de la primera hélice en la segunda, sollicitaciones en excitación forzada importantes. Se puede encontrar igualmente un acoplamiento entre modos de vibraciones de las dos filas de hélices contrarrotatorias a través de la estructura que las soporta y que puede ser destructivo para el motor. Además las hélices rápidas, a diferencia de las hélices carenadas, son sensibles a las cargas denominadas IP que se crean durante la puesta en incidencia del motor, especialmente durante la puesta en rotación del avión en el despegue. Durante estas fases la pala de una hélice rápida no ve la misma incidencia del flujo de aire según su posición angular y ésta por tanto es sometida a una excitación específica síncrona con el régimen del motor.

40 La fijación de las palas al disco del compresor queda asegurada clásicamente por conjuntos de tipo unión ensartada, es decir por alvéolos abiertos en los cuales se deslizan bulbos que constituyen los pies de las palas. Estos alvéolos están recortados en el disco y presentan paredes de retención sobre las cuales se apoyan las caras correspondientes del pie de la pala.

45 Se han imaginado dispositivos de reducción de las vibraciones de las palas como, por ejemplo, el descrito en la patente US6102664 de la NASA, que consiste en pegar un material viscoelástico a las caras del pie de la pala que están en contacto con las paredes de retención de los alvéolos del disco. Esta técnica tiene el inconveniente de necesitar una modificación del procedimiento de fabricación de las palas de soplantes o de hélices rápidas y de no estar adaptado a un montaje en reajuste en palas existentes. Ésta tiene también el inconveniente de tener que cambiar toda la pala en caso de deterioro del dispositivo amortiguador, al contrario de una configuración en la que el dispositivo amortiguador es distinto de la pala como se propone aquí.

50 Otro procedimiento de la técnica anterior consiste en introducir un calzo entre la superficie del alvéolo y la del bulbo de pie de pala. Un calzo de este tipo, descrito en la patente US 5240375 de la sociedad General Electric Company, se presenta en forma de varias capas metálicas ensambladas en sándwich, con una capa de acero austenítico encerrada entre dos capas de bronce fosforoso de bajo coeficiente de rozamiento. Éste pretende sin embargo evitar el desgaste de las piezas en contacto y no tiene un impacto notable sobre la resistencia de las palas a las sollicitaciones vibratorias.

55

En la solicitud de patente EP 2014873 de la solicitante, se describe un calzo con capas rígidas que alternan con capas de material elástico.

La presente invención tiene por objeto la mejora del amortiguamiento vibratorio de los álabes de motores de aviones que son mantenidos en su disco por medio de uniones ensartadas.

5 A tal efecto, la invención tiene por objeto un dispositivo de amortiguamiento vibratorio para un álabe de turbomáquina provisto de una pala y de un pie de pala apto para insertarse en un alvéolo de un disco portador de una rueda provista de álabes, siendo el citado dispositivo apto para quedar situado entre el citado pie de pala y una pared de retención del citado alvéolo, a nivel del contacto realizado en funcionamiento entre el pie de pala y el alvéolo, comprendiendo el citado dispositivo al menos un calzo constituido por un ensamblaje de capas de materiales rígidos, comprendiendo el calzo dos partes, formando cada una un ramal lateral apto para ser insertado a lo largo de una de las dos paredes de retención, estando los dos ramales laterales unidos uno al otro, de modo que constituyen una pieza única, por una tercera parte que forma el fondo de calzo de material rígido, caracterizado porque el citado fondo de calzo está situado, con respecto a los ramales laterales, de modo que después del montaje se encuentra en la extremidad aguas arriba o aguas abajo del pie de pala.

15 La introducción de un calzo estratificado que comprenda al menos una capa de material viscoelástico y dos capas de materiales rígidos, permite, por la disipación de energía que éste genera, aumentar el amortiguamiento de las vibraciones de las palas. Esto permite desplazar los modos de vibración de las palas hacia las frecuencias más bajas y así reenviarlos por debajo del régimen de ralentí del motor. El posicionamiento de la parte que forma fondo de calzo, aguas arriba o aguas abajo del pie de pala, permite garantizar que los ramales laterales se sitúen de modo óptimo en contacto con las paredes de retención, sin una interferencia que podría ser creada por un contacto entre el fondo de calzo y el fondo del alvéolo o bien el pie de pala. Se asegura así que los desplazamientos relativos de las capas que constituyen las paredes laterales no serán perturbados y que así estas paredes asegurarán su función de amortiguamiento.

De acuerdo con modos de realización preferidos:

25 - el calzo está constituido por el ensamblaje de un número impar de capas superior a 3, sucediendo las capas de materiales viscoelásticos alternativamente a las capas de materiales rígidos y siendo realizadas las capas externas de materiales rígidos.

- las características del material viscoelástico varían de una capa a otra.

- las características del material rígido varían de una capa a otra.

30 - el fondo de el calzo forma una sola pieza con una de las capas de materiales rígidos de los ramales laterales.

- el calzo es obtenido a partir de una pieza plana constituida por tres segmentos consecutivos, separados uno de otro por líneas de plegado, estando situado el segmento que forma fondo de calzo entre los dos segmentos que forman los ramales laterales.

35 La invención tiene igualmente por objeto una turbomáquina que comprende al menos un disco portador de una rueda provista de álabes, en la que los álabes quedan insertados en los alvéolos del disco por medio de la introducción de un dispositivo de amortiguamiento vibratorio descrito anteriormente.

De acuerdo con modos preferentes:

- el disco de la etapa de soplante de un motor de turbina de gas dotado de una soplante está equipado con un dispositivo de amortiguamiento vibratorio descrito anteriormente.

40 - el disco de al menos una de las etapas portadoras de hélices no carenadas de un motor de hélices rápidas está equipado con un dispositivo de amortiguamiento vibratorio descrito anteriormente

Otras características y ventajas se deducirán de la descripción que sigue de diversos modos de realización de la invención, refiriéndose a los dibujos anejos.

En estos dibujos,

45 - la figura 1 es una vista en corte de un disco de compresor que utiliza la tecnología de hélice de las uniones ensartadas,

- la figura 2 es una vista en perspectiva de un alvéolo en el caso de una pala de hélice de paso variable,

- la figura 3 es una vista en corte del dispositivo de mantenimiento de un álabe por un alvéolo de un disco, de acuerdo con la técnica anterior,

- la figura 4 es una vista en corte de los materiales constitutivos de un calzo de acuerdo con un modo de realización de la invención, sometido a una tensión de compresión,
- la figura 5 es una vista en corte de los materiales constitutivos de un calzo de acuerdo con un modo de realización de la invención, sometido a una tensión de cizalladura,
- 5 - la figura 6 es una vista en planta de un calzo de acuerdo con un modo de realización de la invención, antes de su puesta en forma por plegado,
- las figuras 7 y 8 son respectivamente una vista frontal y una vista en corte desde arriba de un calzo de acuerdo con un modo de realización de la invención, después de su puesta en forma por plegado,
- 10 - la figura 9 es una vista en corte del dispositivo de mantenimiento de un álabe por el alvéolo de un disco, con un calzo de acuerdo con un modo de realización de la invención interpuesto entre el alvéolo y el pie de pala, y
- la figura 10 es una vista en corte de una pala y de su pie en posición en el alvéolo de un disco, con un calzo de acuerdo con un modo de realización de la invención, que muestra la transmisión de los esfuerzos y el sentido de los desplazamientos asociados.
- 15 Refiriéndose a la figura 1, se ve un disco de compresor 1 para una turbomáquina, cuya periferia está recortada por alvéolos 2 repartidos regularmente en toda la circunferencia. La figura 2 muestra una unión ensartada para un motor de paso variable; el alvéolo 2 está recortado en una pieza cilíndrica 3 que termina en su extremidad inferior por un pivote 4 sostenido por el disco 1 y montado libre en rotación. El alvéolo 2 está abierto radialmente hacia el exterior para dejar pasar la pala y presenta dos paredes 14 de retención destinadas a retener la pala cuando el motor está en funcionamiento. La figura 3 muestra el pie 6 de una pala 5, en forma de bulbo o de cola de milano, que está insertado en un alvéolo 2 de un segmento del disco 1.
- 20 Refiriéndose ahora a la figura 4, se ve un material estratificado destinado a constituir un calzo 7 apto para ser insertado entre el pie 6 de una pala 5 de compresor y las paredes de retención 14a y 14b del alvéolo 2 del disco 1 correspondiente. En el ejemplo representado, el material estratificado está compuesto por tres capas apiladas, fijadas una a otra, que están realizadas, para las dos capas exteriores 8 y 10 en materiales rígidos, como por ejemplo materiales metálicos, y para la capa intermedia 9 en un material viscoelástico.
- 25 La viscoelasticidad es la propiedad de un sólido o de un líquido que, cuando es deformado, muestra un comportamiento a la vez viscoso y elástico por una disipación y un almacenamiento simultáneos de energía mecánica.
- 30 Las características, isotropas o anisótropas, de elasticidad del material rígido son elegidas superiores a aquéllas, isotropas o anisótropas, del material viscoelástico en el intervalo de funcionamiento térmico y frecuencial deseado del motor. A título de ejemplo no limitativo, el material de la capa rígida puede ser metálico o compuesto, y el material de la capa viscoelástica de tipo elastómero, caucho, silicona, polímero, vidrio o resina epoxi.
- 35 El número de tres capas es puramente indicativo, pudiendo ser este número superior, siempre que haya una sucesión de capas rígidas y de capas viscoelásticas y que las capas externas sean de materiales rígidos. El número de capas es definido en función, por una parte, del espacio disponible y, por otra, de la rigidez y la viscosidad que convenga dar al calzo 7 para conseguir el amortiguamiento deseado. De acuerdo con las aplicaciones, las capas de materiales viscoelásticos y las capas de materiales rígidos pueden ser de iguales dimensiones o de dimensiones diferentes. Cuando el calzo comprende varias capas de materiales viscoelásticos, éstas pueden presentar todas las mismas características mecánicas o bien presentar características diferentes. Asimismo, las capas de materiales rígidos presentan todas las mismas características mecánicas o bien presentan características diferentes.
- 40 En la figura 4, el material estratificado está sometido a una tensión de compresión, para la cual no hay deformación notable. En cambio, en la figura 5, el material estratificado está sometido a una tensión de cizalladura y se ve un desplazamiento lateral, deformándose la capa 9 de material viscoelástico para permitir este desplazamiento. La deformación asociada permite disipar una parte de la energía transmitida por el movimiento de la pala 5 y así modificar los modos vibratorios de ésta.
- 45 En la figura 6, se ve una de las capas externas de un calzo de acuerdo con la invención, antes de su puesta en forma, que está constituida por una cinta formada por tres segmentos lineales consecutivos, separados uno de otro por dos líneas de plegado 11 y 12. Las figuras 7 y 8 muestran respectivamente una vista de frente y una vista desde arriba, en corte según la dirección VIII, de un calzo de acuerdo con la invención después de su plegado a lo largo de las líneas de plegado 11 y 12. En el modo de realización representado, solo los dos segmentos exteriores 7a y 7b del calzo presentan una estructura estratificada, estando realizado el tercer segmento 7c, situado entre las dos líneas de plegado 11 y 12, en una simple capa de material rígido, sin modificación. Por razones de simplificación de la realización, el tercer segmento 7c está realizado en la continuidad de la capa externa 10 que está destinada a estar colocada en el interior del plegado. En otro modo de realización, el tercer segmento 7c puede ser realizado en la
- 50 continuidad de la capa externa 8 que está destinada ser colocada en el exterior del plegado, o en la continuidad de una de las capas intermedias de material rígido si el dispositivo las comprende.
- 55

- 5 En esta configuración, el calzo, visto desde arriba, tiene una forma sensiblemente en U, estando sin embargo los dos ramales laterales 7a y 7b de la U inclinados con respecto al plano de simetría de la U, después de una rotación alrededor de una recta paralela a este plano. La base de la U, que forma el fondo de calzo 7c, es perpendicular a este plano y tiene por objeto unir los dos ramales laterales del calzo 7. Ésta está destinada a situarse contra la pala 5, en la extremidad aguas arriba o aguas debajo de su pie 6, refiriéndose al sentido de circulación del flujo de aire en el motor.
- 10 En la figura 9 se ven dos partes de un calzo 7, colocado en un alvéolo 2 de un disco de compresor 1. Los dos ramales 7a y 7b están interpuestos entre las paredes superiores 13a y 13b del pie 6 de pala 5 y las paredes de retención 14a y 14b del alvéolo 2. Debido a la forma plana de las capas de material viscoelástico y a que éstas quedan mantenidas entre dos capas planas de material rígido, éstas se deforman poco bajo el efecto de la compresión debida a la transmisión de los esfuerzos centrífugos de la pala a las paredes de retención 14a y 14b. En cambio, éstas conservan sus aptitudes a la deformación en el plano de las capas.
- 15 Durante la puesta en rotación de las palas, el calzo 7 es, por una parte, comprimido, debido al esfuerzo centrífugo ejercido sobre el pie de pala 6 por la rotación del compresor y, por otra, sometido a una cizalladura que es función del ángulo que forman las paredes de retención 14a y 14b con la dirección radial que pasa por el centro del alvéolo 2. Bajo esta tensión de cizalladura la capa viscoelástica 9 se deforma y las capas rígidas 10 de los dos ramales 7a y 7b que están situadas en contacto con el pie de pala 6, se desplazan radialmente hacia el exterior. Una vez que el régimen del motor alcanza un valor constante, y en ausencia de sollicitación vibratoria, el calzo 7 se mantiene estacionario, en esta posición deformada.
- 20 La figura 10 muestra los esfuerzos a los que es sometido el calzo 7, durante una vibración en flexión de la pala 5, es decir durante un desplazamiento de ésta a lo largo del eje de rotación del motor. El pie 6 de la pala 5 es arrastrado en un movimiento de rotación alrededor de un eje colineal con el eje central del alvéolo 2 y se generan esfuerzos de cizalladura complementarios en los ramales laterales 7a y 7b del calzo 7. En el caso del sentido de desplazamiento de la pala 5 representado en la figura 10, el ramal derecho 7b ve aumentar su cizalladura mientras que el del ramal izquierdo 7a la ve disminuir. Después, la vibración en flexión tiende a hacer volver la pala 5 en el sentido inverso; el ramal 7b ve entonces disminuir su cizalladura y el ramal 7a la ve aumentar. El desplazamiento alternativo que esta flexión induce en el material viscoelástico provoca una disipación de la energía de vibración y genera el amortiguamiento deseado.
- 25
- 30 Deberá observarse que el posicionamiento del fondo de calzo 7c evita que éste interfiera con los desplazamientos de los ramales laterales 7a y 7b y que aparezcan en estos ramales tensiones parásitas si el fondo de calzo entrara en contacto con el pie 6 del álabe o con el fondo del alvéolo 2.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de amortiguamiento vibratorio para un álabe de turbomáquina provisto de una pala (5) y de un pie de pala (6) apto para insertarse en un alvéolo (2) de un disco (1) portador de una rueda provista de álabes, siendo el citado dispositivo apto para quedar situado entre el citado pie de pala y una pared del citado alvéolo de retención del citado pie (14a, 14b) a nivel del contacto realizado en funcionamiento entre el pie de pala (6) y el alvéolo (2), comprendiendo el citado dispositivo al menos un calzo (7) constituido por un ensamblaje de capas de materiales rígidos (8, 10) y de materiales viscoelásticos (9), estando situada al menos una capa (9) de material viscoelástico (9) entre dos capas de materiales rígidos (8,10), comprendiendo el calzo (7) dos partes, formando cada una un ramal lateral (7a, 7b) apto para ser insertado a lo largo de una de las dos paredes de retención (14a, 14b), estando unidos los dos ramales uno al otro de manera que constituyen una pieza única, por una tercera parte que forma fondo de calzo (7c) de material rígido, caracterizado porque el citado fondo de calzo está situado, con respecto a los ramales laterales (7a, 7b), de modo que después del montaje se encuentra en la extremidad aguas arriba o aguas abajo del pie de pala (6).
- 15 2. Dispositivo de amortiguamiento vibratorio de acuerdo con la reivindicación 1 en el cual el calzo 7 está constituido por el ensamblaje de un número impar de capas superior a 3, sucediendo las capas (9) de materiales viscoelásticos alternativamente a las capas de materiales rígidos y en el cual las capas externas (8, 10) están realizadas en materiales rígidos.
- 20 3. Dispositivo de amortiguamiento vibratorio de acuerdo con la reivindicación 2 en el cual las características del material viscoelástico varían de una capa a otra.
4. Dispositivo de amortiguamiento vibratorio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3 en el cual las características del material rígido varían de una capa a otra.
5. Dispositivo de amortiguamiento vibratorio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4 en el cual el fondo (7c) del calzo forma una sola pieza con una de las capas de materiales rígidos (8, 10) de los ramales laterales (7a, 7b).
- 25 6. Dispositivo de amortiguamiento vibratorio de acuerdo con la reivindicación 5 en el cual el calzo (7) es obtenido a partir de una pieza plana constituida por tres segmentos consecutivos, separados uno de otro por líneas de plegado (11, 12), estando situado el segmento de fondo de calzo (7c) entre los dos segmentos que forman los ramales laterales (7a, 7b).
- 30 7. Turbomáquina que comprende al menos un disco (1) portador de una rueda provista de álabes, en la cual los pies (6) de las palas están insertados en los alvéolos (2) del disco (1) por medio de la introducción de un dispositivo de amortiguamiento vibratorio de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes.
8. Motor de turbina de gas dotado de una soplante en la cual el disco (1) de la etapa de soplante está equipado con un dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6.
9. Motor de hélices rápidas en el cual el disco (1) de al menos una de las etapas portadoras de hélices no carenadas está equipado con un dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6.

35

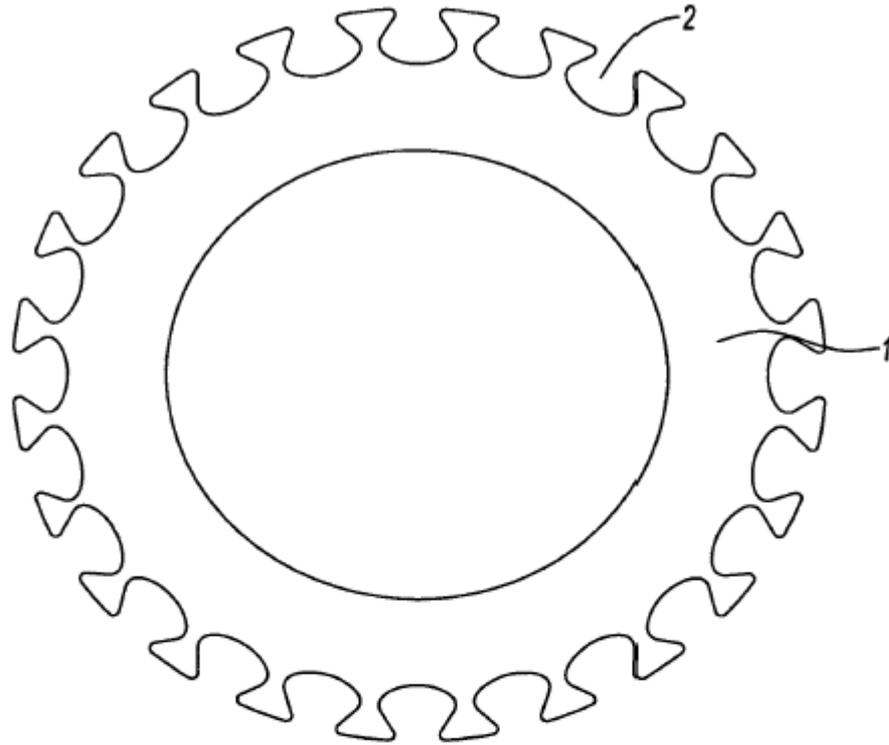


Fig. 1

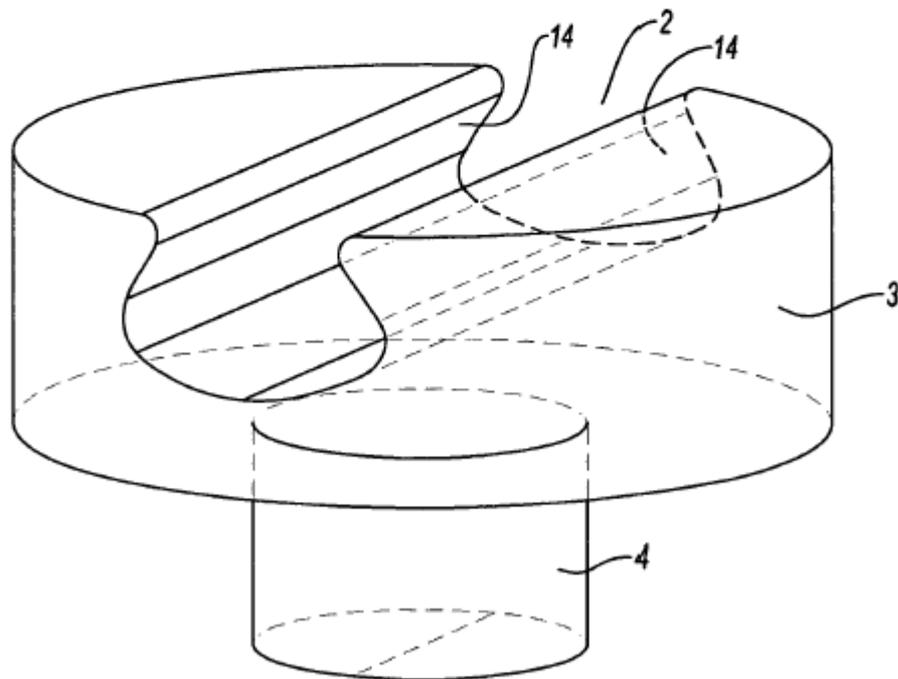
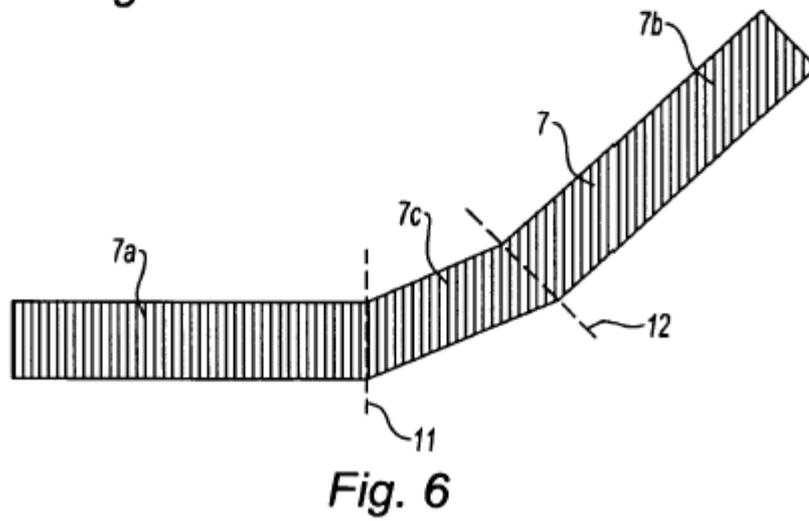
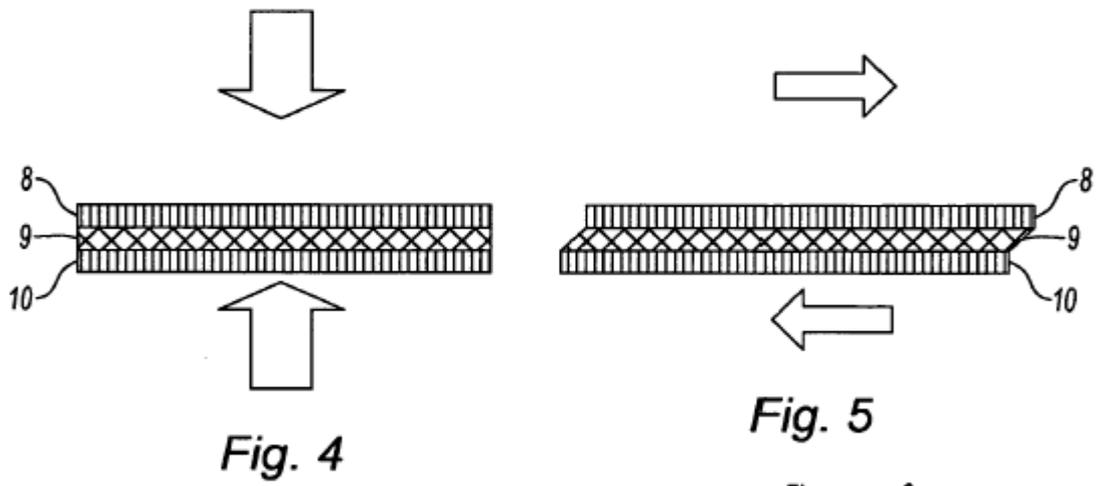
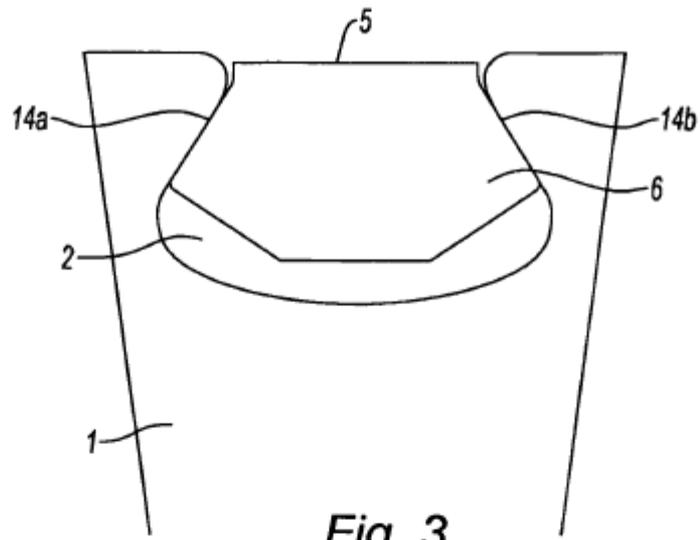


Fig. 2



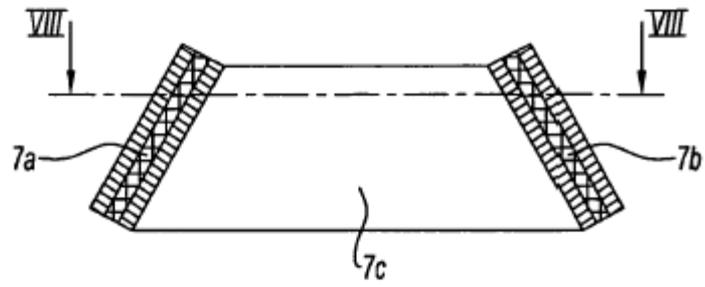


Fig. 7

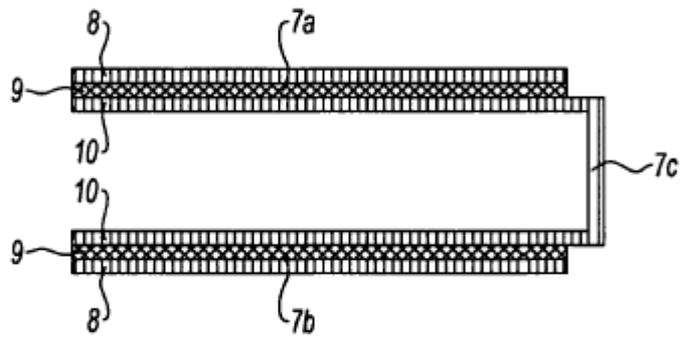


Fig. 8

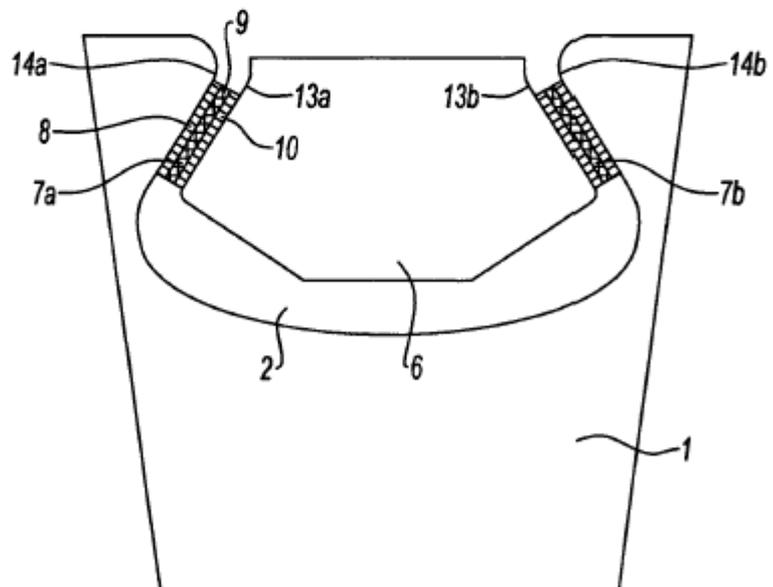


Fig. 9

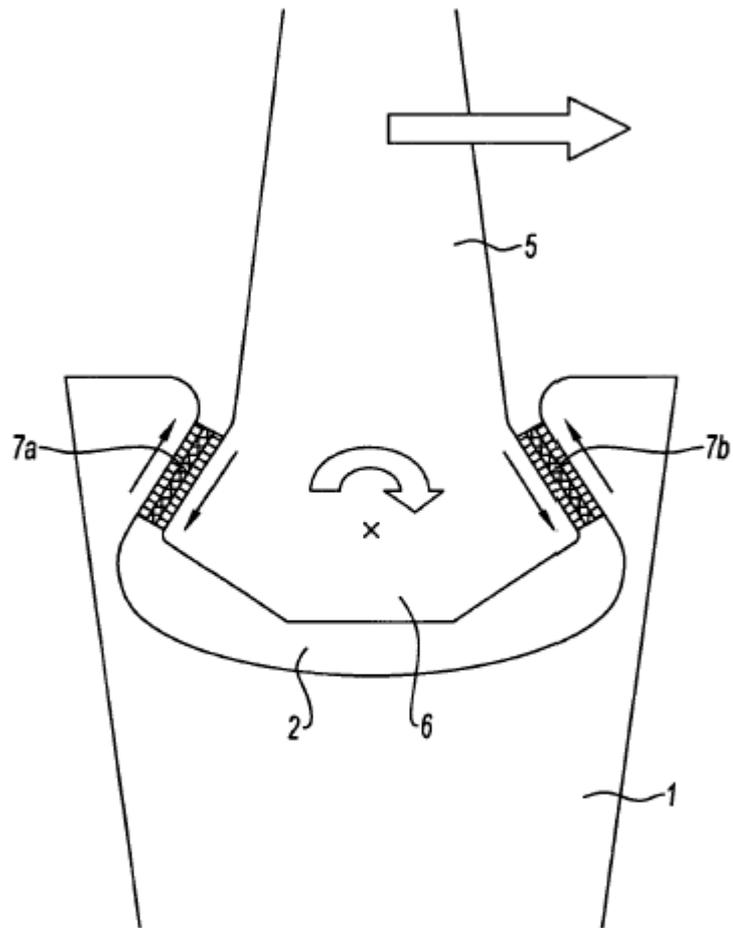


Fig. 10