



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 352 583**

51 Int. Cl.:
F01D 5/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08160248 .4**

96 Fecha de presentación : **11.07.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2014873**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.01.2009**

54 Título: **Suplemento de ajuste para un álabe de turbomáquina.**

30 Prioridad: **13.07.2007 FR 07 56466**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
21.02.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
21.02.2011

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

72 Inventor/es: **Lombard, Jean-Pierre;**
Jacq, Christophe y
Douquet, Charles

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 352 583 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

La invención se refiere a un suplemento de ajuste para un álabe de turbomáquina del tipo que comprende dos brazos destinados a venir contra las superficies de apoyo del pie del álabe y una base que une estos brazos entre sí.

5 Ésta se destina a todos los tipos de turbomáquina, terrestre o aeronáutica (turbo reactor, turbopropulsor, turbina de gas terrestre, etc.). En el caso particular de un turbo reactor de avión de doble cuerpo, doble flujo, el suplemento de ajuste de la invención puede ser utilizado para los álabes de la soplante (o "fan"), para los álabes móviles del compresor de baja presión (o "booster"), del compresor de alta presión, de la turbina de alta presión o de la turbina de baja presión del turbo reactor.

10 En la presente solicitud, la dirección axial se corresponde con la dirección del eje de rotación A del rotor de la turbomáquina y una dirección radial es una dirección perpendicular al eje A. Por otro lado, salvo precisión en contrario, los adjetivos "interior" y "exterior" se utilizan en referencia a una dirección radial de suerte que la parte interior (es decir, radialmente interior) de un elemento es más próxima al eje A que la parte exterior (es decir, radialmente exterior) del mismo elemento.

15 En un disco de rotor (es decir, un disco solidario del rotor) de una turbomáquina, portador de álabes, los álabes (móviles) están fijados al disco por sistemas de fijación, puede tratarse de una unión recalcada rectilínea o curvilínea, en forma de martillo o en forma de abeto. Se pueden describir estos sistemas de fijación como que son dispositivos en los que los pies de álabe forman las partes macho del sistema y son retenidos radialmente en las partes hembra del sistema, dispuestas en la periferia exterior del disco y comúnmente denominadas "alvéolos".

20 Durante la puesta en rotación del rotor, los álabes son sometidos principalmente a los esfuerzos centrífugos así como a los esfuerzos aerodinámicos axiales y los pies de los álabes vienen a pegarse a tope contra las partes del disco que bordean la abertura exterior de los alvéolos bajo el efecto de los esfuerzos centrífugos. Las superficies de los pies de los álabes y del disco que están a tope unas contra las otras son denominadas comúnmente "superficies de apoyo". Estas superficies de apoyo están sometidas a una presión (resultante de dichos esfuerzos, aplicada sobre la superficie de estas superficies de apoyo). Se puede estimar que esta presión depende, en primera aproximación, del cuadrado de la
25 velocidad de rotación del rotor.

Se comprende, pues, que las variaciones de velocidad de rotación del rotor en el curso del ciclo de funcionamiento de la turbomáquina: de parada a todo gas, pasando por los regímenes particulares intermedios (ralentí, taxi, crucero, descenso, si se considera una turbomáquina aeronáutica) inducen variaciones de presión a los niveles de las superficies de apoyo definidas anteriormente. Estas variaciones de presión asociadas a deformaciones elásticas de las piezas en
30 contacto provocan movimientos relativos entre el pie de álabe y el disco. Estos movimientos relativos, denominados deslizamiento o separación según su naturaleza, inducen fenómenos de desgaste de las superficies de apoyo de los álabes o del disco cuando son repetitivos. Se puede, igualmente, atribuir a los movimientos dinámicos de los álabes a un régimen de rotación dado (respuestas de los álabes a las sollicitaciones alternadas de naturaleza armónica o transitoria) una contribución en el fenómeno de desgaste de dichas superficies de apoyo. Ahora bien, estos fenómenos de desgaste suponen una penalización para la duración de la vida de la turbomáquina.

Se pueden adoptar soluciones denominadas "antidesgaste", es decir que retardan la aparición del desgaste en las interfaces de contacto, entre las cuales hay soluciones basadas en la introducción de un tercer cuerpo, denominado
40 suplemento de ajuste, entre los pies de los álabes y el disco. Esta suplemento de ajuste permite, particularmente, duplicar las interfaces de contacto (se pasa de una interfaz álabe/disco a dos interfaces álabe/suplemento de ajuste y suplemento de ajuste/disco) y reducir los movimientos relativos entre las piezas en contacto, lo que permite reducir los desgastes en funcionamiento.

Ejemplos de suplemento de ajuste conocidos, del tipo citado anteriormente, están descritos en los documentos de patente francesa FR 2890684 y americana US 5 240 375. Esta suplemento de ajuste está realizada enteramente de metal, se trata de una lámina metálica plegada de forma apropiada.

45 La invención tiene por objetivo proponer un suplemento de ajuste más eficaz que el suplemento de ajuste conocido citado anteriormente, en términos de prestaciones "antidesgaste", de manera que se puedan proteger mejor las superficies de apoyo de los álabes y del disco.

Este objetivo se alcanza gracias a un suplemento de ajuste para álabe de turbomáquina que comprende dos brazos destinados a venir contra las superficies de apoyo del pie del álabe y una base que une estos brazos entre sí, y que

- 5 presenta, al menos al nivel de sus brazos, una estructura multicapa con al menos tres capas fijadas unas a otras y superpuestas en este orden: una primera capa de un primer material, una segunda capa de un segundo material y una tercera capa de un tercer material, diferente o no del primer material, presentando dichos primer y tercer materiales, respectivamente, módulos de Young primero y tercero de valores E y E' , a una temperatura de funcionamiento cualquiera en el rango de temperaturas de funcionamiento del suplemento de ajuste y dicho segundo material presenta un segundo módulo de Young de valor comprendido entre $E/20$ y $E/5$ y entre $E'/20$ y $E'/5$, a dicha temperatura de funcionamiento cualquiera.
- Se advertirá que el módulo de Young de un material varía en función de la temperatura de este material y que, en consecuencia, los valores de E y E' dependen de la temperatura.
- 10 Por temperaturas de funcionamiento, se tiene intención de designar las temperaturas a las cuales el suplemento de ajuste está sometido cuando la turbomáquina esta en marcha, en las condiciones normales de utilización. En conformidad con la invención, la relación entre dichos primer, segundo y tercer módulos de Young definidos arriba, debe ser verificada para todas las temperaturas de el rango de temperaturas de funcionamiento del suplemento de ajuste.
- 15 Por ejemplo, cuando el suplemento de ajuste pertenece a la soplante o al compresor de baja presión de un turborreactor de avión de doble cuerpo, doble flujo, su temperatura de funcionamiento varía entre 20 y 150 °C. Cuando aquél pertenece al compresor de alta presión de un turborreactor de avión de doble cuerpo, doble flujo, su temperatura de funcionamiento varía entre 150 y 500 °C. Cuando aquél pertenece a la turbina de alta presión de un turborreactor de avión de doble cuerpo, doble flujo, su temperatura de funcionamiento varía entre 400 y 700 °C.
- 20 La presente invención es, pues, relativa a la adopción de dicha estructura multicapa en la cual las características (isótropas o anisótropas) de elasticidad del segundo material son superiores a las (isótropas o anisótropas) del primer y del tercer materiales en el rango de funcionamiento térmico deseado.
- Según un modo de realización, dichos primer y tercer materiales son aleaciones metálicas o materiales compuestos de matriz orgánica (idénticos o diferentes), mientras que dicho segundo material es no metálico. Por ejemplo, y de forma no exhaustiva, el segundo material puede ser de caucho, de silicona, de poliimida, de vidrio o de resina epóxi.
- 25 La estructura multicapa de suplemento de ajuste de la invención tiene como efectos:
- repartir uniformemente las presiones de contacto por acomodación del suplemento de ajuste por medio de la elasticidad de la segunda capa;
- limitar los movimientos relativos de las pieza, debidos a las fuerzas centrífugas durante un cambio de velocidad de rotación, por cizallamiento “estático” de la segunda capa; y
- 30 amortiguar los movimientos dinámicos eventuales del álabe por cizallamiento “dinámico” de la segunda capa.
- Estos efectos tienen como consecuencia, principalmente, impedir o limitar los fenómenos de desgaste al nivel de las superficies de apoyo y, así, aumentar la duración de la vida de los pies de álabe y de los discos.
- Estos efectos son reforzados cuando el segundo material tiene un comportamiento viscoelástico en el rango de temperaturas de funcionamiento del suplemento de ajuste, más particularmente, en lo que se refiera a la amortiguación de los movimientos dinámicos eventuales del álabe.
- 35 La invención tiene por objeto, igualmente, un conjunto de rotor de turbomáquina que comprende: un disco de rotor que presenta, sobre su periferia exterior, alvéolos; álabes fijos por sus pies en dichos alvéolos; y suplemento de ajustes según la invención, estando dispuesto cada brazo de cada suplemento de ajuste entre la superficie de apoyo de un pie de álabe y la superficie de apoyo correspondiente del disco.
- 40 Por fin, la invención tiene como objeto una turbomáquina que comprende un conjunto de rotor de ese tipo.
- La invención y sus ventajas se comprenderán mejor con la lectura de la descripción detallada que sigue. Esta descripción hace referencia a las figuras anexas en las cuales:
- la figura 1 representa parcialmente, en vista en despiece ordenado y de manera esquemática, un conjunto de rotor de turbomáquina que comprende un disco de rotor, un ejemplo de suplemento de ajuste según la invención y un pie de álabe;
- 45 la figura 2 es una vista en corte radial por el plano II-II, del conjunto de la figura 1, una vez ensamblado aquél;

la figura 3 es una vista en corte análoga a la de la figura 2 que muestra otro ejemplo de suplemento de ajuste según la invención; y

la figura 4 es una vista en corte análoga a la de la figura 2 que muestra otro ejemplo de suplemento de ajuste según la invención, dispuesto entre dos alvéolos adyacentes.

5 En las figuras 1 y 2, están representados: un disco de rotor 2 que presenta en su periferia numerosas ranuras, o alvéolos 4, que definen un alojamiento susceptible de recibir el pie 16 de un álabe 14, estando este pie 16 abrazado por un suplemento de ajuste 20. El pie de álabe 16 y el disco de soplante 2 están realizados, por ejemplo, en aleación de titanio.

10 Se advertirá que existen montajes (no representados) que comprenden, además, un calce colocado entre el pie de álabe 16 y el fondo del alvéolo 4.

15 Durante la puesta en rotación del disco 2, los álabes 14 están sometidos a los esfuerzos centrífugos y las superficies de apoyo 16A de los pies de álabe 16 vienen a pegarse a tope contra las superficies de apoyo 22A del disco 2. En el ejemplo, las superficies de apoyo 16A son los flancos de los pies de álabe 16, mientras que las superficies de apoyo 22A son las caras interiores de las partes del disco en forma de labios 22 que bordean la abertura exterior de los alvéolos 4.

El suplemento de ajuste 20 comprende dos brazos laterales 20A destinados a venir contra las superficies de apoyo 16A del pie de álabe 16 y una base 20B (aquí una placa) que une estos brazos entre ellos y que se extiende bajo el pie de álabe 16. El suplemento de ajuste 20 es una pieza de desgaste y tiene como función principal limitar el desgaste del pie de álabe 16 y del disco de soplante 2.

20 En el ejemplo de la figura 2, el suplemento de ajuste 20 presenta al nivel de sus brazos 20A y de su base 20B, una estructura multicapa con tres capas 31, 32, 33 que se adhieren una con la otra. Estas tres capas están superpuestas en este orden, del pie de álabe 16 hacia el disco 2: una primera capa 31 de un primer material, una segunda capa 32 de un segundo material y una tercera capa 33 de un tercer material. En el ejemplo, el tercer material es idéntico al primer material, de suerte que presentan un mismo primer módulo de Young. En conformidad con la invención, el primer módulo de Young tiene un valor E, a una temperatura cualquiera T de funcionamiento del suplemento de ajuste, y dicho segundo material presenta un segundo módulo de Young de valor comprendido entre E/20 y E/5 a dicha temperatura T.

25 Se advertirá que el suplemento de ajuste 20 debe presentar una cierta rigidez con el fin de asegurar su comportamiento mecánico y su función antidesgaste, de suerte que el valor E es, preferentemente, superior o igual a 110.000 MPa para un suplemento de ajuste metálico (por ejemplo: 210.000 MPa para un suplemento de ajuste de una superaleación de base Níquel, del tipo de las comercializadas bajo la denominación "Inconel") y superior o igual a 70.000 MPa para un suplemento de ajuste de material compuesto de matriz orgánica.

30 En lo referente a la elección de materiales, claro está, ésta es función de las temperaturas de funcionamiento del suplemento de ajuste.

35 Cuando el conjunto de rotor pertenece a la soplante o al compresor de baja presión de un turborreactor de avión de doble cuerpo, doble flujo, está sometido a temperaturas de funcionamiento que varían entre 20 y 150 °C. En este caso, a título de ejemplo, se pueden elegir, como primer material una superaleación de base Ni con más del 15% en peso de Fe y de Cr, como la superaleación comercializada bajo la denominación "Inconel 718"; y como segundo material caucho (natural o sintético). En este mismo caso, se pueden elegir como primer material un material compuesto con una matriz de resina epóxi y de fibras de refuerzo, por ejemplo de carbono; y como segundo material una resina epóxi sola (estando ligada la diferencia de módulo de Young entre el segundo y el primer materiales a la ausencia de fibras).

40 Cuando el conjunto de rotor pertenece al compresor de alta presión de un turborreactor de avión de doble cuerpo, doble flujo, está sometido a temperaturas de funcionamiento que varían entre 150 y 500 °C. En este caso, a título de ejemplo, se pueden elegir, como primer material una superaleación de base Ni con más del 15% en peso de Fe y de Cr, como la superaleación comercializada bajo la denominación "Inconel 718"; y como segundo material una silicona o una poliimida.

45 Cuando el conjunto de rotor pertenece a la turbina de alta presión de un turborreactor de avión de doble cuerpo, doble flujo, está sometido a temperaturas de funcionamiento que varían entre 400 y 700 °C. En este caso, a título de ejemplo, se pueden elegir, como primer material una superaleación de base Ni con más del 15% en peso de Fe y de Cr, como la

superaleación comercializada bajo la denominación "Inconel 718"; y como segundo material vidrio (que en este rango de temperatura de funcionamiento tiene un comportamiento viscoelástico).

De una manera general, se advertirá que la fijación de dichas capas 31, 32, 33 entre ellas puede obtenerse de diferentes maneras y, principalmente:

- 5 - por adhesión natural, durante la polimerización de la segunda capa 32 (durante su vulcanización si es de caucho),
- por pegado,
- por soldeo parcial sin aporte de las capas 31 y 33, después pulido,
- 10 - por soldeo parcial con aporte de las capas 31 y 33, después pulido,
- por embutido, o
- combinando varias técnicas de las citadas (por ejemplo por adhesión natural y por embutido).

Dichas capas deben hacer cuerpo una con la otra para formar dicha estructura multicapa y, por supuesto, la fijación obtenida debe ser suficiente para impedir la delaminación de la estructura en funcionamiento o la fluencia de la capa 32.

- 15 La figura 3 es una vista en corte análoga a la de la figura 2 que muestra otro ejemplo de suplemento de ajuste 120 según la invención. Los elementos o partes de elemento análogas entre las figuras 2 y 3 están señalados por los mismos números de referencia aumentados en 100.

- 20 El ejemplo de la figura 3 difiere del de la figura 2 en que la base 120B del suplemento de ajuste 120 está formada por las primera y tercera capas 131 y 133 juntas. Sólo los brazos 120A del suplemento de ajuste presentan una estructura multicapa compuesta por primera, segunda y tercera capas 131, 132, 133 según la invención. Se advertirá que la base 120B del suplemento de ajuste podría igualmente estar formada únicamente por la tercera capa 133 o bien únicamente por la primera capa 131.

La figura 4 es una vista en corte análoga a la de la figura 2 que muestra otro ejemplo de suplemento de ajuste 220 según la invención. Los elementos o partes de elemento análogas entre las figuras 2 y 4 están señalados por los mismos números de referencia aumentados en 200.

- 25 El ejemplo de la figura 4 difiere del de la figura 2 en que la base 220B del suplemento de ajuste 220 se extiende sobre la periferia externa del disco 202 de rotor, entre dos alvéolos 204 adyacentes, mientras que cada uno de los brazos 220A del suplemento de ajuste entra en un alvéolo 204 y se aloja entre la superficie de apoyo 216A del pie de álabe 216 y la superficie de apoyo 222A correspondiente del disco 202.

- 30 El suplemento de ajuste 220 presenta una estructura multicapa análoga a la del suplemento de ajuste 20 de la figura 2, con tres capas 231, 232, 233 fijadas una a la otra y superpuestas.

REIVINDICACIONES

1. Suplemento de ajuste (20) para álabe (14) de turbomáquina que comprende dos brazos (20A) destinados a venir contra las superficies de apoyo (16A) del pie (16) de álabe y una base (20B) que une estos brazos entre sí, que
5 presenta, al menos al nivel de sus brazos (20A), una estructura multicapa con al menos tres capas (31, 32, 33) fijadas unas a otras y superpuestas en este orden: una primera capa (31) de un primer material, una segunda capa (32) de un segundo material y una tercera capa (33) de un tercer material, diferente o no del primer material, presentando dichos
10 primer y tercer materiales, respectivamente, módulos de Young primero y tercero de valores E y E' , a una temperatura de funcionamiento cualquiera en el rango de temperaturas de funcionamiento del suplemento de ajuste caracterizado porque dicho segundo material presenta un segundo módulo de Young de valor comprendido entre $E/20$ y $E/5$ y entre $E'/20$ y $E'/5$, a dicha temperatura de funcionamiento.
2. Suplemento de ajuste según la reivindicación 1, en el cual dichos primer y tercer materiales son idénticos.
3. Suplemento de ajuste según la reivindicación 1 o 2, en el cual dichos primer y tercer materiales son aleaciones metálicas o materiales compuestos de matriz orgánica, mientras que el segundo material es no metálico.
- 15 4. Suplemento de ajuste según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el cual dicho segundo material tiene un comportamiento viscoelástico en el rango de temperaturas de funcionamiento del suplemento de ajuste.
5. Suplemento de ajuste según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual dichas primera, segunda y tercera capas (31, 32, 33) se extienden igualmente al nivel de la base (20B) del suplemento de ajuste.
- 20 6. Conjunto de rotor de turbomáquina que comprende: un disco (2) de rotor que presenta sobre su periferia exterior alvéolos (4); álabes (14) fijos por sus pies (16) en dichos alvéolos (4); y suplemento de ajustes (20) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, estando dispuesto cada brazo (20A) de cada suplemento de ajuste entre la superficie de apoyo (16A) de un pie de álabe y la superficie de apoyo (22A) correspondiente del disco.
7. Conjunto de rotor de turbomáquina según la reivindicación 6, en el cual la base (20B) de cada uno de los suplemento de ajustes (20) se extiende bajo cada uno de los pies de álabe.
- 25 8. Conjunto de rotor de turbomáquina según la reivindicación 6, en el cual la base (220B) de cada uno de los suplemento de ajustes (220) se extiende sobre la periferia externa del disco (202), entre dos alvéolos (204) adyacentes.
9. Turbomáquina que comprende un conjunto de rotor según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8.

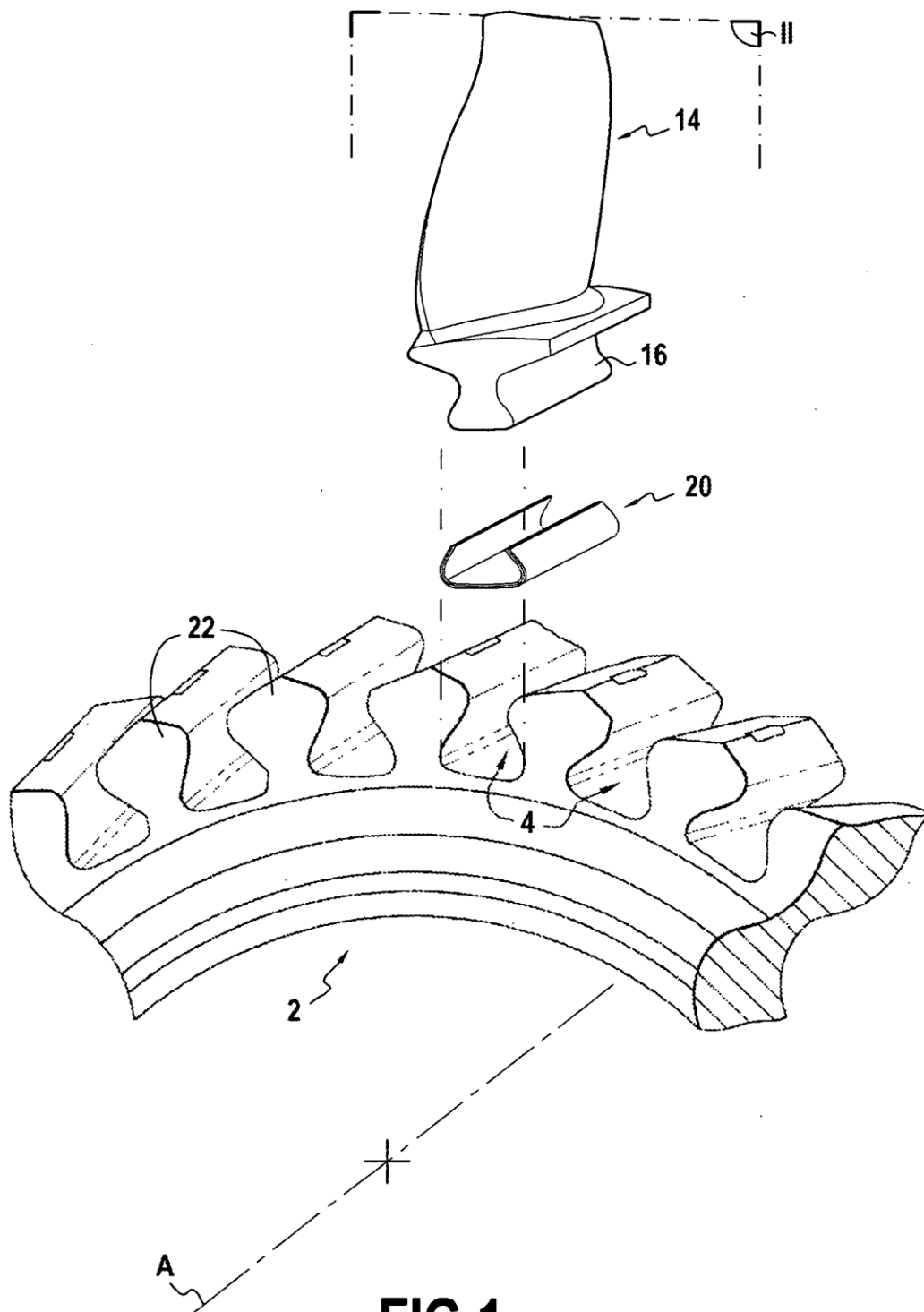
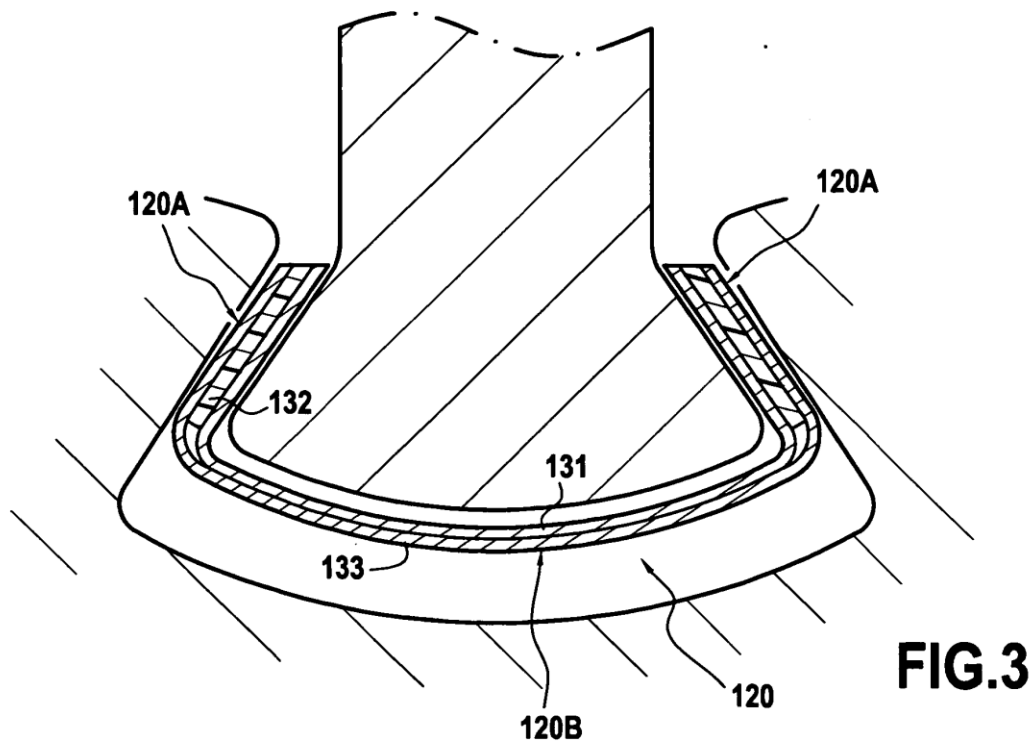
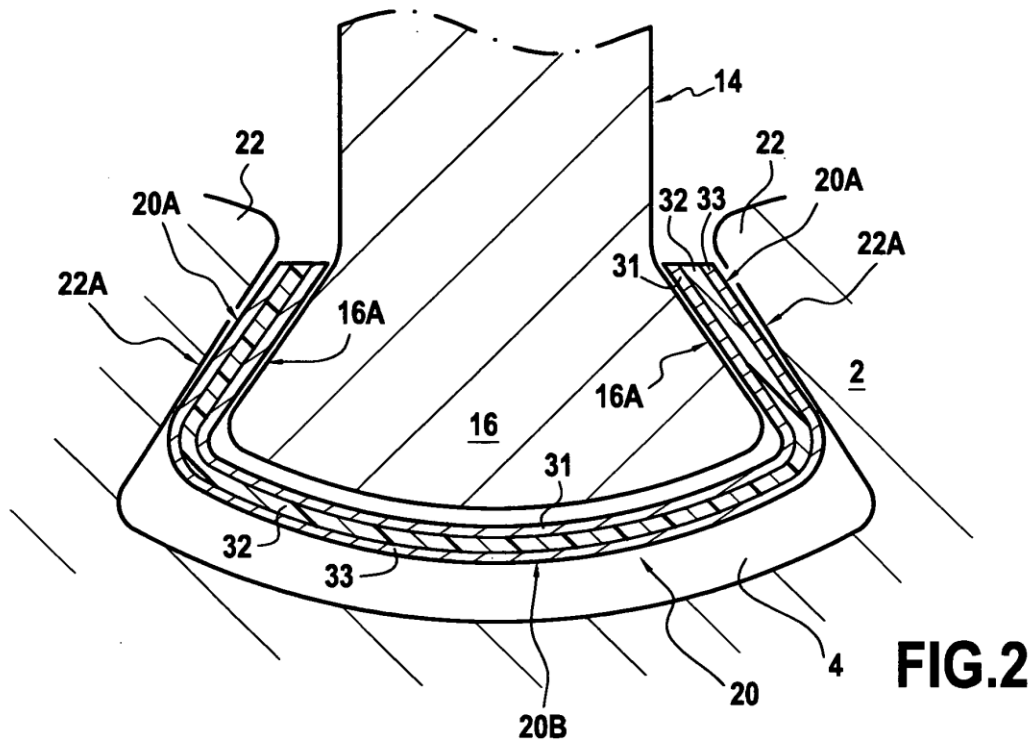


FIG.1



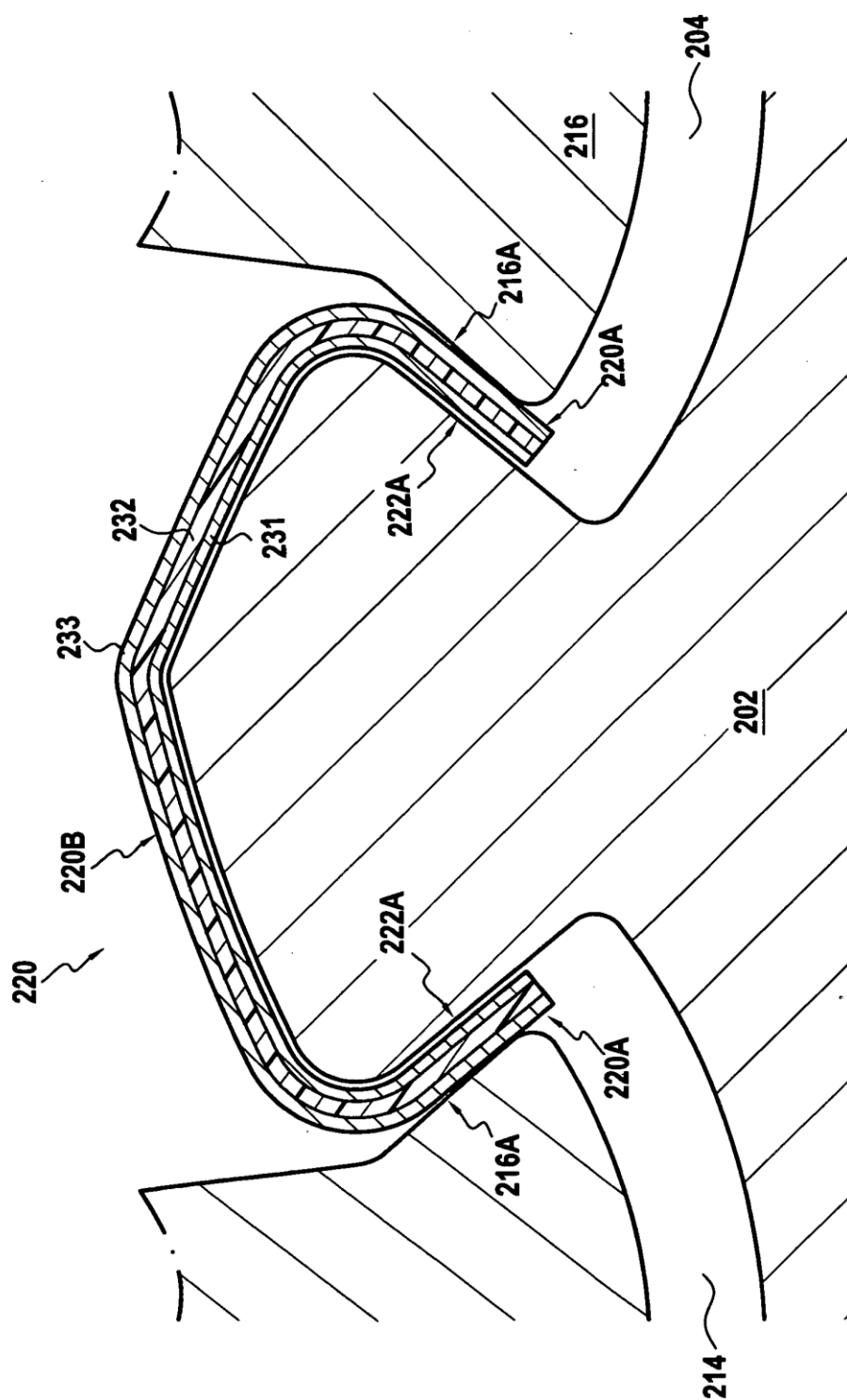


FIG. 4