

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 485**

51 Int. Cl.:

F04D 29/28 (2006.01)
F04D 29/30 (2006.01)
F01D 5/34 (2006.01)
F02C 6/12 (2006.01)
F01D 5/14 (2006.01)
F02C 3/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.05.2009 PCT/EP2009/055815**
 87 Fecha y número de publicación internacional: **19.11.2009 WO2009138445**
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.05.2009 E 09745777 (4)**
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016 EP 2310690**

54 Título: **Pala de rodete de compresor con empalme elíptico evolutivo**

30 Prioridad:

15.05.2008 FR 0853140

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.04.2017

73 Titular/es:

**SAFRAN HELICOPTER ENGINES (100.0%)
64510 Bordes, FR**

72 Inventor/es:

**BILLOTEY, GEOFFROY;
BISCAY, PIERRE;
CAZENAVE-LARROCHE, GILLES y
OUSTY, JEAN-PHILIPPE**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 608 485 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

Pala de rodete de compresor con empalme elíptico evolutivo

La presente invención se refiere al ámbito de las turbinas de gas, tales como las que equipan los turbomotores de aeronaves. La misma concierne de modo más particular a la etapa de compresión de estas turbinas de gas.

- 5 Una etapa de compresión de una turbina de gas comprende generalmente un compresor giratorio destinado a comprimir el aire fresco que entra en la turbina de gas. Entre los diferentes tipos de compresores conocidos, se distinguen los compresores de tipo centrífugo de los compresores de tipo axial. Contrariamente al compresor axial, un compresor centrífugo modifica la orientación del flujo de aire: este último presenta generalmente, a la salida del compresor, una orientación sensiblemente ortogonal al eje de rotación del compresor, en este caso se acepta una
10 inclinación del flujo de aire (es decir, de la vena de aire en el borde de fuga del rodete) comprendida entre 0° y aproximadamente 30° con respecto a una dirección ortogonal al eje de rotación del compresor.

La presente invención se refiere de modo más preciso a un rodete de compresor que comprende al menos una pala unida a un cubo del rodete por un empalme de forma curva, extendiéndose la citada pala según una cuerda definida entre un borde de ataque y un borde de fuga de la pala.

- 15 Clásicamente, el flujo de aire entrante en el rodete del compresor centrífugo entra en contacto en primer lugar con el borde de ataque de la pala, después se extiende siguiendo su cuerda antes de salir del rodete por el borde de fuga.

En el sentido de la presente invención, el empalme es la línea geométrica que une la pala al cubo, en el lugar del pie de la pala, el cual pie define el empalme entre la pala y el cubo. El empalme concierne a los dos lados de la pala, el intradós y el extradós.

- 20 Durante su funcionamiento, las palas del rodete del compresor son sometidas a tensiones mecánicas importantes que, en ciertas condiciones, pueden provocar su deterioro (iniciación de grietas, propagación de grietas, salida de un fragmento de la pala).

La utilización de un empalme de forma curva permite en ciertos casos y según la definición de la forma curva elegida mejorar o degradar la resistencia mecánica de las palas en particular en la zona del pie de pala.

- 25 Según la zona de la pala (definida a lo largo de la cuerda) se puede buscar una mejora de la resistencia mecánica de la pala o buscar una degradación de la resistencia mecánica de la pala. Este es el caso especialmente para el borde de fuga del rodete. En efecto, la degradación de la resistencia mecánica de la pala en el borde de fuga del rodete tiene como consecuencia una mejora con respecto a la resistencia mecánica del disco en la zona del borde de fuga. Este caso concreto puede ser buscado, con miras a respetar las normas. Éstas recomiendan un criterio de
30 cronología de rotura según el cual, la pala debe romperse antes que el disco (cubo). Dicho de otro modo, la pala funciona como un fusible. Una rotura a nivel del cubo, debido a la fuerza centrífuga y a la inercia del cubo, una rotura a nivel del cubo, generaría trozos de mayor energía que los generados por una rotura a nivel de la pala. El borde de fuga del rodete está particularmente preocupado por este criterio en la medida en que los espesores de pala y de cubo (disco) son del mismo orden de magnitud en esta zona.

- 35 El documento DE 10 16 888 muestra un empalme entre una pala y un cubo que evoluciona a lo largo de la cuerda.

Un objetivo de la presente invención es proponer una variante de rodete de compresor en la que la resistencia mecánica de la pala difiera a lo largo de la cuerda.

La invención consigue su objetivo por el hecho de que el empalme presenta una forma que evoluciona de manera continua a lo largo de la cuerda, siendo el empalme una porción de una elipse.

- 40 Esta evolución de forma es elegida en función de la evolución de resistencia mecánica, a nivel de la pala o relativa entre pala y disco que se desee obtener a lo largo de la cuerda.

Dicho de otro modo, la variación de la forma de la curva que constituye el empalme es continua a lo largo de la cuerda, gracias a lo cual la resistencia mecánica de la pala evoluciona igualmente de modo continuo a lo largo de la cuerda.

- 45 De manera ventajosa, puede tratarse de una misma elipse o bien de una elipse cuyos ejes mayor y menor varían cuando se desplaza según la cuerda.

De acuerdo con otra variante, el empalme curvo está constituido por dos porciones que tienen dos radios distintos que evolucionan de modo continuo a lo largo de la cuerda y que se invierten entre el borde de ataque y el borde de fuga.

- 50 Ventajosamente, la elipse presenta un eje mayor y un eje menor, estando conformado el empalme de tal modo que, en el borde de ataque, el eje mayor de la elipse es sensiblemente paralelo al flanco de la pala, mientras que, en el borde de fuga, el eje mayor de la elipse es sensiblemente perpendicular al flanco de la pala.

5 Esta conformación elíptica de evolución continua presenta varios intereses: un primer interés es mejorar la resistencia mecánica de la pala en su borde de ataque conservando un mismo espesor de pala (disminución del coeficiente de concentración de tensiones o K_t en la zona de empalme a la pala). Un segundo interés es reducir el espesor de la pala en su borde de ataque al tiempo que se conserva una misma resistencia mecánica, gracias a lo cual se reduce ventajosamente la masa del rodete.

Más aún, la reducción del espesor de la pala en su borde de ataque permite ventajosamente mejorar el rendimiento del compresor.

10 Un tercer interés es facilitar una pala cuya resistencia mecánica en su borde de fuga esté sensiblemente reducida con respecto a una conformación en la que el empalme en el borde de fuga fuera idéntico al del borde de ataque. De hecho, de modo más preciso se reduce la resistencia mecánica relativa entre la pala y el disco del cubo en el borde de fuga. Gracias a la presente invención, se disminuye la resistencia mecánica de la pala (lado del eje menor de la elipse de empalme) y simultáneamente se aumenta la resistencia mecánica del disco (lado del eje mayor de la elipse de empalme). Gracias a lo cual, el rodete de compresor de acuerdo con la invención puede satisfacer las normas anteriormente mencionadas que recomiendan que la pala ceda antes que el disco del cubo del rodete.

15 Un cuarto interés es que el empalme elíptico en el borde de fuga, en el cual el eje mayor es sensiblemente perpendicular al flanco de la pala, permite disminuir la intensidad de la estela que se forma en pie de pala, a consecuencia de lo cual se mejora todavía el rendimiento del compresor.

De manera preferente, la relación entre el eje mayor y el eje menor de la elipse está comprendido entre 1,1 y 4.

20 Preferentemente, esta relación es sensiblemente igual a 2. Para este valor, los inventores han constatado una mejora sensible de la resistencia mecánica a espesor de pala constante en el borde de ataque, al tiempo que se reduce suficientemente la resistencia mecánica de la pala en el borde de fuga para respetar las normas en vigor (Documento EASA 'Certification Specifications for Engines', párrafo AMC E 520).

De manera preferente, la evolución del empalme es realizada haciendo evolucionar de modo continuo los valores de los ejes de la elipse.

25 Así, recorriendo la cuerda entre el borde de ataque y el borde de fuga, el eje menor de la elipse aumenta, mientras que su eje mayor disminuye, de tal modo que la elipse en el borde de fuga corresponde a la elipse en el borde de ataque, girada 90° .

Dicho de otro modo, haciendo evolucionar los ejes de la elipse a lo largo de la cuerda, se acaba por invertirla.

30 La elipse de empalme presenta un eje mayor a lo largo de la pala y un eje menor a lo largo del cubo en el borde de ataque y un eje mayor a lo largo del cubo y un eje menor a lo largo de la pala en el borde de fuga. De manera más general, los valores del eje mayor y del eje menor pueden ser diferentes en el borde de ataque y borde de fuga, evolucionando sus valores de modo continuo entre el borde de ataque y el borde de fuga.

Resulta así que, considerada según la cuerda de la pala, la porción de la elipse que constituye el empalme evoluciona de modo continuo entre el borde de ataque y el borde de fuga.

35 La invención concierne además a un compresor centrífugo que comprenda un rodete de compresor de acuerdo con la invención.

Por compresor centrífugo, se entiende, en el sentido de la invención, los compresores en los cuales la dirección del flujo de gas que sale está inclinada entre 0° y 30° con respecto a una dirección ortogonal al eje de rotación del rodete.

40 La invención se refiere finalmente a una turbomáquina que comprenda un compresor centrífugo o del tipo mixto en el cual el borde de fuga esté inclinado con respecto a la dirección ortogonal al eje de rotación del rodete de acuerdo con la presente invención.

45 La invención se comprenderá mejor y sus ventajas se pondrán de manifiesto mejor en la lectura de la descripción que sigue, de un modo de realización indicado a título de ejemplo no limitativo. La descripción se refiere a los dibujos anejos, en los cuales:

- la figura 1 es una vista general de un turbomotor de helicóptero que comprende un compresor centrífugo provisto de un rodete de acuerdo con la invención;
- la figura 2A es una vista en perspectiva del rodete de compresor centrífugo de la figura 1;
- la figura 2B es una semivista en corte axial del rodete de la figura 2A;
- 50 - la figura 3 es una vista esquemática del borde de ataque de una pala del rodete de la figura 2A, considerada en un plano ortogonal a la cuerda de la pala; y

- la figura 4 es una vista esquemática del borde de fuga de la pala de la figura 3, considerada en un plano ortogonal a la cuerda de la pala.

5 El rodete de compresor de acuerdo con la presente invención puede ser utilizado en un compresor de tipo mixto, o en un compresor de tipo centrífugo. Sin embargo, la invención será ilustrada aquí a título de ejemplo a partir de un compresor centrífugo de una turbina de gas de helicóptero.

La figura 1 representa una turbina de gas 10 de un helicóptero (no representado aquí), que comprende una entrada de aire fresco 12 para la alimentación de una etapa de compresión 14. Esta última está constituida en este caso por un único compresor 16 que comprende un rodete 18 y por un difusor centrífugo 19, por otra parte conocido

10 El rodete 18 está montado sobre un árbol 20 que es arrastrado en rotación por una turbina 22. Generalmente, el rodete 18 está formado en una sola pieza y es obtenido por mecanizado de un bloque bruto, generalmente de titanio o de inconel.

Como se ve mejor en las figuras 2A y 2B, el rodete 18 comprende una pluralidad de palas principales 24 que se extienden desde un disco 26a de un cubo 26. De modo más preciso, cada una de las palas 24 comprende un cuerpo de pala 24c que se extiende entre un pie de pala 24a y una cabeza 24b.

15 Más aún, cada una de las palas 24 se extiende según una cuerda 25 definida entre un borde de ataque 28 y un borde de fuga 30. El rodete 18 comprende además palas secundarias 24' más cortas que las palas principales 24 y cuyos bordes de ataque están retirados con respecto a los de las palas principales 24.

20 El enlace entre cada una de las palas 24 y el cubo 26 del rodete 18 es realizado en el lugar del pie de pala 24a, según un empalme 27 que forma una curva. Este empalme corresponde a la forma local del pie de pala que une el cuerpo de la pala con el cubo 26.

Con la ayuda de las figuras 3 y 4, se va a describir ahora más en detalle el empalme evolutivo de acuerdo con la presente invención.

25 La figura 3 es una vista esquemática en corte del borde de ataque 28 de una de las palas 24, considerada en un plano ortogonal a la cuerda 25. La vista es esquemática porque se ha representado aquí una pala recta con fines de simplicidad, mientras que generalmente las palas de compresor centrífugo están inclinadas. Además, las alturas de palas en el borde de ataque y borde de fuga, los espesores de pala o de cubo son esquemáticos y no representativos.

30 Como se ve en esta figura, el empalme 27 en el lado del intradós 32 presenta la forma de una curva y, de modo más preciso, de una primera porción P de una elipse E1 que está representada aquí en línea de puntos. Esta elipse pertenece por tanto al plano de la figura 3.

Se constata que la elipse E1 es tangente al cubo 26 por una parte, y al flanco 24d de la pala 24 por otra, de modo que el empalme 27 es a su vez tangente a la pala 24 y al cubo 26.

Por otra parte, esta elipse E1 presenta un centro O, un eje mayor a y un eje menor b ortogonales uno al otro.

35 De acuerdo con la invención, el empalme 27 está conformado de tal modo que el eje mayor a de la elipse E1 es sensiblemente paralelo al flanco 24d de la pala 24 en la zona del borde de ataque 28.

En la figura 3, el punto A representa el punto de tangencia de la elipse E1 con la pala 24, mientras que el punto B representa el punto de tangencia de la elipse E1 con el cubo 26.

En esta conformación del empalme 27, se ha constatado que la resistencia mecánica de la pala 24 en este lugar de la cuerda 25 es particularmente buena, en comparación con una configuración clásica con radio de acuerdo.

40 En el caso en que la pala 24 no sea ortogonal al cubo 26, la primera porción P de la elipse E1 será elegida aquí también de manera que el empalme 27 sea tangente al cubo 26 y al flanco 24d de la pala 24.

La figura 4 es una vista esquemática en corte del borde de fuga 30 de la pala 24 de la figura 3, considerada en un plano ortogonal a la cuerda 25.

45 Como se ve en esta figura, el empalme 27 en el lado del intradós (y aquí también preferentemente en el lado del extradós) 32 presenta la forma de una curva y, de modo más preciso, de una segunda porción Q de una elipse E2. Esta elipse pertenece por tanto al plano de la figura 4. Se constata que la elipse E2 corresponde a la elipse E1 girada 90°.

La elipse E2 es tangente al cubo 26 por una parte, y al flanco 24d de la pala 24 por otra, de modo que el empalme 27 es a su vez tangente a la pala 24 y al cubo 26.

En esta figura 4, el punto A representa el punto de tangencia de la elipse E2 con la pala 24, mientras que el punto B representa el punto de tangencia de la elipse E2 con el cubo 26.

5 A diferencia de la figura 3, el eje mayor a es sensiblemente perpendicular al flanco 24d de la pala 24. En esta conformación del empalme 27, la resistencia mecánica en este lugar de la cuerda 25 es menor que en el borde de ataque 28 de la pala 24.

Se deduce que en el borde de ataque (véase la figura 3), la zona situada alrededor del punto A presenta una resistencia mecánica mejorada, mientras que la resistencia mecánica de la zona situada alrededor del punto B disminuye. Esta última disminución de la resistencia mecánica es sin embargo sin consecuencia porque a nivel del borde de ataque 28, el cubo es grueso y está muy poco solicitado.

10 A la inversa, en el borde de fuga 30 (véase la figura 4), la zona situada alrededor del punto A presenta una resistencia mecánica disminuida mientras que la zona situada alrededor del punto B presenta una resistencia mecánica mejorada.

15 Así, de manera ventajosa, se obtiene a la vez una resistencia mecánica en borde de ataque mejorada 28 (con respecto a una configuración clásica con radio de acuerdo e igual sección de paso) y una cronología de rotura (rotura de la pala antes que la rotura del disco) mejorada en el borde de fuga 30.

En el caso en que la pala 24 no es ortogonal al cubo 26, la segunda porción Q de la elipse E2 será elegida aquí también de manera que el empalme 27 sea tangente al cubo 26 y al flanco 24d de la pala 24.

Preferentemente, la relación entre el eje mayor a y el eje menor b está comprendida entre 1,1 y 4, en este caso aproximadamente 2.

20 Se comprende por tanto que las figuras 3 y 4 representan la forma del empalme 27 en dos extremidades de la pala 24, a saber en su borde de ataque 28 y en su borde de fuga 30.

Entre estas dos posiciones terminales, la forma del empalme evoluciona de manera continua, debido a la evolución continua de los valores de los ejes a, b de la elipse a fin de obtener una transición suave entre dos formas de el empalme sensiblemente diferentes.

25 Para hacer esto, el empalme 27 evoluciona haciendo evolucionar de modo continuo los valores de los ejes de la elipse, entre el borde de ataque 28 y el borde de fuga 30. Dicho de otro modo, en cada punto de la cuerda 25, el empalme 27 constituye una porción de una elipse. Se deduce que la evolución continua de los valores de los ejes de la elipse conduce a la evolución continua del empalme elíptico 27 a lo largo de la cuerda.

30 En cualquier caso, el empalme 27 está conformado para ser tangente a la vez al flanco 24d de la pala 24 y al cubo 26, y esto en cualquier punto de la cuerda 25, a la vez en el lado del intradós y del extradós.

Preferentemente, para una misma cuerda, la elipse de empalme del extradós es idéntica a la del intradós.

En lo que sigue, se presentan otras ventajas relacionadas con la presente invención.

35 En primer lugar, la forma particular en el borde de fuga 30, tal como está representada en la figura 4, permite ventajosamente mejorar la resistencia a la erosión del rodete gracias al aumento de la cantidad de material en el pie de pala donde tiene lugar la erosión.

En segundo lugar, la forma particular en el borde de ataque 28 (véase la figura 3) permite reducir el coeficiente de concentración de tensiones de tal manera que las palas 24, 24' presentan una resistencia mejorada frente a la introducción posible de cuerpos extraños en el rodete.

40 En tercer lugar, la conformación del empalme de las palas al rodete permite disminuir el espesor axial del disco 26b del cubo 26, gracias a lo cual se mejora la duración de la vida de servicio y el margen al estallido del disco 26a.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Rodete de compresor (18) que comprende al menos una pala (24) unida a un cubo (26) del rodete por un empalme (27) de forma curva, extendiéndose la citada pala según una cuerda (25) definida entre un borde de ataque (28) y un borde de fuga (30) de la pala, presentando el empalme (27) una forma que evoluciona de manera continua a lo largo de la cuerda, caracterizado por que el empalme (27) es una porción (P, Q) de una elipse (E1, E2).
2. Rodete de compresor de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la elipse presenta un eje mayor (a) y un eje menor (b), estando conformado el empalme (27) de tal modo que, en el borde de ataque (28), el eje mayor (a) de la elipse (E1) es sensiblemente paralelo al flanco (24d) de la pala (24), mientras que, en el borde de fuga (30), el eje mayor (a) de la elipse (E2) es sensiblemente perpendicular al flanco de la pala.
- 10 3. Rodete de compresor de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por que la relación entre el eje mayor (a) y el eje menor (b) está comprendida entre 1,1 y 4.
4. Rodete de compresor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la evolución del empalme (27) es realizada haciendo evolucionar de modo continuo la longitud de los ejes de la elipse.
5. Compresor centrífugo (16) que comprende un rodete de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.
- 15 6. Turbomáquina (10) que comprende un compresor (16) de acuerdo con la reivindicación 5.

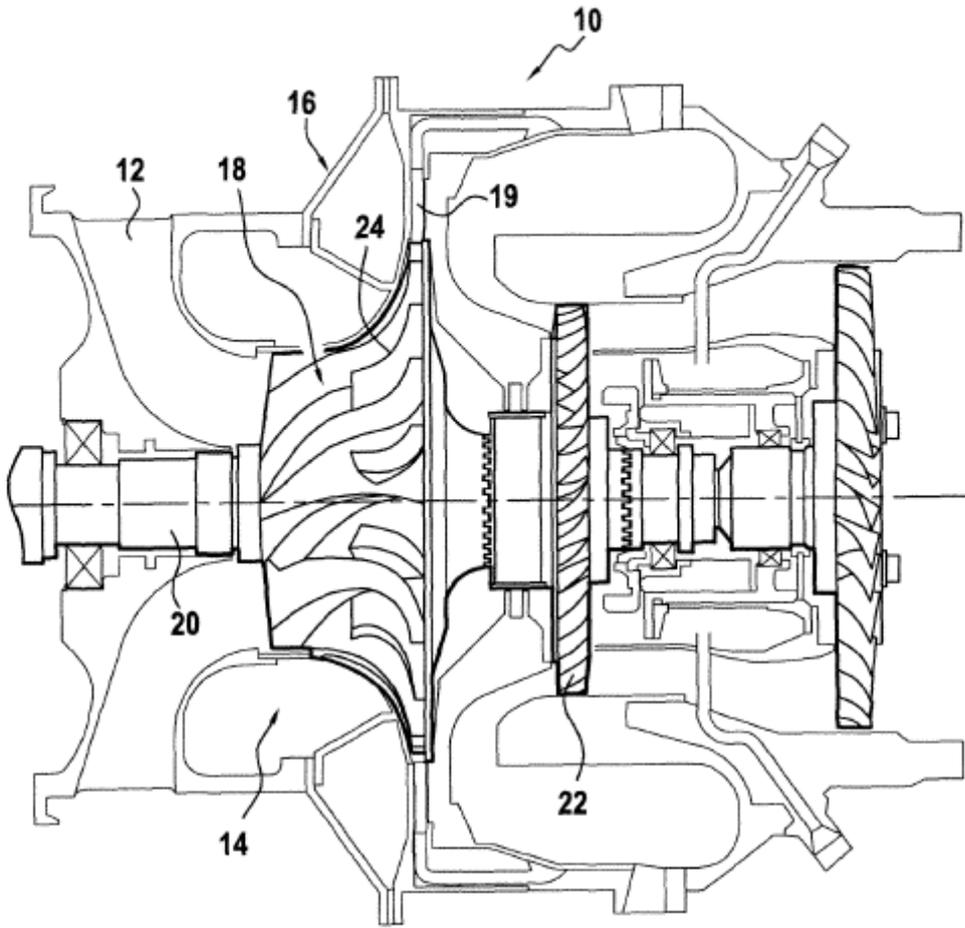


FIG. 1

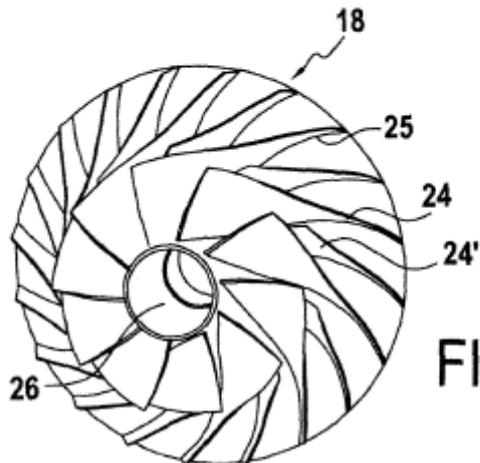


FIG. 2A

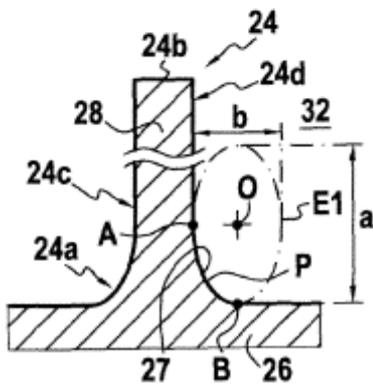
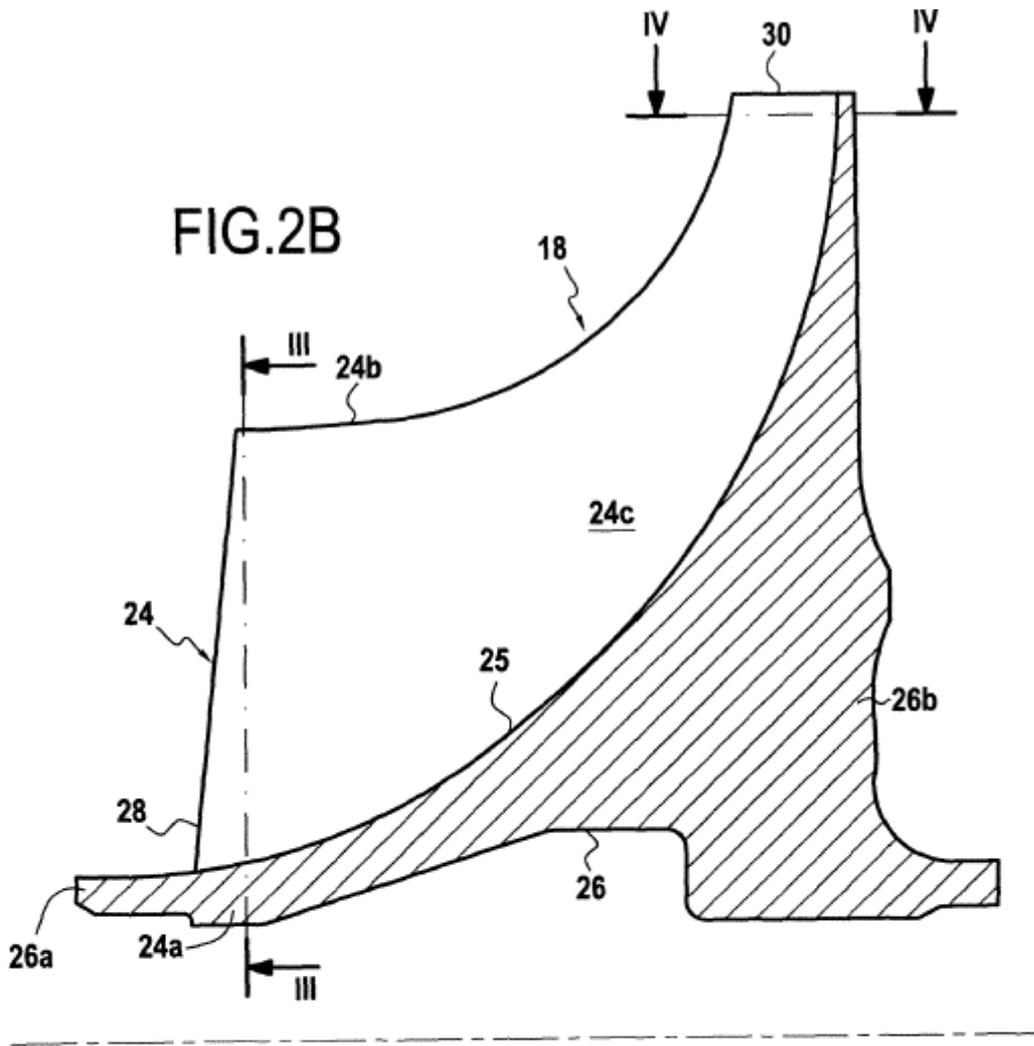


FIG.3

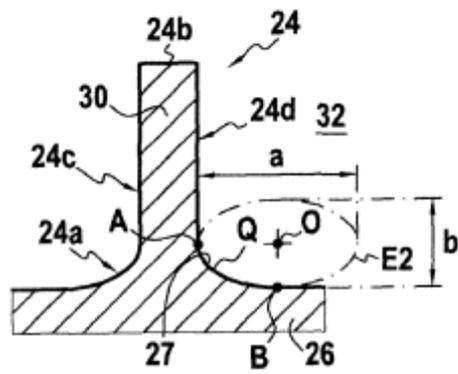


FIG.4