(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 573 335**

(51) Int. Cl.:

F04D 29/28 (2006.01)
F04D 29/30 (2006.01)
F04D 29/44 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.05.2012** **E 12728683 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016** **EP 2715146**

(54) Título: **Impulsor de compresor centrífugo**

(30) Prioridad:

23.05.2011 FR 1154461

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.06.2016

(73) Titular/es:

TURBOMECA (100.0%)
64510 Bordes, FR

(72) Inventor/es:

HERRAN, MATHIEU y
TARNOWSKI, LAURENT PIERRE

(74) Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 573 335 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

Impulsor de compresor centrífugo

Antecedentes de la invención

La presente invención concierne al ámbito de los compresores centrífugos.

La invención concierne de modo más particular a un impulsor de compresor centrífugo que comprende un plato y álabes solidarios del plato en una cara delantera del plato, teniendo cada uno un borde de ataque y un borde de fuga, así como a un compresor centrífugo que comprenda dicho impulsor, y a una turbomáquina que comprenda tal compresor centrífugo. Se entiende por turbomáquina, en este contexto, máquinas tales como por ejemplo, turborreactores de simple o doble flujo, turbopropulsores, turbomotores y/o turbcompresores.

En la descripción que sigue los términos « aguas arriba » y « aguas abajo » son definidos con respecto al sentido de flujo normal de fluido a través del compresor. Los términos « delante », « detrás », «axial » y « radial » son definidos con respecto al eje de rotación del impulsor.

Un compresor centrífugo comprende normalmente una parte fija y una parte giratoria denominada impulsor y que comprende los álabes giratorios del compresor. En funcionamiento, el impulsor gira típicamente a una velocidad elevada. Éste por tanto está sometido a tensiones de orden centrífugo.

La forma del impulsor de un compresor centrífugo viene impuesta por el flujo del fluido a través del compresor. Típicamente, en un compresor centrífugo de este tipo, el fluido entra en el compresor en una dirección sensiblemente axial, es decir paralela al eje de rotación del impulsor. La vena y los álabes giratorios dirigen el fluido radialmente hacia el exterior, de tal manera que el fluido abandona el impulsor en una dirección sensiblemente ortogonal al eje de rotación del impulsor. Los álabes tienen así bordes de ataque sensiblemente radiales y bordes de fuga sensiblemente axiales, más alejados del eje de rotación del impulsor en dirección radial y situados axialmente detrás de los bordes de ataque.

El plato solidariza los álabes giratorios entre sí y con el árbol del compresor. Para esto, cada uno de los álabes es solidario del plato y está situado en una cara delantera de este plato. El plato sirve también para delimitar el pie de la vena de flujo del fluido a través del impulsor. Así éste es normalmente asimétrico y está curvado progresivamente hacia el exterior en la dirección axial. Por esta forma del plato y de los álabes, la aceleración centrífuga genera un par de flexión sobre el impulsor que tiende a flexionar la periferia del impulsor hacia delante. Este par de flexión aumenta de manera continua de la periferia del impulsor hacia la conexión del plato con el árbol del compresor, y obliga a mantener holguras importantes a régimen parcial que penalizan las prestaciones de la máquina. A fin de resistir este par, se ha propuesto típicamente reforzar el plato y los medios de fijación del impulsor al árbol giratorio. Sin embargo, reforzar de tal manera las partes giratorias de un impulsor de compresor impone una penalidad de masa muy importante, porque la masa que se añadirá en la proximidad de la vena de aire necesitará por otra parte un aumento del ánima del impulsor.

Con el fin de evitar este inconveniente, se ha propuesto, en la patente US 4.060.337, suprimir en gran parte el plato del impulsor y unir los álabes únicamente en la base y en la periferia. Sin embargo, este compresor padece de una disminución importante de las prestaciones aerodinámicas del impulsor por circulación del intradós al extradós de cada álabe.

En la solicitud de patente británica GB 2472621 A, se ha propuesto unir el impulsor al árbol giratorio a través de dos llantas con un desplazamiento axial a fin de limitar la presencia de material en el impulsor únicamente en las zonas funcionales. La solicitud de patente americana US 2010/0098546 A1 propone hacer el plato del impulsor hueco en su periferia, de manera que la masa de la periferia del impulsor sea limitada y esté situada de modo óptimo, lo que permite optimizar el compresor. Sin embargo, las reducciones de masa que pueden obtenerse de estas dos maneras están penalizadas por la dificultad de fabricación de la pieza final monobloque.

La patente alemana DE 906 975 propone un impulsor cuyo plato está más adelantado en dirección axial en la periferia que en un diámetro intermedio del impulsor. Sin embargo, este impulsor necesita también un plato de refuerzo fijado a las cabezas de álabe, a fin de restringir la deformación de la periferia del impulsor en dirección axial, lo que puede ser difícil de adaptar a un compresor existente o a una turbomáquina en el ámbito aeronáutico, en el cual la restricción de las masas es una de las principales prioridades. La solicitud de patente americana US 2007/0077147 A1 y la patente británica GB 553.747 ilustran otros impulsores de platos adelantados en la periferia, pero que sin embargo no son propuestos para resolver el problema de la deformación axial del impulsor a regímenes elevados.

Objeto y resumen de la invención

La presente invención está destinada a poner remedio a estos inconvenientes. De acuerdo con un primer aspecto, un punto de intersección del borde de fuga y del pie del álabe está más adelantado que el pie de álabe en un diámetro intermedio del impulsor. En particular, éste puede estar más adelantado al menos un semiespesor de plato. Además, un punto de intersección del borde de fuga y de la cabeza de álabe está también más adelantado que la cabeza de álabe en un diámetro intermedio del impulsor. De esta manera, el par de flexión en la periferia del impulsor se invierte, y su

valor absoluto máximo se reduce, lo que limita las deformaciones del impulsor en dirección axial, al tiempo que mantiene un buen rendimiento aerodinámico.

De acuerdo con un segundo aspecto, en la periferia del impulsor, la cara delantera está orientada en dirección sensiblemente radial. Se obtiene así una rectificación del flujo del fluido a la salida del impulsor que permite la utilización de un difusor radial clásico aguas abajo del impulsor.

De acuerdo con un tercer aspecto, el impulsor comprende además una llanta unida a una cara trasera del plato y apta par ser fijada al árbol giratorio. En particular, la llanta puede comprender un vástago de fijación radial. Puede obtenerse así una fijación eficaz y comparativamente ligera del impulsor al árbol giratorio del compresor.

De acuerdo con un cuarto aspecto, el compresor centrífugo comprende además una tapa que recubre los álabes de manera que delimita, con el plato, una vena de fluido entre los bordes de ataque y los bordes de fuga de los álabes. Las pérdidas aerodinámicas del compresor centrífugo pueden reducirse así sensiblemente limitando de esta manera un rebosamiento del fluido del intradós al extradós de cada álabe. En particular, la tapa puede comprender entonces al menos un punto de fijación más próximo a los bordes de fuga de los álabes del impulsor que a los bordes de ataque de los álabes del impulsor. Como el desplazamiento axial de la periferia radial del impulsor a régimen elevado puede ser limitado por la no biyectividad en dirección axial de la curva formada por la cara delantera del plato, la fijación axial de la tapa puede estar situada más próxima a la periferia del impulsor, lo que permite limitar la holgura entre la tapa y los álabes del impulsor en la periferia del impulsor en regímenes parciales y así aumentar el rendimiento aerodinámico. Alternativamente, la tapa puede ser solidaria de los álabes, de manera que formen un impulsor embridado.

Breve descripción de los dibujos

La invención será comprendida bien y sus ventajas se pondrán de manifiesto mejor, con la lectura de la descripción detallada que sigue, de modos de realización representados a título de ejemplos no limitativos. La descripción se refiere a los dibujos anejos, en los cuales:

- la figura 1 es un corte longitudinal esquemático de una turbomáquina que comprende un compresor centrífugo;
- la figura 2 es un corte longitudinal de un impulsor de compresor centrífugo de la técnica anterior;
- la figura 3 es un corte longitudinal de un compresor centrífugo de acuerdo con un primer modo de realización de la invención;
- la figura 4 es un corte longitudinal de un impulsor de compresor centrífugo de acuerdo con un segundo modo de realización de la invención.

Descripción detallada de la invención

Una turbomáquina, de modo más específico en forma de un turbomotor 1, está ilustrada esquemáticamente a título explicativo en la figura 1. Este turbomotor 1 comprende, en el sentido de flujo de un fluido de trabajo, un compresor axial 2, un compresor centrífugo 3, una cámara de combustión 4, una primera turbina axial 5, y una segunda turbina axial 6. Además, el turbomotor 1 comprende también un primer árbol giratorio 7 y un segundo árbol giratorio 8 coaxial con el primer árbol giratorio 7.

El segundo árbol giratorio 8 une el compresor axial 2 y el compresor centrífugo 3 a la primera turbina axial 5, de manera que la expansión del fluido de trabajo en esta primera turbina axial 5 aguas abajo de la cámara de combustión 4 sirve para accionar los compresores 2 y 3 aguas arriba de la cámara de combustión 4. El primer árbol giratorio 7 une la segunda turbina axial 6 a una salida de potencia 9 situada aguas abajo y/o aguas arriba de la máquina, de tal manera que la expansión subsiguiente del fluido de trabajo en la segunda turbina axial 6 aguas abajo de la primera turbina axial 5 sirve para accionar la salida de potencia 9.

Así, las compresiones consecutivas del fluido de trabajo en los compresores axial 2 y centrífugo 3, seguidas de un recalentamiento del fluido de trabajo en la cámara de combustión 4, y su expansión en la segunda turbina axial 6 permiten la conversión de una parte de la energía térmica introducida por la combustión en la cámara de combustión 4 en trabajo mecánico extraído por la salida de potencia 9. En la turbomáquina ilustrada, el fluido motor es aire, al cual se añade y en el cual se quema un carburante en la cámara de combustión 4, carburante tal como, por ejemplo, un hidrocarburo.

En funcionamiento, los árboles giratorios 7 y 8 giran a velocidades del orden de 5000 a 60000 vueltas por minuto. Las partes giratorias de los compresores 2 y 3 y de las turbinas 5 y 6 están sometidas por tanto a esfuerzos importantes por las fuerzas centrifugas. Volviendo ahora a la figura 2, se puede apreciar cómo actúan estas fuerzas centrífugas sobre el impulsor 101 de un compresor centrífugo clásico conocido por el especialista en la materia. Este impulsor 101 comprende un plato 102 sensiblemente asimétrico y que presenta una cara delantera 103 y una cara trasera 104. Los álabes 105 están fijados por los pies de álabe 115 a la cara delantera 103 del plato 102. Cada álabe 105 presenta también una cabeza de álabe 116 opuesta al pie de álabe 115, un borde de ataque 106 con una orientación sensiblemente radial y un borde de fuga 107 con una orientación sensiblemente axial, situado radialmente al exterior y

axialmente detrás del borde de ataque 106. Así pues, en funcionamiento, el fluido de trabajo es aspirado por el frente 108 de impulsor 101 y dirigido por los álabes 105 hacia la periferia 109 del impulsor 101, según una vena de fluido definida en el interior por el plato 102 y en el exterior por una tapa no giratoria 110 del compresor centrífugo próxima a las cabezas de álabe 116.

En su cara trasera, el plato 102 es solidario de una llanta 111 con un vástago de fijación al árbol giratorio. La llanta 111 y el vástago definen así un plano A de transmisión de los esfuerzos radiales del impulsor 101 al árbol giratorio. A causa de las altas velocidades de rotación del impulsor 101, las fuerzas centrífugas ejercidas sobre el impulsor 101 representan una parte preponderante de estos esfuerzos radiales. Sin embargo, como la fuerza centrifuga F_c es proporcional al cuadrado de la velocidad angular de rotación ω multiplicada por la distancia al eje de rotación X del impulsor 101, según la fórmula $\omega^2 r$, las fuerzas centrífugas ejercidas sobre la periferia 109 del impulsor 101 serán preponderantes. Así, en el impulsor 101 clásico ilustrado, las fuerzas centrífugas F_c que actúan sobre la periferia 109 del impulsor 101 crearán un par de flexión M_F en el impulsor 101 que tiende a bascular la periferia 109 del impulsor 101 hacia delante. Este par de flexión M_F aumenta continuamente de la periferia 109 del impulsor 101 a la unión del plato 102 con la llanta 111. A fin de limitar la flexión del impulsor 101, el plato 102, la llanta 111 y el vástago deben ser reforzados, lo que se traduce en un aumento considerable de la masa total del impulsor 101. Además, para acomodar el desplazamiento hacia la parte delantera de la periferia 109 del impulsor 101, es necesario normalmente disponer en la periferia del impulsor 101 una holgura importante d_p a régimen parcial entre las cabezas de álabe 105b y la tapa 110, lo que se traduce en pérdidas aerodinámicas importantes, o incluso disponer estructuras de fijación de la tapa 110 bastante complejas, a fin de inducir un desplazamiento de la tapa 110 hacia delante durante un aumento de régimen del compresor.

La figura 3 muestra el compresor centrífugo 3 con un impulsor 201 de acuerdo con un primer modo de realización de la invención. Este impulsor 201 comprende también un plato 202 sensiblemente asimétrico y que presenta una cara delantera 203 y una cara trasera 204. Como en el impulsor ilustrado en la figura 2, los álabes 205 están fijados por los pies de álabe 215 a la cara delantera 203 del plato 202 y presentan cada uno también una cabeza de álabe 216 opuesta al pie de álabe 215, un borde de ataque 206 con una orientación sensiblemente radial y un borde de fuga 207 con una orientación sensiblemente axial, situado radialmente al exterior y axialmente detrás del borde de ataque 206. Alrededor de la periferia del impulsor 201, el compresor 3 comprende un difusor radial 212 clásico con álabes de rectificación 213. Así pues, en funcionamiento, el fluido de trabajo es aspirado también por el frente 208 del impulsor 201 y dirigido por los álabes 205 hacia la periferia 209 del impulsor 201, según una vena de fluido definida en el interior por el plato 202 y en el exterior por la tapa no giratoria 210, para llegar al difusor radial 212.

En su cara trasera, el plato 202 es también solidario de una llanta 211 con un vástago de fijación al árbol giratorio. Sin embargo, en este impulsor 201, el plato 202 está curvado de manera que a partir de un diámetro intermedio D_i un segmento periférico del plato 202 está inclinado hacia delante, presentando una cara delantera 203 cóncava. Así, en la periferia 209 del impulsor 201, esta cara delantera 203 está adelantada una distancia L con respecto al diámetro intermedio D_i. Esta distancia L es sustancial, y en particular la misma es superior a la mitad del espesor d del plato 202 en la periferia 209 del impulsor 201. En consecuencia, en un segmento periférico 202c vuelto hacia delante, los esfuerzos centrífugos Fc generan un par de flexión M_F que tiende a flexionar este segmento periférico 202c, no hacia delante, sino en sentido puesto, hacia atrás. El módulo de este par de flexión M_F aumenta a partir de la periferia 209 hasta el diámetro intermedio D_i, donde alcanza un máximo local. A continuación, el mismo disminuye sin embargo hasta eventualmente invertirse el sentido del par de flexión M_F. De esta manera, como el par de flexión M_F no aumenta continuamente de la periferia 209 a la unión del plato 202 con la llanta 211, el mismo alcanza niveles sensiblemente menores que en el impulsor 101 del estado de la técnica, permitiendo así la utilización de una llanta 211 y un vástago de fijación más ligeros. Además, como el desplazamiento axial de la periferia 209 del impulsor 201 es reducido, la holgura d_p entre la corona de los álabes 205 en la periferia del impulsor 201 y la tapa 210 puede ser también reducida, y esta tapa 210 puede quedar fijada de manera comparativamente rígida a un punto de fijación 214 más próximo a la parte trasera de la tapa 210 y por tanto a los bordes de fuga 207 que a la parte delantera de la tapa 210 y a los bordes de ataque 206.

Una ventaja adicional reside en el volumen axial reducido del impulsor 201, y en particular en la distancia axial reducida entre la entrada del fluido de trabajo al frente del impulsor 201 y su salida en la periferia 209 de impulsor 201. En particular, en una turbomáquina tal como el turbomotor 1 ilustrado en la figura 1, esto permite adelantar sensiblemente los elementos aguas abajo del compresor, es decir, en el modo de realización ilustrado, las partes calientes como la cámara de combustión 4, y la primera y segunda turbinas axiales 5 y 6, para así reducir el volumen axial global de la turbomáquina.

En el modo de realización ilustrado en la figura 3, el borde exterior del segmento periférico 202c del plato 202 está curvado de manera que la cara delantera 203 del plato 202 se reorienta en dirección radial, y así se rectifica la vena de fluido en dirección radial para poder utilizar el difusor radial 212 clásico ilustrado. Sin embargo, en un modo de realización alternativo, ilustrado en la figura 4, en la cual cada elemento equivalente recibe la misma cifra de referencia que en la figura 3, la vena de fluido no es rectificada en dirección radial, lo que permite facilitar la producción del impulsor, aun cuando el difusor aguas abajo del impulsor deberá ser adaptado.

Un compresor centrífugo con un impulsor 201 tal como los ilustrados en las figuras 3 y 4 puede ser utilizado, entre otros, en turbomáquinas tales como el turbomotor 1 ilustrado en la figura 1, pero también en turborreactores de simple o doble flujo, turbopropulsores, turbomotores y/o turbocompresores. Por su masa reducida, será particularmente ventajoso en

una utilización aeronáutica, tal como, por ejemplo, en la propulsión de aeronaves con planos de sustentación fijos y/o giratorios, con o sin piloto, más ligeras o más pesadas que el aire. Sin embargo, pueden ser consideradas otras aplicaciones no aeronáuticas conocidas por el especialista en la materia, tales como, por ejemplo, la propulsión de vehículos terrestres y/o marinos, incluso máquinas con cojín de aire, la generación eléctrica, las estaciones de bombeo, y/u otras aplicaciones industriales. Tal compresor centrífugo puede constituir la única etapa de un sistema de compresión, o bien una o varias etapas de un sistema de compresión de varias etapas, axiales, mixtas o centrífugas, es decir que comprendan al menos una etapa centrífuga y una etapa axial o una etapa mixta.

Aunque la presente invención haya sido descrita refiriéndose a ejemplos de realización específicos, es evidente que en estos ejemplos pueden efectuarse diferentes modificaciones y cambios sin salirse del alcance general de la invención tal como es definida por las reivindicaciones. En particular, características individuales de los diferentes modos de realización ilustrados pueden ser combinadas en modos de realización adicionales. Por consiguiente, la descripción y los dibujos deben ser considerados en un sentido ilustrativo más bien que restrictivo.

REIVINDICACIONES

1. Impulsor (201) de compresor centrífugo (3) que comprende un plato (202) y álabes (205) solidarios del plato (202) en una cara delantera (203) del plato (202), teniendo cada uno un pie de álabe (215), una cabeza de álabe (216), un borde de ataque (206) y un borde de fuga (207), estando caracterizado el impulsor (201) por que un punto de intersección del borde de fuga (207) y del pie de álabe (215) está más adelantado al menos un semiespesor de plato (202) que el pie de álabe (215) en un diámetro intermedio (D_i) del impulsor (201), y un punto de intersección del borde de fuga (207) y de la cabeza de álabe (216) está también más adelantado que la cabeza de álabe (216) en un diámetro intermedio (D_i) del impulsor (201).

2. Impulsor (201) de compresor centrífugo (3) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual, en una periferia (209) del impulsor (201), el pie de álabe (215) está orientado en dirección sensiblemente radial.

3. Impulsor (201) de compresor centrífugo (3) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, que comprende además una llanta (211) unida a una cara trasera (204) del plato (202) y apta para ser fijada a un árbol giratorio.

4. Impulsor (201) de compresor centrífugo (3) de acuerdo con la reivindicación 3, en el cual la llanta (211) comprende un vástago de fijación radial.

5. Compresor centrífugo (3) que comprende un impulsor (201) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.

6. Compresor centrífugo (3) de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además una tapa (210) que recubre los álabes (205) de manera que delimita, con el plato (202), una vena de fluido entre los bordes de ataque (206) y los bordes de fuga (207) de los álabes (205).

7. Compresor centrífugo (3) de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual la tapa (210) comprende al menos un punto de fijación (214) más próximo a los bordes de fuga (207) de los álabes (205) del impulsor (201) que a los bordes de ataque (206) de los álabes (205) del impulsor (201).

8. Compresor centrífugo (3) de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual la tapa es solidaria de los álabes (205).

9. Turbomáquina que comprende un compresor centrífugo (3) de acuerdo con una malquiera de las reivindicaciones 5 a 8.

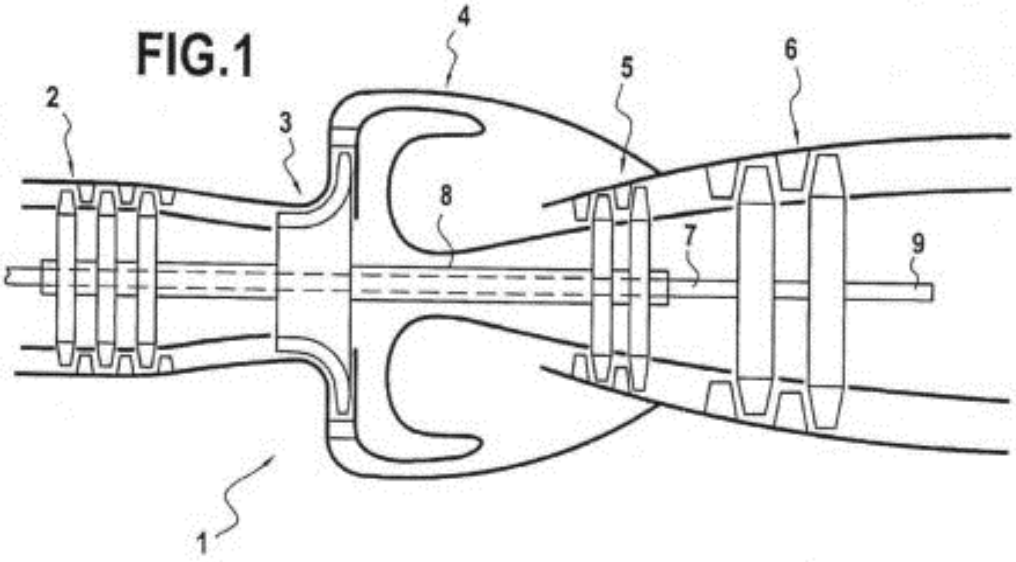
FIG.1
1
2
3
4
5
6
7
8
9

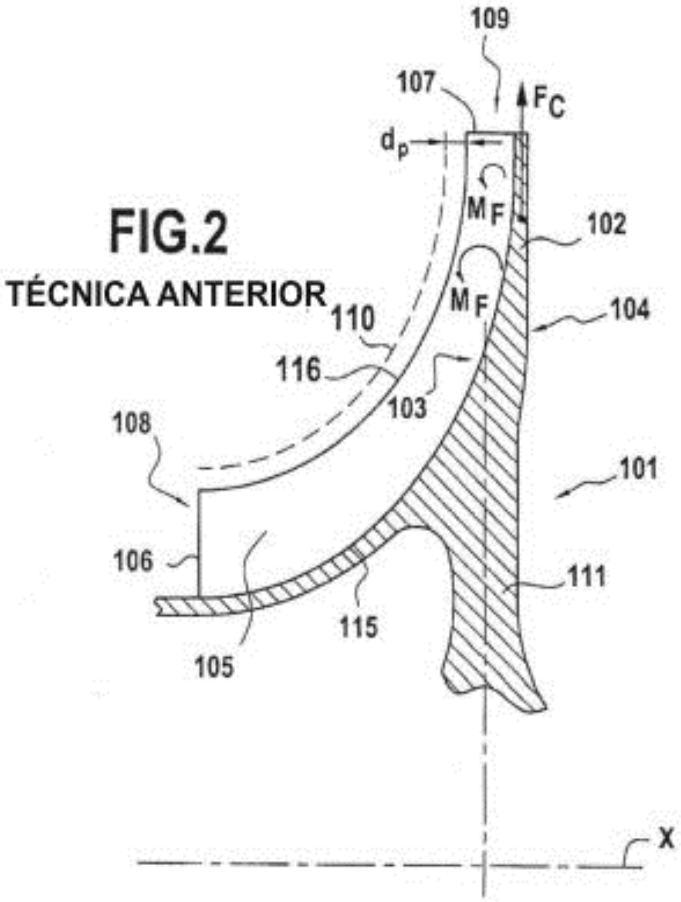
FIG.2
TÉCNICA ANTERIOR
109
107
F_C
d_p
M_F
102
M_F
104
110
116
103
108
101
106
111
115
105
X

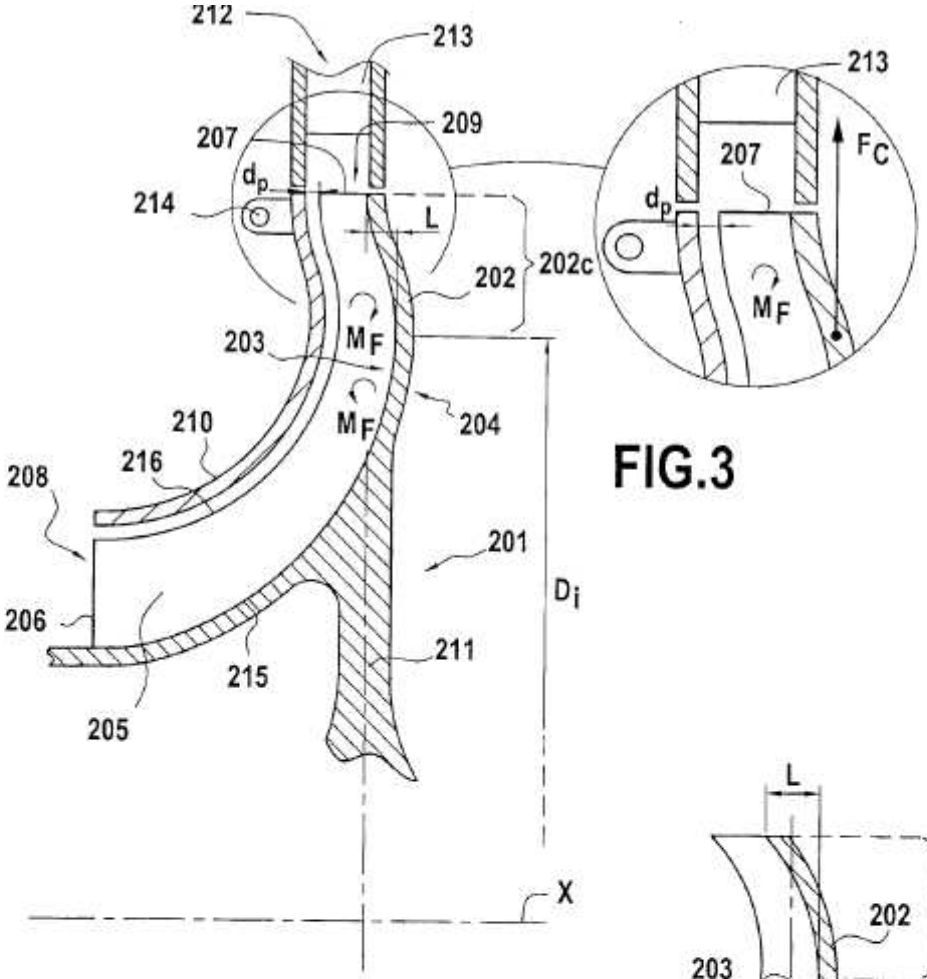
212
213
209
207
d_p
214
L
202
202c
203
M_F
M_F
204
210
216
208
201
D_i
206
211
215
205
X
213
207
F_C
d_p
M_F

FIG.3

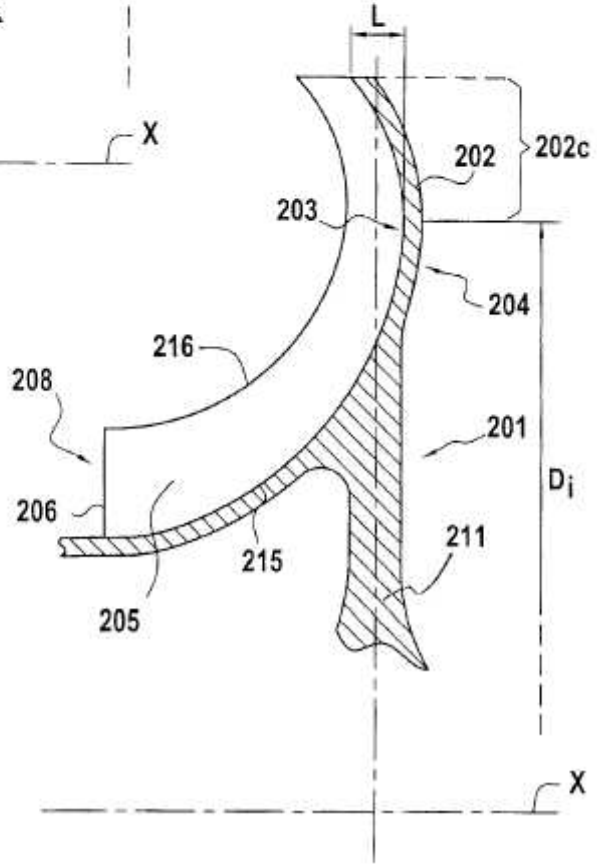
L
202
202c
203
204
216
208
201
D_i
206
211
215
205
X

FIG.4