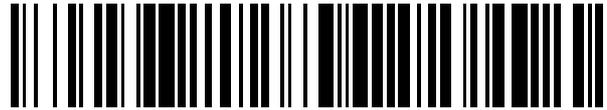


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 795**

51 Int. Cl.:

F23R 3/06 (2006.01)

F23R 3/52 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.08.2012 PCT/FR2012/051917**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.03.2013 WO13030492**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2012 E 12756782 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017 EP 2748532**

54 Título: **Pared anular de cámara de combustión de turbomáquina**

30 Prioridad:

26.08.2011 FR 1157574

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

06.11.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SAVARY, NICOLAS;
BERAT, CLAUDE;
GRIENCHE, GUY;
BERTEAU, PATRICK y
VERDIER, HUBERT, PASCAL**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 640 795 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

Pared anular de cámara de combustión de turbomáquina

Antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere al campo de las cámaras de combustión para turbomáquinas y, en particular, a las paredes anulares de cámaras de combustión de turbomáquinas, que incluyen un lado frío y un lado caliente.

Por "turbomáquina" se entiende, en el presente contexto, una máquina que permite la conversión de la energía térmica de un fluido de trabajo en energía mecánica por expansión de dicho fluido de trabajo en una turbina. En la descripción que sigue, los términos "aguas arriba" y "aguas abajo" están definidos con relación al sentido normal de circulación del fluido de trabajo dentro de la turbomáquina.

10 En particular, la presente invención se refiere a las turbomáquinas llamadas de combustión interna, en las que el fluido de trabajo de la turbina incluye al menos una parte de los productos de una combustión que ha aportado esta energía térmica al fluido de trabajo. Entre tales turbomáquinas, se hallan especialmente las turbinas de gas, los turborreactores, los turbohélices y los turboejes. Típicamente, tales turbomáquinas de combustión interna comprenden, aguas arriba de la turbina, una cámara de combustión en la que se mezcla un combustible con el fluido
15 de trabajo, típicamente aire, y se quema. De este modo, la energía química contenida en el combustible es convertida en energía térmica en la cámara de combustión, calentando así el fluido de trabajo, cuya energía térmica se convertirá, a continuación, en energía mecánica en la turbina. Típicamente, una turbomáquina de este tipo también incluye, aguas arriba de la cámara de combustión, un compresor arrastrado por un árbol rotativo común para al menos una etapa de la turbina para comprimir el aire antes de la combustión.

20 En una turbomáquina de este tipo, la cámara de combustión incluye típicamente al menos una pared anular provista de agujeros para permitir que el aire que circula por el lado frío de la pared penetre por el lado caliente de la pared. Una pared de este tipo discurre, en el sentido del flujo del fluido de trabajo, entre un fondo de la cámara de combustión, donde normalmente están situados unos inyectores de combustible, y una salida de gases de combustión. La cámara de combustión está situada típicamente en el interior de un cárter de generador de gas, el
25 cual está comunicado con el compresor para recibir, dentro de este último, aire presurizado.

En una cámara de combustión de este tipo, el caudal de aire a través de estos agujeros cumple varias misiones. En una primera zona, llamada zona primaria, próxima al fondo de la cámara y, por tanto, a los inyectores, la pared incluye al menos un agujero llamado primario y que principalmente sirve para alimentar con aire la reacción de
30 combustión con el combustible inyectado por los inyectores. No obstante, el aire que entra a la cámara de combustión a través de agujeros situados en una segunda zona más aguas abajo, llamada zona de dilución, sirve principalmente para diluir los gases de combustión, para, así, disminuir su temperatura a la salida de la cámara de combustión y, con ello, limitar los requerimientos térmicos sobre la turbina aguas abajo de la cámara de combustión.

35 El documento EP 1811231 A2 describe una cámara de combustión de turbomáquina de este tipo que tiene paredes anulares con tres tipos de agujeros diferentes para el paso de aire al interior de la cámara de combustión. Unos agujeros primarios alimentan la combustión con aire primario. El aire que pasa por unos agujeros de dilución sirve para diluir los gases de combustión resultantes de la combustión con el aire primario. Unos agujeros de refrigeración permiten el paso del aire que sirve para refrigerar las paredes.

40 No obstante, con el fin de aumentar la eficiencia del ciclo termodinámico de la turbomáquina, se tiene tendencia a aumentar cada vez más la temperatura dentro de la cámara de combustión. Esto plantea considerables requerimientos térmicos también sobre las paredes de la envolvente de la cámara de combustión. Con objeto de refrigerar estas paredes, las mismas pueden presentar también un gran número de agujeros de refrigeración de pequeño diámetro, normalmente no superior a 1 mm. El aire que a través de estos agujeros de refrigeración entra a la cámara de combustión forma una película relativamente fría por el lado caliente de cada pared, protegiendo así el material de las paredes del calor de combustión.

45 En la zona de dilución de las cámaras de combustión del estado de la técnica, se han conservado por un lado, no obstante, agujeros de dilución de gran diámetro, normalmente superior a 1 mm, para la dilución de los gases de combustión y, por otra parte, agujeros de refrigeración de pequeño diámetro, no superior a 1 mm, para la refrigeración de las paredes de la cámara de combustión, ciertamente pensando los técnicos en la materia que se necesitarían chorros de aire que sólo pueden ser producidos por agujeros de gran diámetro para penetrar
50 profundamente en el flujo de la cámara de combustión y, así, obtener, aguas abajo, una buena mezcla del aire de dilución con los gases de combustión. No obstante, esto presenta otros inconvenientes. En particular, estos chorros de aire de dilución pueden provocar notables heterogeneidades en la temperatura en el interior de la cámara de combustión. Ahora bien, por motivos medioambientales y de eficiencia de combustión, dentro de la cámara de combustión, interesa tener una distribución lo más homogénea posible de la temperatura. Picos de temperatura en su interior pueden provocar la formación de óxidos nitrosos, en tanto que, en zonas de más baja temperatura, puede
55 permanecer combustible sin quemar.

Objeto y sumario de la invención

La presente invención se refiere a una pared anular de cámara de combustión de turbomáquina según la reivindicación 1, que incluye un lado frío y un lado caliente, estando provista dicha pared de al menos un agujero primario, para permitir que un primer caudal de aire que circula por el lado frío de la pared penetre por el lado caliente de la pared para alimentar la combustión de un combustible en el interior de la cámara de combustión, y de una pluralidad de agujeros de refrigeración, teniendo cada uno de ellos un diámetro no superior a 1 mm, para permitir que un segundo caudal de aire que circula por el lado frío de la pared penetre por el lado caliente de la pared para refrigerar el lado caliente de la pared.

Un objeto de la presente invención es el de homogeneizar la distribución de temperatura dentro de la cámara de combustión, al propio tiempo que se aumenta la eficiencia del ciclo termodinámico de la turbomáquina. Para ello, de acuerdo con la invención, la pluralidad de agujeros de refrigeración también está adaptada para encargarse de la dilución de gases de combustión procedentes de dicha combustión mediante el caudal de aire que penetra por el lado caliente de la pared a través de los agujeros de refrigeración. Contrariamente a la idea preconcebida de los técnicos en la materia, se ha comprobado que la aportación de aire a través de tales orificios de pequeño diámetro basta para asegurar no sólo la refrigeración de las paredes de la cámara de combustión, sino también un mezclado eficaz de los gases de combustión con el aire aportado por estos orificios de pequeño diámetro, dando como resultado una dilución eficaz de los gases de combustión.

En particular, de acuerdo con un segundo aspecto de la invención, en una cámara de combustión de este tipo, dichos agujeros de refrigeración pueden representar al menos el 50 % de una superficie total de paso de aire a través de la pared y, más específicamente, al menos el 97 % de una superficie total de paso de aire a través de la pared aguas abajo de dicho al menos un agujero primario. Así, se puede prescindir sobradamente de orificios de gran diámetro para la dilución de los gases de combustión, lo cual no sólo ayuda a evitar las heterogeneidades en el flujo dentro de la cámara de combustión, sino que también puede facilitar la fabricación de la zona de dilución de la cámara de combustión.

De acuerdo con un tercer aspecto, con el fin de mejorar el mezclado de los gases de combustión con el aire aportado por los agujeros de refrigeración, cada agujero de una pluralidad de dichos agujeros de refrigeración está orientado según un eje que en su proyección sobre la pared presenta un ángulo θ al menos igual a 45° con respecto a la dirección de un eje central de la pared. En particular, dicho ángulo θ podría estar entre 85° y 95° . De este modo, el aire inyectado en la cámara de combustión a través de los agujeros de refrigeración seguirá un flujo helicoidal, que prolonga su permanencia dentro de la cámara de combustión y espesa la película de aire relativamente frío adyacente al lado caliente de la pared, lo cual beneficia no sólo la refrigeración de la pared, sino también el mezclado de los gases de combustión con el aire de esta película más espesa.

De acuerdo con un cuarto aspecto, con el fin también de mejorar el mezclado de los gases de combustión con el aire introducido por los agujeros de refrigeración, cada agujero de una pluralidad de dichos agujeros de refrigeración está orientado según un eje que presenta, con respecto a la pared, un ángulo β no superior a 45° , y preferentemente no superior a 30° . Así, se asegura la estabilidad de la película de aire relativamente frío adyacente al lado caliente de la pared.

No obstante, de acuerdo con un quinto aspecto, y con el fin también de estabilizar la película de aire frío, dicho ángulo β es al menos igual a 15° , y preferentemente al menos igual a 20° .

La presente invención también se refiere a una cámara de combustión de turbomáquina que incluye una pared interior y una pared exterior concéntricas, siendo dicha pared interior y/o dicha pared exterior una pared anular según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

La presente invención también se refiere a una turbomáquina, tal como una turbina de gas, turborreactor, turbohélice o turboeje, en particular para una aplicación aeronáutica, que incluye una cámara de combustión con al menos una pared anular según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

La presente invención también se refiere a un procedimiento de dilución de los gases de combustión dentro de una cámara de combustión de turbomáquina, turbomáquina según la reivindicación 10, incluyendo dicha cámara de combustión al menos una pared anular con un lado frío y un lado caliente, y que está provista de al menos un agujero primario, para permitir que un primer caudal de aire que circula por el lado frío de la pared penetre por el lado caliente de la pared para alimentar la combustión de un combustible en el interior de la cámara de combustión, y de una pluralidad de agujeros de refrigeración, teniendo cada uno de ellos un diámetro no superior a 1 mm, para permitir que un segundo caudal de aire que circula por el lado frío de la pared penetre por el lado caliente de la pared para refrigerar el lado caliente de la pared, procedimiento en el que el caudal de aire que penetra por el lado caliente de la pared también se encarga de la dilución de los gases de combustión.

Breve descripción de los dibujos

La invención se comprenderá perfectamente y sus ventajas aparecerán de una manera más evidente con la lectura de la descripción que sigue de una forma de realización representada a título de ejemplo no limitativo. La descripción

hace referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

la figura 1 es una sección longitudinal esquemática de una turbomáquina;

la figura 2 es una sección longitudinal esquemática de una cámara de combustión de la técnica anterior;

5 la figura 3 es una sección longitudinal esquemática de una cámara de combustión según una primera forma de realización de la invención;

la figura 4A es un detalle de una pared de la cámara de combustión de la figura 3, en proyección cilíndrica; y

la figura 4B es un detalle de la misma pared, en sección transversal según la línea IVB-IVB.

Descripción detallada de la invención

10 En la figura 1 se ilustra esquemáticamente, a título explicativo, una turbomáquina, más específicamente en forma de un turboeje 1. Este turboeje 1 incluye, en el sentido de flujo de un fluido de trabajo, un compresor centrífugo 3, una cámara de combustión anular 4, una primera turbina axial 5 y una segunda turbina axial 6. Adicionalmente, el turboeje 1 también comprende un primer árbol rotativo 7 y un segundo árbol rotativo 8 coaxial con el primer árbol rotativo 7.

15 El segundo árbol rotativo 8 une el compresor centrífugo 3 a la primera turbina axial 5, de manera que la expansión del fluido de trabajo dentro de esta primera turbina axial 5 aguas abajo de la cámara de combustión 4 sirva para accionar el compresor 3 aguas arriba de la cámara de combustión 4. El primer árbol rotativo 7 une la segunda turbina axial 6 a una salida de potencia 9 posicionada aguas abajo y/o aguas arriba de la máquina, de tal modo que la subsiguiente expansión del fluido de trabajo dentro de la segunda turbina axial 6 aguas abajo de la primera turbina axial 5 sirva para accionar la salida de potencia 9.

20 De este modo, la compresión del fluido de trabajo dentro del compresor centrífugo 3, seguida de un recalentamiento del fluido de trabajo dentro de la cámara de combustión 4, y su expansión dentro de 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 que se añade y en el cual se quema un combustible dentro de la cámara de combustión 4, combustible tal como, por ejemplo, un hidrocarburo.

25 En la figura 2 se ilustra una cámara de combustión 204 de la técnica anterior. Esta cámara de combustión 204 incluye una pared interior 211 y una pared exterior 212 que, anulares y concéntricas, parten de un fondo 213, en el que concurren las dos paredes 211 y 212, hasta una salida de los gases de combustión. La cámara de combustión 204 puede estar dividida en una zona primaria 204a, en la que están situados unos inyectores de combustible 215, y una zona de dilución 204b, aguas abajo de la zona primaria 204a. En el ejemplo ilustrado, la cámara de combustión 204 es de las que presentan un codo 216 con el fin de limitar la ocupación axial de espacio. Este tipo de cámaras de combustión es particularmente corriente entre las turbomáquinas de compresor centrífugo, sobre todo cuando estas son turboejes tal como el ilustrado en la figura 1.

35 Las paredes 211 y 212 de esta cámara de combustión 204 presentan tres tipos de agujeros diferentes, que permiten los tres el paso de caudales de aire del lado frío de las paredes 211, 212, en el exterior de la cámara de combustión 204, al lado caliente de las paredes 211, 212, en el interior de la cámara de combustión 204. Son un primer tipo de agujeros los agujeros llamados primarios 217, situados en la zona primaria 204a y que permiten el paso de aire que sirve para alimentar la combustión del combustible inyectado por los inyectores 215. Aguas abajo de estos agujeros primarios 217, las paredes 211, 212 también incluyen un segundo tipo de agujeros que, llamados agujeros de dilución 218, permiten el paso de aire que sirve para diluir los gases de combustión 220 resultantes de la combustión del combustible inyectado por los inyectores 215 con el aire entrante por los agujeros primarios 217. Las paredes 211, 212 también incluyen un tercer tipo de agujeros que, llamados agujeros de refrigeración 219, permiten el paso de aire que sirve para refrigerar el lado caliente de cada una de las paredes 211, 212. Los tres tipos de agujeros se diferencian especialmente por sus tamaños diferentes. Así, los agujeros primarios 217 y, sobre todo, los agujeros de dilución 218 presentan diámetros sensiblemente más grandes que los agujeros de refrigeración 219. En efecto, en tanto que estos últimos, repartidos en gran número por la superficie de las paredes 211, 212, tienen cada uno de ellos un diámetro no superior a 1 mm, los agujeros de dilución 218 tienen diámetros del orden de 5 mm y más. De este modo, cuando la turbomáquina está en funcionamiento, el aire que penetra por el lado caliente de las paredes 211, 212 a través de los agujeros de refrigeración 219 forma una película de aire 221 relativamente frío que permanece adyacente a las paredes 211, 212 con el fin de protegerlas del calor de los gases de combustión 220, el aire que penetra a través de los agujeros de dilución 218 forma chorros 222 que penetran profundamente en la cámara de combustión 204 para mezclarse con los gases de combustión 220 en la zona de dilución 204b.

45 En la figura 3, se ilustra una cámara de combustión 4 según una forma de realización de la invención. Esta cámara de combustión 4 también incluye una pared interior 11 y una pared exterior 12 que, anulares y concéntricas, parten de un fondo 13, en el que concurren las dos paredes 11 y 12, hasta una salida de los gases de combustión. La cámara de combustión 4 también puede estar dividida en una zona primaria 4a, en la que están situados unos

inyectores de combustible 15, y una zona de dilución 4b, aguas abajo de la zona primaria 4a. En la forma de realización ilustrada, las paredes interior y exterior están separadas por una distancia radial máxima h , y la profundidad de la zona primaria en dirección al eje central X de la cámara de combustión es igual a esta distancia h . En el ejemplo ilustrado, la cámara de combustión 4 también es de las que presentan un codo 16 con el fin de limitar su ocupación axial de espacio.

5

No obstante, contrariamente a la cámara de combustión 204 de la técnica anterior, esta cámara de combustión 4 tan solo presenta dos tipos de agujeros que permiten el paso de caudales de aire del lado frío de las paredes 11, 12, en el exterior de la cámara de combustión 4, al lado caliente de las paredes 11, 12, en el interior de la cámara de combustión 4: agujeros primarios 17 y agujeros de refrigeración 19. De este modo, aguas abajo de dichos agujeros primarios 17, y en particular, en la zona de dilución 4b, las paredes 11, 12 prácticamente no presentan agujeros de paso de aire de diámetro superior a 1 mm. Aunque las paredes 11, 12 puedan presentar algunos otros orificios, como, por ejemplo, agujeros para la inspección endoscópica de la cámara de combustión 4, los agujeros de refrigeración 19 representan al menos el 50 % de una superficie total de paso de aire a través de las paredes 11, 12, y al menos el 97 % en la zona de dilución 4b.

10

En esta cámara de combustión 4, por la ausencia de los agujeros de dilución específicos de mayor diámetro, la dilución de los gases de combustión 20 se efectúa de manera prácticamente exclusiva por el aire que penetra en la cámara de combustión 4 a través de los agujeros de refrigeración 19, mezclándose efectivamente con los gases de combustión 20 el aire de la película de aire 21 adyacente a las paredes 11, 12. Con objeto de facilitar esta mezcla, en la forma de realización ilustrada, los agujeros de refrigeración 19 están orientados en orden a impulsar en una trayectoria helicoidal el aire que penetra en la cámara de combustión 4 a través de estos agujeros de refrigeración 19. De este modo, tal como se ilustra en las figuras 4A y 4B, en esta forma de realización, cada agujero de refrigeración 19 está orientado según un eje que presenta, con respecto a la pared 11, 12, un ángulo β dentro del margen comprendido entre 20° y 30° y que, en su proyección sobre la pared, presenta un ángulo θ de aproximadamente 90° con respecto a la dirección del eje central X. Así, la cámara de combustión 4 ilustrada logra diluir los gases de combustión 20 de manera homogénea y efectiva, prescindiendo de agujeros de dilución específicos de gran diámetro y, evitando, así, los inconvenientes relacionados con los mismos.

15

20

25

REIVINDICACIONES

1. Pared anular (11, 12) de cámara de combustión (4) de turbomáquina, teniendo dicha pared (11, 12) un lado frío y un lado caliente, y estando provista de al menos un agujero primario (17) para permitir que un primer caudal de aire que circula por el lado frío de la pared (11, 12) penetre por el lado caliente de la pared (11, 12) para alimentar la combustión de un combustible en el interior de la cámara de combustión (4), y de una pluralidad de agujeros de refrigeración (19), teniendo cada uno de ellos un diámetro no superior a 1 mm, para permitir que un segundo caudal de aire que circula por el lado frío de la pared (11, 12) penetre por el lado caliente de la pared (11, 12) para refrigerar el lado caliente de la pared (11, 12), siendo también apta dicha pluralidad de agujeros de refrigeración (19) para encargarse de la dilución de gases de combustión (20) procedentes de dicho combustión mediante el caudal de aire que penetra por el lado caliente de la pared (11, 12) a través de los agujeros de refrigeración (19).
5
2. Pared anular (11, 12) de cámara de combustión (4) de turbomáquina según la reivindicación 1, en la que dichos agujeros de refrigeración (19) representan al menos el 50 % de una superficie total de paso de aire a través de la pared (11, 12).
10
3. Pared anular (11, 12) de cámara de combustión (4) de turbomáquina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, en la que dichos agujeros de refrigeración (19) representan al menos el 97 % de una superficie total de paso de aire a través de la pared (11, 12) aguas abajo de dicho al menos un agujero primario (17).
15
4. Pared anular (11, 12) de cámara de combustión (4) de turbomáquina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que cada agujero de una pluralidad de dichos agujeros de refrigeración (19) está orientado según un eje que en su proyección sobre la pared (11, 12) presenta un ángulo θ al menos igual a 45° con respecto a la dirección de un eje central (X) de la pared (11, 12).
20
5. Pared anular (11, 12) de cámara de combustión (4) de turbomáquina según la reivindicación 4, en la que dicho ángulo θ está entre 85° y 95° .
6. Pared anular (11, 12) de cámara de combustión (4) de turbomáquina según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en la que cada agujero de una pluralidad de dichos agujeros de refrigeración (19) está orientado según un eje que presenta, con respecto a la pared (11, 12), un ángulo β no superior a 45° , y preferentemente no superior a 30° .
25
7. Pared anular (11, 12) de cámara de combustión (4) de turbomáquina según la reivindicación 6, en la que dicho ángulo β es al menos igual a 15° , y preferentemente al menos igual a 20° .
8. Cámara de combustión (4) de turbomáquina que incluye una pared interior (11) y una pared exterior (12) concéntricas, siendo dicha pared interior (11) y/o dicha pared exterior (12) una pared anular según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
30
9. Turbomáquina (1) que incluye una cámara de combustión (4) con al menos una pared anular (11, 12) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
10. Procedimiento de dilución de los gases de combustión (20) en una cámara de combustión (4) de turbomáquina, incluyendo dicha cámara de combustión (4) al menos una pared anular (11, 12) con un lado frío y un lado caliente, y estando provista de al menos un agujero primario (17) para permitir que un primer caudal de aire que circula por el lado frío de la pared penetre por el lado caliente de la pared (11, 12) para alimentar la combustión de un combustible en el interior de la cámara de combustión (4), y de una pluralidad de agujeros de refrigeración (19), teniendo cada uno de ellos un diámetro no superior a 1 mm, para permitir que un segundo caudal de aire que circula por el lado frío de la pared (11, 12) penetre por el lado caliente de la pared (11, 12) para refrigerar el lado caliente de la pared (11, 12), procedimiento en el cual el caudal de aire que penetra por el lado caliente (11, 12) también se encarga de la dilución de los gases de combustión (20).
35
40

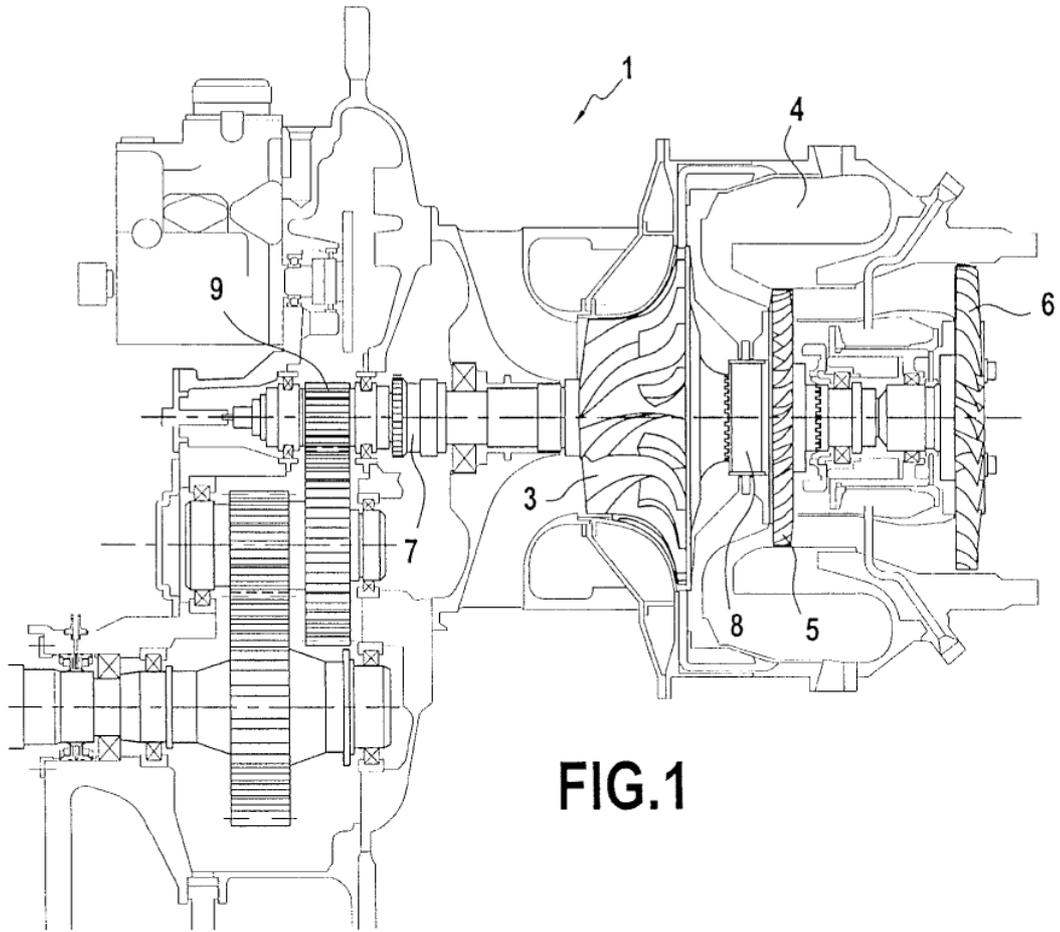


FIG.1

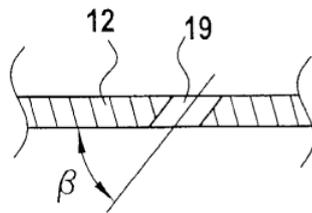


FIG.4B

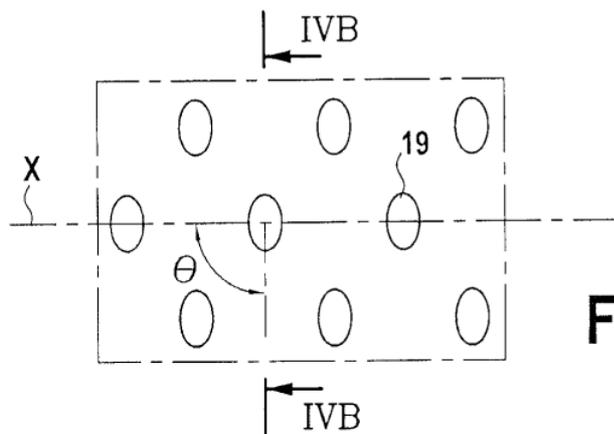


FIG.4A

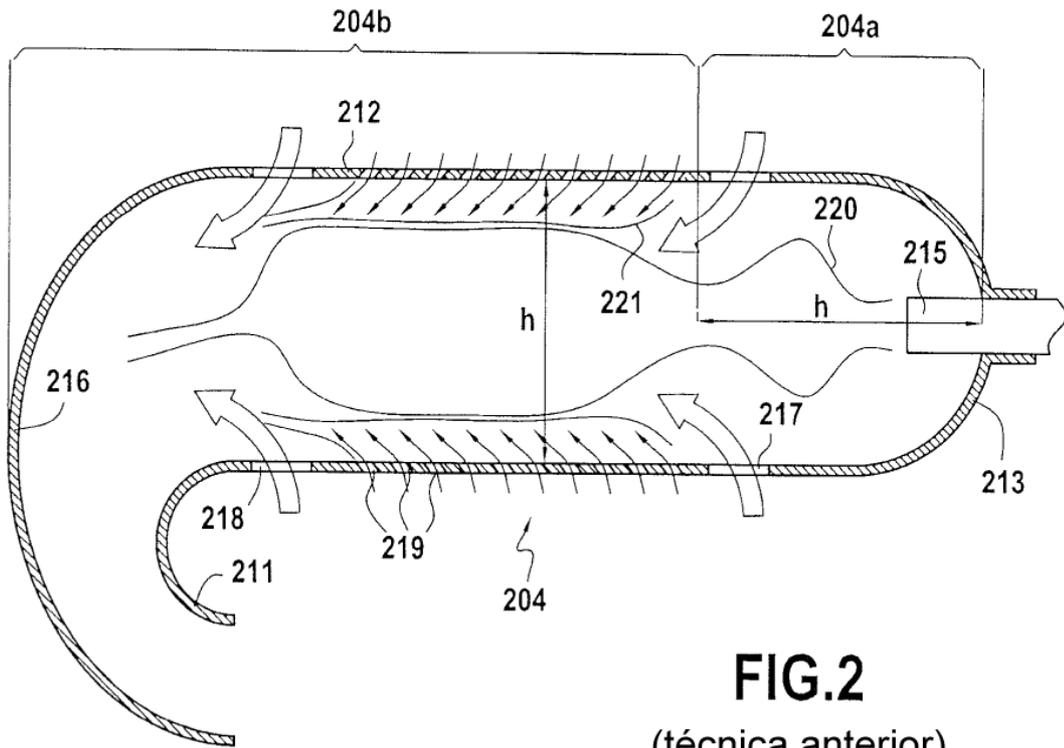


FIG.2
(técnica anterior)

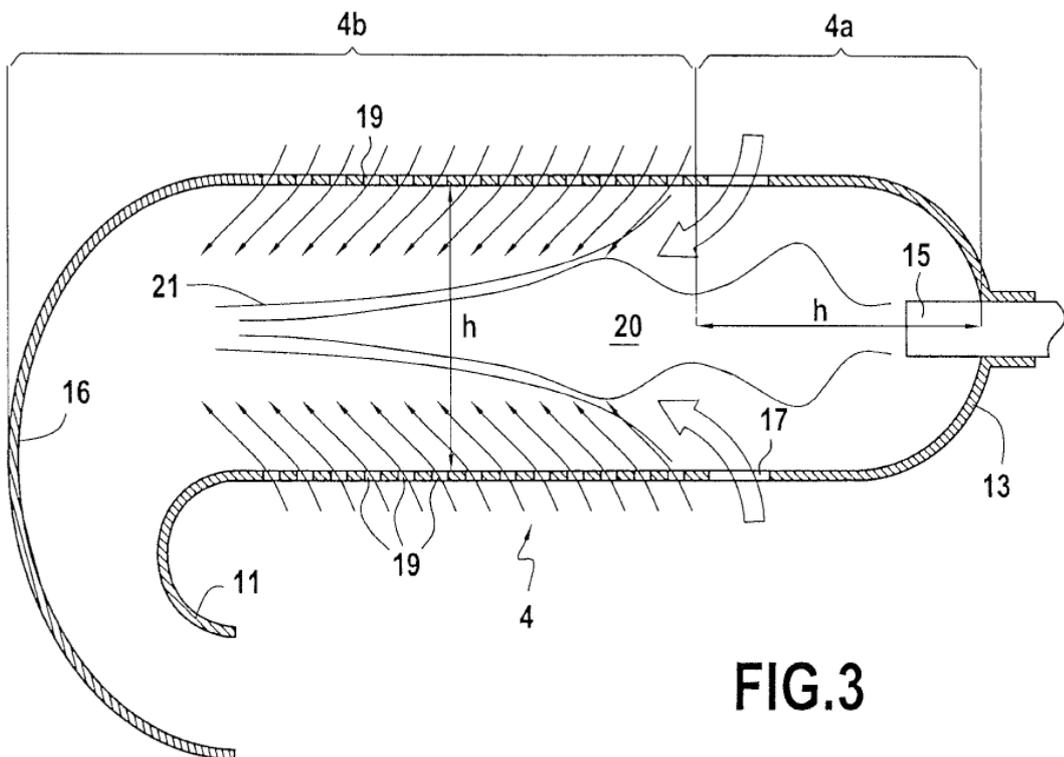


FIG.3