

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 992 172**

51 Int. Cl.:

**F01D 5/14** (2006.01)

**F01D 9/04** (2006.01)

**F02K 3/06** (2006.01)

**F01D 25/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.10.2021 PCT/FR2021/051783**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.05.2022 WO22090643**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.10.2021 E 21805566 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2024 EP 4237664**

54 Título: **Elemento de carenado para rodear un obstáculo en un flujo de fluido**

30 Prioridad:

**27.10.2020 FR 2010999**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.12.2024**

73 Titular/es:

**OFFICE NATIONAL D'ETUDES ET DE  
RECHERCHESAÉROSPATIALES (100.0%)  
Chemin de la Hunière  
91120 Palaiseau, FR**

72 Inventor/es:

**BARRIER, RAPHAËL**

74 Agente/Representante:

**CALLE LÓPEZ, Alejandro**

ES 2 992 172 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

Elemento de carenado para rodear un obstáculo en un flujo de fluido

5 **Campo técnico**

La presente descripción se refiere a un elemento de carenado para rodear un obstáculo en un flujo de fluido, una turbomáquina que incorpora tal elemento, así como un procedimiento de fabricación del elemento de carenado.

10 **Técnica anterior**

En el campo de los guiados de flujos de fluidos, en concreto, en aeráulica y, más particularmente, en el campo del guiado de los flujos de aire dentro de turbomáquinas, a menudo es necesario disponer un obstáculo en un flujo perturbando al mismo tiempo este flujo lo menos posible con respecto a un diseño nominal de esta. Este diseño nominal puede ser el flujo a través de una sección libre de un paso, es decir, en ausencia de obstáculo. Pero, alternativamente, el flujo nominal puede ser relativa a un paso que está provisto de un elemento útil para el flujo, tal como un elemento de modificación de una dirección de velocidad local del flujo. En todos los casos, el elemento de carenado tiene la función de dividir el flujo entre dos lados del obstáculo y esta función de división del flujo puede eventualmente combinarse con la de un elemento útil que está previsto inicialmente en el paso. Por ejemplo, el elemento de carenado puede, de este modo, tener la doble función de guiar el flujo sobre dos lados opuestos del obstáculo y de modificar una inclinación del flujo. Este puede ser el caso, en concreto, de un estátor de enderezamiento del flujo de aire que atraviesa una turbomáquina, por ejemplo, un motor de avión. Según la ubicación del estátor en la turbomáquina, el obstáculo puede ser un soporte estructural de una parte de la turbomáquina, un árbol de transmisión mecánica que atraviesa el flujo, una canalización de combustible, un perno de sujeción, etc.

Ahora bien, un elemento de carenado que está, de este modo, dispuesto en un flujo perturba localmente el campo de presión dentro del flujo aguas arriba de este elemento de carenado. Esta perturbación del campo de presión puede, entonces, entorpecer un funcionamiento de un rotor que está dispuesto justo antes del estátor con respecto al sentido del flujo y, en consecuencia, degradar un funcionamiento de la turbomáquina. También puede provocar emisiones acústicas no deseadas, por el hecho del rápido desplazamiento del rotor contra las variaciones espaciales del campo de presión que están causadas por el elemento de carenado hacia aguas arriba del flujo. Se conoce, entonces, que se introduce una distancia de separación entre el rotor y el elemento de carenado, que sea suficiente para reducir la interacción entre el rotor que gira y las alteraciones del campo de presión que están causadas hacia aguas arriba por el elemento de carenado. Pero tal distancia de separación aumenta el espacio necesario y el peso de la turbomáquina, lo que es particularmente perjudicial en el caso de una turbomáquina aeronáutica.

El documento FR 2 019 709 describe un estátor de turbomáquina que incluye elementos de carenado, llamados espaciadores y que se intercalan entre palas vecinas del estátor. Según este documento, una superficie de succión de cada espaciador o superficie de extradós, es prácticamente plana y paralela a la dirección de circulación del aire a partir de un borde de ataque ("leading edge" en inglés) del espaciador que está orientado hacia aguas arriba del flujo. Además, las palas del estátor están escalonadas axialmente entre dos elementos de carenado sucesivos además de estar apartadas angularmente unas con respecto a las otras. No obstante, la forma plana de la parte aguas arriba de la superficie de extradós no es apropiada más que si el ángulo de incidencia del flujo sobre el borde de ataque es constante a todo lo largo de este borde de ataque y si no hay variaciones de una sección ni de un radio medio para el paso del flujo al nivel del elemento del carenado.

Los documentos EP 3 431 708 A1 y DE 10 2008 060847 A1 describen elementos de carenado para disponer alrededor de obstáculos, que presentan superficies giradas hacia aguas arriba de los flujos considerados, orientadas sustancialmente de manera perpendicular a estos flujos.

**Problema técnico**

A partir de esta situación, una finalidad de la presente invención es reducir todavía más perturbaciones del flujo que son susceptibles de estar provocadas por el elemento de carenado, con respecto al diseño nominal del flujo.

En concreto, una finalidad de la invención es reducir tales perturbaciones que están causadas por el elemento de carenado en el campo de presión dentro del fluido aguas arriba de este elemento de carenado.

Otra finalidad de la invención es reducir una longitud del elemento de carenado paralelamente al flujo, para un tamaño de obstáculo dado, sin aumentar las perturbaciones del flujo que están producidas por el elemento de carenado.

**Sumario de la invención**

Para lograr una al menos de estas finalidades u otra, un primer aspecto de la invención propone un nuevo elemento de carenado destinado a ser colocado en un paso de flujo de un fluido y a rodear un obstáculo que atraviesa el paso, de modo que el elemento de carenado guía el flujo del fluido sobre dos lados opuestos del obstáculo. Este elemento

de carenado está diseñado para valores nominales de varios parámetros del flujo, de los que al menos una densidad del fluido, variaciones respectivas de una sección y de un radio medio del paso a lo largo del flujo, un sentido del flujo en el paso, un valor de velocidad del flujo y un ángulo de incidencia del flujo con respecto al obstáculo aguas arriba de este. Estos valores nominales del flujo se pueden inscribir en un aviso que se proporciona con el elemento de carenado, cualquiera que sea la forma o el soporte de este aviso: folleto impreso, grabación en un soporte de datos, tal como una tarjeta de memoria electrónica o un disco de almacenamiento óptico o magnético, etc. De forma equivalente, estos valores nominales pueden ser accesibles por un enlace o una dirección de sitio que puede consultarse a distancia, que se proporciona con el elemento de carenado. Además, estos valores nominales pueden presentarse bajo cualquier forma: valores numéricos, gráficos, ábaco, condiciones y/o parámetros y/o régimen de funcionamiento de la turbomáquina por la que pasa el flujo, etc.

El elemento de carenado posee una superficie de extradós y una superficie de intradós, así como un borde de ataque que forma una arista de unión entre las superficies de extradós y de intradós y que está destinado a estar situado aguas arriba del obstáculo con respecto al flujo.

Según la invención, la superficie de extradós posee una forma adaptada para producir, dentro de una parte del fluido que fluye a lo largo de esta superficie de extradós de acuerdo con los valores nominales, variaciones relativas de presión que son inferiores al 5 % en valores absolutos, de un valor de presión del fluido en el flujo que existe al nivel del borde de ataque. Estas variaciones de presión se determinan entre dos puntos cualesquiera de la superficie de extradós que están situados entre el borde de ataque y una zona del elemento de carenado, llamada zona de transición, donde un espesor local del elemento de carenado entre las superficies de extradós y de intradós está comprendido entre el 50 % y el 100 % de un espesor máximo del obstáculo, midiéndose estos espesores transversalmente con respecto al flujo.

En otras palabras, la invención dedica una parte de la superficie de extradós del elemento de carenado, aguas arriba de su zona de transición, a una reducción de las alteraciones del campo de presión que podría provocar el elemento de carenado. Otra parte de la superficie de extradós, aguas abajo de la zona de transición, puede dedicarse, además, a la producción de otra función por el elemento de carenado, tal como una función de enderezamiento del flujo. La zona de transición constituye, entonces, una conexión, preferentemente continua, entre las partes aguas arriba y aguas abajo de la superficie de extradós.

De este modo, la superficie de extradós está diseñada para provocar variaciones espaciales de presión dentro del flujo que se reducen, al menos en una parte de esta superficie de extradós que está comprendida entre el borde de ataque y la zona de transición. De esta forma, el elemento de carenado no provoca más que alteraciones que son limitadas por el campo de presión en el flujo, en dirección de aguas arriba de este elemento de carenado. Por lo tanto, se perturba poco el funcionamiento de un rotor que puede estar dispuesto justo antes del elemento de carenado con respecto a la dirección del flujo. Por la misma razón, emisiones acústicas que podrían resultar de tal yuxtaposición de un rotor con el elemento de carenado, se reducen por la invención.

Preferentemente, las variaciones relativas de presión que se producen dentro de la parte del fluido que fluye a lo largo de la superficie de extradós, entre dos puntos cualesquiera de esta superficie de extradós que están situados entre el borde de ataque y la zona de transición, pueden ser inferior al 3 %, incluso inferiores al 2 %, en valores absolutos, del valor de presión del fluido que existe al nivel del borde de ataque.

En el sentido de la invención, se entiende por superficie de extradós la de las dos superficies de guiado del flujo a cada lado del elemento de carenado, sobre la que el flujo produce una depresión con respecto a la otra superficie de guiado. Cuando se utiliza la invención, esta superficie de extradós puede ser cóncava o convexa entre el borde de ataque y la zona de transición, a lo largo de una línea de corriente del flujo que sigue la superficie de extradós. La otra superficie de guiado del flujo, del elemento de carenado, que es opuesta a su superficie de extradós, es la superficie de intradós.

De forma general para la invención, la forma de la superficie de extradós puede variar entre diferentes líneas de corriente que pasan por el borde de ataque a lo largo de esta superficie de extradós. En otras palabras, valores de curvatura de la superficie de extradós pueden ser diferentes entre dos líneas de corriente que cruzan el borde de ataque en diferentes puntos de este borde de ataque, midiéndose los valores de curvatura en planos paralelos a las líneas de corriente y perpendiculares a la superficie de extradós. La superficie de extradós puede ser, de este modo, una superficie izquierda - o no desarrollable - entre el borde de ataque y la zona de transición. De esta forma, es posible adaptar la parte aguas arriba de la superficie de extradós, que es intermedia entre el borde de ataque y la zona de transición, en función de variaciones que pueden existir en la dirección de incidencia del flujo sobre el borde de ataque del elemento de carenado.

De forma todavía general para la invención, una parte al menos de la superficie de extradós, que está situada aguas abajo de la zona de transición y la superficie de intradós pueden tener formas respectivas que están adaptadas para producir un cambio de inclinación del flujo entre dos zonas del paso situadas aguas arriba y aguas abajo del elemento de carenado, respectivamente. En otras palabras, el elemento de carenado puede tener una función adicional de desviación o de enderezamiento del flujo.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a una turbomáquina que comprende un rotor, un estátor y un paso de flujo de gas que atraviesa el rotor y el estátor, comprendiendo, además, esta turbomáquina al menos un obstáculo que se extiende a través del paso y al menos un elemento de carenado que es de acuerdo con el primer aspecto de la invención y que rodea el obstáculo.

En modos preferidos de realización de la invención, el estátor puede comprender una pluralidad de palas de enderezamiento del flujo, que están repartidas angularmente alrededor de un eje del estátor y comprenden, además, el al menos un elemento de carenado. En este caso, las superficies de extradós y de intradós de cada elemento de carenado del estátor tienen formas respectivas que están adaptadas para producir un cambio de inclinación del flujo entre las zonas del paso que están aguas arriba y aguas abajo del elemento de carenado. Por lo demás, las palas de enderezamiento del estátor, además de estar desfasadas angularmente alrededor del eje de este estátor, pueden estar desfasadas progresivamente ya sea paralelamente al eje del estátor, es decir, axialmente, ya sea a lo largo de direcciones radiales perpendiculares al eje del estátor, es decir, radialmente, ya sea cada una según una combinación de un desfase paralelo al eje del estátor y de otro desfase a lo largo de una dirección radial perpendicular a este eje del estátor, entre la superficie de intradós de un elemento de carenado del estátor y la superficie de extradós del siguiente elemento de carenado del estátor, girando progresivamente alrededor del eje del estátor.

La turbomáquina puede, en concreto, ser de uno de los siguientes tipos:

- una turbomáquina aeronáutica, comprendido un turboreactor, un turbopropulsor de doble flujo o un turbomotor de compresor centrífugo,
- una turbomáquina de túnel de viento terrestre o
- una turbomáquina destinada a producir energía eléctrica,

donde el elemento de carenado está situado ya sea al nivel de un compresor de la turbomáquina, ya sea entre el compresor y una zona de combustión de la turbomáquina, ya sea al nivel de una turbina de la turbomáquina aguas abajo de la zona de combustión, ya sea en un paso secundario de gas aguas abajo de un ventilador que está destinado a ser accionado en rotación por la turbomáquina.

Por último, un tercer aspecto de la invención propone un procedimiento de fabricación de un elemento de carenado destinado a ser colocado en un paso de flujo de un fluido y a rodear un obstáculo que atraviesa el paso, de modo que el elemento de carenado guía el flujo del fluido sobre dos lados opuestos del obstáculo. El procedimiento de la invención comprende las siguientes etapas:

*/1/* recopilar valores nominales de varios parámetros del flujo, de los que al menos una densidad del fluido, variaciones respectivas de una sección y de un radio medio del paso a lo largo del flujo, un sentido del flujo en el paso, un valor de velocidad del flujo y un ángulo de incidencia del flujo con respecto al obstáculo aguas arriba de este;

*/2/* determinar una superficie de extradós y una superficie de intradós del elemento de carenado, con un borde de ataque que forma una arista de unión entre las superficies de extradós y de intradós y que está destinado a estar situado aguas arriba del obstáculo con respecto al flujo; y

*/3/* fabricar el elemento de carenado de acuerdo con las superficies de extradós y de intradós determinadas en la etapa */2/*.

Según la invención, se determina una forma de la superficie de extradós en la etapa */2/* para producir, dentro de una parte del fluido que fluye a lo largo de esta superficie de extradós de acuerdo con los valores nominales recopilados en la etapa */1/*, variaciones de presión que son inferiores al 5 % en valores absolutos, del valor de presión del fluido en el flujo que existe al nivel del borde de ataque, cuando las variaciones de presión se determinan entre dos puntos cualesquiera de la superficie de extradós que están situados entre el borde de ataque y una zona del elemento de carenado, llamada zona de transición, donde un espesor local del elemento de carenado entre las superficies de extradós y de intradós está comprendido entre el 50 % y el 100 % de un espesor máximo del obstáculo, midiéndose estos espesores transversalmente con respecto al flujo.

Tal procedimiento permite fabricar un elemento de carenado que es de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

En particular, la forma de la superficie de extradós tal como se determina en la etapa */2/* puede resultar de una combinación de varias contribuciones de convexidad a lo largo de líneas de corriente, en su parte que está situada entre el borde de ataque y la zona de transición, de entre las que:

- una primera contribución de convexidad, que es una función creciente de una reducción de una sección del paso a lo largo del flujo; y
- una segunda contribución de convexidad, que es otra función creciente de un aumento de un radio medio del paso a lo largo del flujo.

De forma práctica, en la etapa */2/*, una parte aguas arriba de la superficie de extradós del elemento de carenado, que

está situada entre el borde de ataque y la zona de transición, se puede determinar de la siguiente forma:

5 /a/ determinar, en primer lugar, una huella en el paso de flujo del fluido, para unir dos paredes opuestas que limitan este paso de flujo, estando la huella determinada destinada a superponerse al borde de ataque del elemento de carenado;

/b/ para cada punto de la huella, una dirección de una velocidad vectorial del flujo en este punto, de acuerdo con los valores nominales de los parámetros del flujo, constituye una dirección que es tangente a la superficie de extradós del elemento de carenado al nivel del borde de ataque; y

10 /c/ la superficie de extradós del elemento de carenado se prolonga, a continuación, poco a poco a partir del borde de ataque hasta la zona de transición, para permanecer tangente en cada punto a la velocidad vectorial del flujo en el mismo punto, cuando el flujo todavía es de acuerdo con los valores nominales de los parámetros, estando, de este modo, construida la parte aguas arriba de la superficie de extradós hasta la zona de transición.

15 Para terminar de determinar el elemento del carenado, la etapa /2/ puede comprender, además:

/d/ determinar una forma de la superficie de extradós en la zona de transición, así como una parte aguas abajo de la superficie de extradós, que está situada en un lado de la zona de transición opuesto a la parte aguas arriba de la superficie de extradós y también una superficie de intradós del elemento de carenado, para rodear el obstáculo.

20 Preferentemente, los valores nominales de los parámetros del flujo del fluido están definidos por un flujo identificado de este fluido en el paso de flujo, cuando este paso de flujo no incluye obstáculo ni elemento de carenado.

El elemento de carenado que se fabrica de acuerdo con el presente tercer aspecto de la invención puede estar destinado a incorporarse en una turbomáquina del segundo aspecto de la invención.

### 25 **Breve descripción de las figuras**

Las características y ventajas de la presente invención aparecerán más claramente en la descripción detallada a continuación de ejemplos de realización no limitativos, con referencia a las figuras adjuntas de entre las que:

30 la [Fig. 1] es una vista general de un motor aeronáutico en el que se puede utilizar la invención;

la [Fig. 2a] es una vista en corte de un estátor de configuración axial al que se puede aplicar la invención;

35 la [Fig. 2b] corresponde a la [Fig. 2a] para un estátor de configuración radial al que también se puede aplicar la invención;

la [Fig. 3a] es una vista en perspectiva de una realización de la invención para un estátor de configuración axial;

40 la [Fig. 3b] es una vista en perspectiva de un elemento de carenado de la realización de la invención de la [Fig. 3a];

la [Fig. 4] muestra cortes transversales de partes aguas arriba de dos elementos de carenado que son de acuerdo con la invención;

45 la [Fig. 5] muestra dos cortes transversales de un mismo elemento de carenado que es de acuerdo con la invención;

50 la [Fig. 6] es una vista en perspectiva de un conjunto rotor-estátor de configuración axial, cuyo rotor incorpora elementos de carenado de acuerdo con la invención; y

la [Fig. 7] es un esquema de una realización de la invención para un estátor de configuración radial.

### **Descripción detallada de la invención**

55 Por razón de claridad, las dimensiones de los elementos que se representan en estas figuras no corresponden ni a dimensiones reales, ni a relaciones de dimensiones reales. Además, las referencias idénticas que están indicadas en diferentes figuras designan elementos idénticos o que tienen funciones idénticas.

60 De acuerdo con la [Fig. 1], una turbomáquina de avión 100, del tipo turbopropulsor de doble flujo, comprende una parte central de motor 10, un ventilador 11 que es accionado en rotación por la parte central de motor 10 estando montado sobre un rotor 12, un estátor 20, un carenado periférico 30 que rodea el ventilador 11 y el estátor 20 y varios brazos 31 que unen cada uno el carenado periférico 30 a la parte central de motor 10. Cada brazo 31 participa en mantener rígidamente el carenado periférico 30 y por ello se llama pilar o brazo estructural. Posee dimensiones apropiadas, en concreto, un espesor tangencial, es decir, que se mide tangencialmente con respecto a la rotación del ventilador 11, para asegurar un mantenimiento rígido del carenado periférico 30, evitando que se transmitan vibraciones excesivas entre la parte central de motor 10 y el carenado periférico 30. El espesor de cada brazo está

regularmente comprendido entre 25 mm (milímetro) y 150 mm. Una corriente de aire F que es propulsado por el ventilador 11, regularmente llamado caudal de aire secundario, pasa entre la parte central de motor 10 y el carenado periférico 30, a ambos lados de cada brazo 31. Entonces, es esencial que cada brazo 31 no perturbe o perturbe lo menos posible, el flujo del caudal de aire secundario F. El mismo problema técnico de reducir una perturbación del flujo del caudal de aire secundario F también se refiere a uno o varios separadores de flujo 32 que pueden estar presentes, además, entre la parte central de motor 10 y el carenado periférico 30.

El estátor 20 está situado entre el ventilador 11 y los brazos 31 a lo largo del flujo del caudal de aire secundario F. Su función es reducir o suprimir una componente tangencial de la velocidad del caudal de aire secundario F que ha sido generada por el ventilador 11. En otras palabras, la función del estátor 20 es enderezar el flujo del caudal F. De forma conocida, el estátor 20 comprende una multiplicidad de palas fijas 21 u OGV para "outlet guide vane" en inglés, que están repartidas angularmente alrededor del eje de rotación A-A del ventilador 11. Cada pala 21 del estátor 20 posee dos superficies de guiado que son opuestas y están unidas por un borde de ataque de arista, estando este último orientado aguas arriba del flujo del caudal de aire secundario F. En secciones transversales de cada pala 21, el borde de ataque forma la cúspide de un ángulo de convergencia una hacia la otra de las dos superficies de guiado de la pala. Las superficies de guiado de cada pala 21 guían, de este modo, tangencialmente dos partes del caudal de aire secundario F que pasan a ambos lados de esta pala. Una de las dos superficies de guiado es una superficie de extradós y la otra superficie de guiado es una superficie de intradós.

Entonces, se conoce que cada brazo 31 o separador 32 que está situado a distancia del estátor 20, de manera separada de las palas 21 de este, provoca una distorsión de los campos de velocidad y de presión del caudal de aire secundario F que se prolonga hacia aguas arriba del flujo de aire hacia el ventilador 11. Entonces, tales distorsiones del flujo del caudal de aire F son susceptibles de entorpecer el funcionamiento de la turbomáquina 100. Más particularmente, la distorsión de los campos de velocidad y de presión del caudal de aire secundario F puede provocar una degradación de las prestaciones de la turbomáquina 100, en concreto, de su rendimiento y de su operatividad, una reducción de su resistencia mecánica y un aumento de la contaminación acústica que genera el ventilador 11. Por lo demás, el espacio necesario que se debe a los brazos 31 y/o a los separadores 32, cuando estos brazos o separadores son independientes del estátor 20, contribuye a aumentar la longitud total de la turbomáquina 100 y, por lo tanto, su peso.

Un método que se ha considerado para reducir estas perturbaciones causadas por los brazos 31 o separadores 32 consiste en fusionar una pala 21 con un brazo 31, añadiendo un segmento de puenteo intermedio. No obstante, en las realizaciones existentes de tal elemento de enderezamiento de flujo que se combina con la función de carenado de un brazo estructural, la parte aguas arriba de este elemento todavía genera distorsiones de los campos de velocidad y de presión del flujo que son susceptibles de perturbar el funcionamiento del ventilador 11.

Aunque la utilización de tal elemento, con las funciones combinadas de enderezamiento de flujo y de carenado de obstáculo, se acabe de describir en el marco de un estátor de ventilador de turbopropulsor, se pueden implementar utilidades similares al nivel de un compresor de la turbomáquina 100 o entre el compresor y la zona de combustión de la turbomáquina 100 o también al nivel de una turbina de esta. En función de cada utilización, la naturaleza del obstáculo, así como la configuración del paso del aire en flujo pueden variar. En la parte general de la presente descripción ya se han dado ejemplos de obstáculos. Para un estátor de ventilador, de compresor o de turbina, el flujo aeráulico está poco inclinado localmente con respecto al eje del rotor. En cambio, en el caso de un estátor de compresor centrífugo, el flujo aeráulico puede ser radial divergente. La [Fig. 2a] y la [Fig. 2b] ilustran estos dos tipos de configuraciones, denominadas axial y radial, respectivamente. De forma general, la referencia 11 designa las palas del rotor 12, A-A designa también el eje común del rotor 12 y del estátor 20 y las referencias 22 y 23 designan las dos paredes opuestas que limitan el paso del flujo de aire al nivel del estátor 20. Las palas 21 del estátor 20 son, por lo tanto, sustancialmente perpendiculares a las dos paredes 22 y 23, al igual que las superficies de elementos de carenado de acuerdo con la invención que están integrados en el estátor 20. La referencia 31 designa un obstáculo que está situado en el flujo F y la referencia 33 designa un elemento de carenado que es de acuerdo con la invención y que rodea el obstáculo 31. En lo sucesivo, se utiliza un sistema de coordenadas cilíndricas cuyo plano de coordenadas polares es perpendicular al eje A-A y el eje de coordenada cartesiana se superpone al eje A-A. De este modo, la dirección axial es la del eje A-A y cualquier dirección radial corta perpendicularmente el eje A-A estando identificada por un ángulo  $\theta$  alrededor del eje A-A según el sistema de coordenada polar.

La invención se presenta, en este momento, en el caso de una configuración axial, con referencia a la [Fig. 3a] y la [Fig. 3b]. De forma habitual, la sección de paso del flujo F en un plano de corte que es perpendicular al eje A-A designa la superficie que está comprendida entre las paredes 22 y 23 en el interior de este plano. Puede variar cuando el plano de corte se desplaza a lo largo del eje A-A, aumentando o disminuyendo según el diseño de la turbomáquina 100. De manera independiente y simultáneamente, el radio medio del paso del flujo F, medido radialmente a partir del eje A-A, también puede aumentar o disminuir durante el desplazamiento del plano de corte a lo largo del eje A-A. En la [Fig. 3a], la sección de paso se designa por S y el radio medio de paso medio se designa por  $r_m$ .

Las otras notaciones que se utilizan en la [Fig. 3b] tienen los siguientes significados:

LE: borde de ataque de cada elemento de carenado 33

SE: superficie de extradós de cada elemento de carenado 33  
 SI: superficie de intradós de cada elemento de carenado 33  
 SE<sub>U</sub>: parte aguas arriba de cada superficie de extradós SE  
 SE<sub>D</sub>: parte aguas abajo de cada superficie de extradós SE  
 SE<sub>TZ</sub>: zona de transición de cada superficie de extradós SE.

Valores nominales del flujo F al nivel del estátor 20 están definidos por el flujo de aire, tal como resulta de un régimen de funcionamiento identificado para la turbomáquina 100, cuando el estátor 20 no incluye elemento de carenado 33. Estos valores nominales, que caracterizan un régimen de flujo tomado para referencia, determinan, en concreto, la velocidad del aire al nivel de un extremo aguas arriba de un elemento de carenado que está destinado a ser incorporado en el estátor 20, con la orientación de esta velocidad, para cada punto de la sección de paso correspondiente. Esta velocidad del aire posee una componente axial,  $v_z$ , que es paralela al eje A-A, una componente radial,  $v_r$ , que está orientada radialmente y de manera perpendicular al eje A-A y una componente tangencial,  $v_e$ , que está orientada perpendicularmente a las direcciones axial y radial en el lugar donde se caracteriza esta velocidad.

Según la invención, la parte aguas arriba SE<sub>U</sub> de la superficie de extradós SE de un elemento de carenado 33 que está dispuesto en el paso de flujo se puede determinar de la siguiente forma:

*/a/* se determina, en primer lugar, una huella en el paso de flujo, para unir las paredes 22 y 23, estando destinada a superponerse al borde de ataque LE del elemento de carenado 33;

*/b/* para cada punto de esta huella, una dirección de la velocidad vectorial del flujo F en este punto, de acuerdo con los valores nominales de este flujo, constituye una dirección que es tangente a la superficie de extradós SE del elemento de carenado 33 al nivel del borde de ataque LE;

*/c/* la superficie de extradós SE del elemento de carenado 33 se prolonga, entonces, poco a poco a partir de su borde de ataque LE hasta su zona de transición SE<sub>TZ</sub>, para permanecer tangente en cada punto a la velocidad vectorial del flujo F en el mismo punto, cuando este flujo todavía es de acuerdo con los valores nominales. La parte aguas arriba SE<sub>U</sub> de la superficie de extradós SE se construye, de este modo, hasta la zona de transición SE<sub>TZ</sub>; luego

*/d/* la parte aguas abajo SE<sub>D</sub> de la superficie de extradós SE, así como la zona de transición SE<sub>TZ</sub> entre esta parte aguas abajo SE<sub>D</sub> y la parte aguas arriba SE<sub>U</sub> de la superficie de extradós SE, tal como se construye en la etapa */c/* y también la superficie de intradós SI se determinan para rodear el obstáculo 31.

Los inventores descubrieron que la construcción de la parte aguas arriba de la superficie de extradós de acuerdo con las etapas */a/* a */c/* reducía la alteración del campo de presión del flujo que está provocada por el elemento de carenado, con respecto a los valores nominales. Además, esta reducción es suficiente cuando la construcción se prolonga hasta una dimensión sobre el eje A-A donde el espesor del elemento de carenado, tal como se completa en la etapa */d/*, es al menos igual al 50 % del espesor del obstáculo.

Los inventores también descubrieron que esta construcción de la parte aguas arriba de la superficie de extradós garantizaba que la presión del aire en el flujo en presencia del elemento de carenado, permanece sustancialmente idéntica sobre la parte aguas arriba de la superficie de extradós a sus valores en ausencia del elemento de carenado y del obstáculo, cuando las condiciones de producción del flujo sean idénticas a las de los valores nominales. Un límite superior del 5 %, preferentemente 3 % o mejor 2 %, para las variaciones de presión que existen en la parte aguas arriba de la superficie de extradós respecto al valor nominal de presión sobre el borde de ataque, garantiza que las perturbaciones causadas por el elemento de carenado aguas arriba de este no sean entorpecedoras, incluso cuando se dispone un rotor aguas arriba del elemento de carenado estando cerca.

Los inventores descubrieron también que la evolución de la sección de paso S y del radio medio  $r_m$  en función de la dimensión z sobre el eje A-A, en la ubicación de la parte aguas arriba de la superficie de extradós, determinan la curvatura de esta parte aguas arriba de superficie de extradós a lo largo de las líneas de corriente. En concreto, la parte aguas arriba de superficie de extradós presenta una convexidad que es tanto mayor en cuanto que la sección de paso S disminuye en la dirección del flujo F en la ubicación de esta parte aguas arriba de la superficie de extradós. Esta primera variación resulta de una conservación del caudal del flujo F paralelamente al eje A-A.

Además, la convexidad de la parte aguas arriba de la superficie de extradós es tanto mayor en cuanto que el radio medio de paso  $r_m$  aumenta en la dirección del flujo F en la ubicación de esta parte aguas arriba de superficie de extradós. Esta segunda variación resulta de una conservación del momento cinético del flujo F desplazándose paralelamente al eje A-A, cuando posee una componente de rotación no nula aguas arriba del elemento de carenado.

De hecho, las dos variaciones de la convexidad de la superficie de extradós SE en su parte aguas arriba SE<sub>U</sub> se combinan una con la otra y posiblemente también con otras contribuciones que resultan de causas diferentes, tales como, por ejemplo, una variación de temperatura del aire paralelamente al eje A-A o efectos de viscosidad del aire. De este modo, las etapas */b/* y */c/* indicadas anteriormente permiten optimizar la parte aguas arriba de cada superficie de extradós para tener en cuenta variaciones de sección de paso y de radio medio de paso que pueden estar presentes al nivel de esta parte aguas arriba de superficie de extradós.

La [Fig. 4] es un diagrama que superpone las secciones transversales de dos elementos de carenado de acuerdo con la invención, tales que estas secciones aparecen en una superficie cilíndrica de eje A-A. El eje horizontal de este diagrama es el eje z y el eje vertical es el ángulo polar  $\theta$ . Los dos elementos de carenado tienen el mismo borde de ataque LE y la misma superficie de intradós SI. Las referencias que son relativas por separado a la superficie de extradós de cada elemento de carenado se completan por el índice 1 o el índice 2, respectivamente. La superficie de extradós  $SE_1$  del primer elemento de carenado es convexa en su parte aguas arriba, anotada  $SE_{U_1}$ , correspondiente a un efecto preponderante de una reducción de la sección de paso S, mientras que la superficie de extradós  $SE_2$  del segundo elemento de carenado es cóncava en la correspondiente parte aguas arriba de superficie de extradós, anotada  $SE_{U_2}$ . El segundo elemento de carenado corresponde a un efecto preponderante de una reducción del radio medio de paso  $r_m$ . Las dos partes aguas arriba de las superficies de extradós  $SE_{U_1}$  y  $SE_{U_2}$  que están representados en la [Fig. 4] corresponden a una misma dirección de incidencia del flujo F al nivel del borde de ataque LE, tal como se indica por el segmento rectilíneo en trazo discontinuo. Esta dirección de incidencia es la estipulada por los valores nominales del flujo F. Para estos dos ejemplos, el límite entre la parte aguas arriba  $SE_{U_1}$  (respectivamente  $SE_{U_2}$ ) y la zona de transición  $SE_{TZ_1}$  (respectivamente  $SE_{TZ_2}$ ) de la superficie de extradós  $SE_1$  (resp.  $SE_2$ ) se elige para corresponder aproximadamente al 60 % del espesor angular  $e_{31}$  del obstáculo 31 que está destinado a estar contenido en cada elemento de carenado. En función del diseño de la turbomáquina 100 a la que se aplica la invención y en función de la naturaleza del obstáculo 31, su espesor puede variar entre algunos milímetros y 150 mm. Como aparece esto en la [Fig. 4], la parte aguas arriba de superficie de extradós  $SE_{U_2}$  es más corta que la  $SE_{U_1}$ , paralelamente al eje AA. El espacio necesario longitudinal de un elemento de carenado que posee la superficie de extradós  $SE_2$  se puede, por lo tanto, reducir, con respecto a la utilización de la superficie de extradós  $SE_1$ . Esta reducción de longitud del elemento de carenado, que es aportada por la concavidad de la parte aguas arriba de superficie de extradós, se acumula con otra posible reducción de la longitud total de la turbomáquina que resulta de la fusión de una pala de estátor con el elemento de carenado que rodea el obstáculo.

Para un elemento de carenado de acuerdo con la invención, la etapa /b/ que se indicó más arriba se ejecuta por separado a partir de varios puntos del borde de ataque LE. La curvatura que resulta de ello en la etapa /c/ para la parte aguas arriba de superficie de extradós SEu puede, entonces, variar entre líneas de corriente del flujo F que pasan por diferentes puntos del borde de ataque LE, para el mismo elemento de carenado. La [Fig. 5] muestra, de este modo, dos perfiles de superficie de extradós de un mismo elemento de carenado de acuerdo con la invención: uno designado por SE(22) para usar al nivel de la pared 22 y el otro designado por SE(23) para usar al nivel de la pared 23. La [Fig. 5] también muestra que el borde de ataque LE está más retrocedido hacia aguas abajo del flujo F al nivel de la pared 23 que al nivel de la pared 22. Además, la parte aguas arriba de superficie de extradós al nivel de la pared 22 es ligeramente convexa, mientras que la que está al nivel de la pared 23 es ligeramente cóncava. La parte aguas arriba de la superficie de extradós SEu es, entonces, una superficie no desarrollable. Los ejes horizontal y vertical de la [Fig. 5] son los mismos que los de la [Fig. 4] y la superficie de intradós SI es la misma al nivel de las dos paredes 22 y 23.

Un elemento de carenado 33 de acuerdo con la invención puede estar aislado dentro de la turbomáquina 100, por ejemplo, para rodear una transmisión de arrancador entre un motor eléctrico de arranque que está situado en el exterior de la pared 23 y el rotor 12 que está situado en el interior de la pared 22.

Alternativamente, un elemento de carenado 33 de acuerdo con la invención puede integrarse en un estátor de turbomáquina, que está dispuesto aguas abajo de una corona de palas de rotor. Tal estátor produce una función de enderezamiento de flujo. El estátor 20 de la [Fig. 6] posee una configuración axial y está provisto de una pluralidad de palas 21 que están escalonadas angularmente alrededor del eje A-A. Según la invención, el estátor 20 puede estar provisto, además, de un elemento de carenado 33, tal como se describe anteriormente o provisto de varios de tales elementos de carenado 33. Por ejemplo, ocho elementos de carenado 33 pueden estar repartidos a equidistancia angularmente en el estátor 20, entre las palas 21 de este. Varias palas 21, por ejemplo, doce palas 21, puede ser intermediarias entre dos elementos de carenado 33 que son angularmente sucesivos alrededor del eje A-A dentro del estátor 20. Cada elemento de carenado 33 tiene como primera función rodear un obstáculo 31 al que está dedicado este elemento de carenado. Para ello y con la finalidad de perturbar poco o lo menos posible el campo de presión al nivel del rotor 12, cada superficie de extradós SE está diseñada de acuerdo con la invención para su parte aguas arriba SEu. Su parte aguas abajo SE<sub>D</sub> está diseñada, entonces, para producir la función de enderezamiento de flujo en coherencia con las palas 21.

Preferentemente, las palas 21 del estátor 20 pueden estar desfasadas axialmente entre palas sucesivas, además de estar desfasadas angularmente, como es visible esto en la [Fig. 6]. De este modo, dos palas 21 que son sucesivas alrededor del eje A-A poseen entre sí al menos los dos componentes de desfase siguientes: un componente de desfase angular alrededor del eje A-A y un componente de desfase axial que es paralelo al eje A-A. De este modo, las palas 21 de una misma serie que es intermediaria entre dos elementos de carenado 33 pueden estar alineadas oblicuamente entre una parte aguas arriba de la superficie de intradós SI de uno de estos dos elementos de carenado 33, en la proximidad de su borde de ataque LE y una parte que está más retrocedida hacia aguas abajo del flujo F, de la superficie de extradós SE del otro elemento de carenado 33, por ejemplo, su zona de transición  $SE_{TZ}$ .

En particular, en un caso donde el paso del flujo F presenta una variación de su radio medio  $r_m$  al nivel del estátor 20, las palas 21 de una misma serie que es intermediaria entre dos elementos de carenado 33 pueden estar desfasadas,

además, entre dos palas sucesivas según una componente desfase suplementaria, que es radial. Cuando las paredes 22 y 23 son localmente cónicas en un mismo sentido, tal componente radial de desfase puede ser una consecuencia de la componente axial de desfase, como aparece esto en la [Fig. 6].

- 5 A título de comparación, la utilización del estátor 20 de la [Fig. 6] en lugar de un estátor anterior, tal como se conocía antes de la presente invención, permitió reducir en el 75 % los esfuerzos inestables que se ejercen sobre el rotor 12 y mejorar en el 1 % el rendimiento global del compresor. En el estátor anterior que se utiliza como referencia para esta comparación, los elementos de carenado que rodean los obstáculos 31 no están fusionados con algunas de las palas 21 de este estátor anterior y las partes aguas arriba de las superficies de extradós de los elementos de carenado no tienen curvatura, tal como se prevé por la invención. A partir de tal estátor anterior, fusionar los elementos de carenado con algunas de las palas 21 del estátor 20, utilizando partes aguas arriba de superficies de extradós que son planas para estos elementos de carenado, no reduce más que en el 35 % los esfuerzos inestables que se ejercen sobre el rotor 12 y simultáneamente no reduce más que en el 0,5 % el rendimiento global del compresor.
- 10
- 15 Una vez diseñado geométricamente según la invención, cada elemento de carenado o un estátor que incorpora al menos uno de estos, puede fabricarse según uno de los métodos conocidos por el experto en la materia, apropiado en función de la ubicación en la que se encuentra(n) el(los) elemento(s) de carenado en cuestión dentro de la turbomáquina.
- 20 La invención también se puede aplicar a un estátor que posee una configuración radial, por ejemplo, tal como se muestra en la [Fig. 2b]. Tal configuración se utiliza, por ejemplo, en un compresor de baja presión, en concreto, un compresor de turbomotor de pequeño tamaño. En este caso, el estátor 20 forma una corona periférica que está dispuesta radialmente alrededor del rotor 12, siendo coaxial con este último según el eje A-A. Como se ilustra en la [Fig. 7] que es una vista en un plano perpendicular al eje A-A, el estátor 20 puede incluir varios elementos de carenado 33 que están repartidos angularmente alrededor del eje A-A, cada uno alrededor de un obstáculo diferente 31. El plano de corte de la [Fig. 7] se indica en la [Fig. 2b]. El borde de ataque LE de cada elemento de elemento de carenado 33 puede ser, entonces, sustancialmente paralelo al eje A-A y su parte aguas arriba de superficie de extradós SEu es de acuerdo con la presente invención. Al igual que anteriormente, varias guías de enderezamiento de flujo 21, por ejemplo, dos guías 21, pueden intercalarse dentro del estátor 20 de configuración radial entre dos elementos de carenado 33 que son sucesivos alrededor del eje A-A. Estas dos guías 21 pueden presentar, entonces, desfases radiales progresivos  $\Delta r$ , por ejemplo, a partir del borde de ataque LE de uno de los elementos de carenado 33 en dirección de la zona de transición SE<sub>TZ</sub> de la superficie de extradós SE del siguiente elemento de carenado 33.
- 25
- 30
- 35 Se entiende que la invención puede reproducirse modificando aspectos secundarios de los modos de realización que se han descrito en detalle anteriormente, conservando al mismo tiempo al menos algunas de las ventajas citadas. En concreto, se recuerda que la invención es aplicable a cualquier elemento de carenado que está dispuesto en un paso de fluido, cualquiera que sea la turbomáquina que incorpora este paso de fluido y cualquiera que sea la ubicación de este elemento de carenado dentro de esta máquina. En concreto, es particularmente ventajosa para elementos de carenado que están situados en el circuito primario o en el circuito secundario, de turbomáquinas aeronáuticas.

## REIVINDICACIONES

1. Elemento de carenado (33) destinado a ser colocado en un paso de flujo de un fluido y destinado a rodear un obstáculo (31) que atraviesa el paso, de modo que el elemento de carenado guía el flujo del fluido sobre dos lados opuestos del obstáculo,
- estando el elemento de carenado (33) diseñado para valores nominales de varios parámetros del flujo, de los que al menos una densidad del fluido, variaciones respectivas de una sección (S) y de un radio medio ( $r_m$ ) del paso a lo largo del flujo, una dirección del flujo en el paso, un valor de velocidad del flujo y un ángulo de incidencia del flujo con respecto al obstáculo (31) aguas arriba de dicho obstáculo,
- poseyendo el elemento de carenado (33) una superficie de extradós (SE) y una superficie de intradós (SI) y un borde de ataque (LE) que forma una arista de unión entre las superficies de extradós y de intradós y que está destinado a estar situado aguas arriba del obstáculo (31) con respecto al flujo,
- estando el elemento de carenado (33) **caracterizado por que** la superficie de extradós (SE) posee una forma adaptada para producir, dentro de una parte del fluido que fluye a lo largo de dicha superficie de extradós de acuerdo con los valores nominales, variaciones de presión que son inferiores al 5 % en valores absolutos, de un valor de presión del fluido en el flujo que existe al nivel del borde de ataque (LE), cuando dichas variaciones de presión se determinan entre dos puntos cualesquiera de la superficie de extradós que están situados entre el borde de ataque y una zona del elemento de carenado, llamada zona de transición ( $SE_{TZ}$ ), donde un espesor local de dicho elemento de carenado entre las superficies de extradós (SE) y de intradós (SI) está comprendido entre el 50 % y el 100 % de un espesor máximo ( $e_{31}$ ) del obstáculo (31), midiéndose dichos espesores transversalmente con respecto al flujo.
2. Elemento de carenado (33) según la reivindicación 1, en el que la superficie de extradós (SE) es cóncava o convexa entre el borde de ataque (LE) y la zona de transición ( $SE_{TZ}$ ), a lo largo de una línea de corriente del flujo que sigue dicha superficie de extradós.
3. Elemento de carenado (33) según la reivindicación 1 o 2, en el que valores de curvatura de la superficie de extradós (SE) son diferentes entre dos líneas de corriente que cruzan el borde de ataque (LE) en diferentes puntos de dicho borde de ataque, midiéndose dichos valores de curvatura en planos paralelos a las líneas de corriente y perpendiculares a la superficie de extradós.
4. Elemento de carenado (33) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una parte al menos de la superficie de extradós (SE), que está situada aguas abajo de la zona de transición ( $SE_{TZ}$ ), y la superficie de intradós (SI) tienen formas respectivas que están adaptadas para producir un cambio de inclinación del flujo entre una primera zona del paso aguas arriba del elemento de carenado y una segunda zona del paso aguas abajo de dicho elemento de carenado.
5. Elemento de carenado (33) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la forma de la superficie de extradós (SE) está adaptada de modo que las variaciones de presión que se producen dentro de la parte del fluido que fluye a lo largo de dicha superficie de extradós, entre dos puntos cualesquiera de la superficie de extradós que están situados entre el borde de ataque (LE) y la zona de transición ( $SE_{TZ}$ ), sean inferiores al 3 %, preferentemente inferiores al 2 %, en valores absolutos, del valor de presión del fluido en el flujo que existe al nivel del borde de ataque.
6. Turbomáquina (100) que comprende un rotor (12), un estátor (20) y un paso de flujo de gas que atraviesa el rotor y el estátor, comprendiendo, además, dicha turbomáquina al menos un obstáculo (31) que se extiende a través del paso y al menos un elemento de carenado (33) que es de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores y que rodea el obstáculo.
7. Turbomáquina (100) según la reivindicación 6, en la que el estátor (20) comprende una pluralidad de palas de enderezamiento (21) del flujo, que están repartidas angularmente alrededor de un eje (A-A) del estátor y comprende, además, el al menos un elemento de carenado (33), siendo cada elemento de carenado del estátor de acuerdo con la reivindicación 4, y donde las palas de enderezamiento (21) del estátor (20), además de estar desfasadas angularmente alrededor del eje de dicho estátor, están desfasadas progresivamente ya sea paralelamente al eje (A-A) de dicho estátor, o a lo largo de direcciones radiales perpendiculares al eje del estátor, o cada una según una combinación de un desfase paralelo al eje del estátor y de otro desfase a lo largo de una dirección radial perpendicular a dicho eje del estátor, entre la superficie de intradós (SI) de un elemento de carenado (33) del estátor y la superficie de extradós (SE) del siguiente elemento de carenado del estátor girando progresivamente alrededor del eje del estátor.
8. Turbomáquina (100) según la reivindicación 6 o 7, de uno de los siguientes tipos:
- una turbomáquina aeronáutica, comprendido un turboreactor, un turbopropulsor de doble flujo o un turbomotor de compresor centrífugo,
  - una turbomáquina de túnel de viento terrestre o
  - una turbomáquina destinada a producir energía eléctrica,

y en la que el elemento de carenado (33) está situado al nivel de un compresor de la turbomáquina (100) o entre el compresor y una zona de combustión de la turbomáquina o al nivel de una turbina de dicha turbomáquina aguas abajo de la zona de combustión o en un paso secundario de gas aguas abajo de un ventilador (11) que está destinado a ser accionado en rotación por dicha turbomáquina.

9. Procedimiento de fabricación de un elemento de carenado (33) destinado a ser colocado en un paso de flujo de un fluido y destinado a rodear un obstáculo (31) que atraviesa el paso, de modo que el elemento de carenado guíe el flujo del fluido sobre dos lados opuestos del obstáculo, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:

/1/ recopilar valores nominales de varios parámetros del flujo, de los que al menos una densidad del fluido, variaciones respectivas de una sección (S) y de un radio medio ( $r_m$ ) del paso a lo largo del flujo, una dirección del flujo en el paso, un valor de velocidad del flujo y un ángulo de incidencia del flujo con respecto al obstáculo (31) aguas arriba de dicho obstáculo;

/2/ determinar una superficie de extradós (SE) y una superficie de intradós (SI) del elemento de carenado (33), con un borde de ataque (LE) que forma una arista de unión entre las superficies de extradós y de intradós y que está destinado a estar situado aguas arriba del obstáculo (31) con respecto al flujo; y

/3/ fabricar el elemento de carenado (33) de acuerdo con las superficies de extradós (SE) y de intradós (SI) determinadas en la etapa /2/,

estando el procedimiento **caracterizado por que** en la etapa /2/ se determina una forma de la superficie de extradós (SE) para producir, dentro de una parte del fluido que fluye a lo largo de dicha superficie de extradós de acuerdo con los valores nominales recopilados en la etapa /1/, variaciones de presión que son inferiores al 5 % en valores absolutos, de un valor de presión del fluido en el flujo que existe al nivel del borde de ataque (LE), cuando dichas variaciones de presión se determinan entre dos puntos cualesquiera de dicha superficie de extradós situados entre el borde de ataque y una zona del elemento de carenado, llamada zona de transición ( $ZE_{TZ}$ ), donde un espesor local de dicho elemento de carenado entre las superficies de extradós (SE) y de intradós (SI) está comprendido entre el 50 % y el 100 % de un espesor máximo ( $e_{31}$ ) del obstáculo (31), midiéndose dichos espesores transversalmente con respecto al flujo.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, según el que el elemento de carenado (33) es de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.

11. Procedimiento según la reivindicación 9 o 10, según el que la forma de la superficie de extradós (SE) tal como se determina en la etapa /2/ resulta de una combinación de varias contribuciones de convexidad a lo largo de líneas de corriente, en una parte de dicha superficie de extradós que está situada entre el borde de ataque (LE) y la zona de transición ( $SE_{TZ}$ ), de entre las que:

- una primera contribución de convexidad, que es una función creciente de una reducción de una sección del paso (S) a lo largo del flujo; y

- una segunda contribución de convexidad, que es otra función creciente de un aumento de un radio medio ( $r_m$ ) del paso a lo largo del flujo.

12. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, según el que, en la etapa /2/, una parte aguas arriba ( $SE_u$ ) de la superficie de extradós (SE) del elemento de carenado (33), que está situada entre el borde de ataque (LE) y la zona de transición ( $ZE_{TZ}$ ), se determina de la siguiente forma:

/a/ determinar, en primer lugar, una huella en el paso del flujo del fluido, para conectar dos paredes opuestas (22, 23) que limitan dicho paso de flujo, estando dicha huella destinada a superponerse al borde de ataque (LE) del elemento de carenado (33);

/b/ para cada punto de la huella, una dirección de una velocidad vectorial del flujo en dicho punto, de acuerdo con los valores nominales de los parámetros del flujo, constituye una dirección que es tangente a la superficie de extradós (SE) del elemento de carenado (33) al nivel del borde de ataque (LE); y

/c/ la superficie de extradós (SE) del elemento de carenado (33) se prolonga, a continuación, poco a poco a partir del borde de ataque (LE) hasta la zona de transición ( $SE_{TZ}$ ), para permanecer tangente en cada punto a la velocidad vectorial del flujo en dicho punto, cuando el flujo todavía es de acuerdo con los valores nominales de los parámetros, estando, de este modo, construida la parte aguas arriba ( $SE_u$ ) de la superficie de extradós hasta la zona de transición;

comprendiendo la etapa /2/, además:

/d/ determinar una forma de la superficie de extradós (SE) en la zona de transición ( $SE_{TZ}$ ), así como una parte aguas abajo ( $SE_D$ ) de la superficie de extradós, que está situada en un lado de la zona de transición opuesto a la parte aguas arriba ( $SE_u$ ) de dicha superficie de extradós y también una superficie de intradós (SI) del elemento de carenado (33), para rodear el obstáculo (31).

13. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, según el que los valores nominales de los

parámetros de la flujo del fluido están definidos por una flujo identificado de dicho fluido en el paso de flujo cuando dicho paso de flujo no incluye obstáculo (31) ni elemento de carenado (33).

- 5 14. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, según el que el elemento de carenado (33) está destinado a incorporarse en una turbomáquina (100) que es de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8.

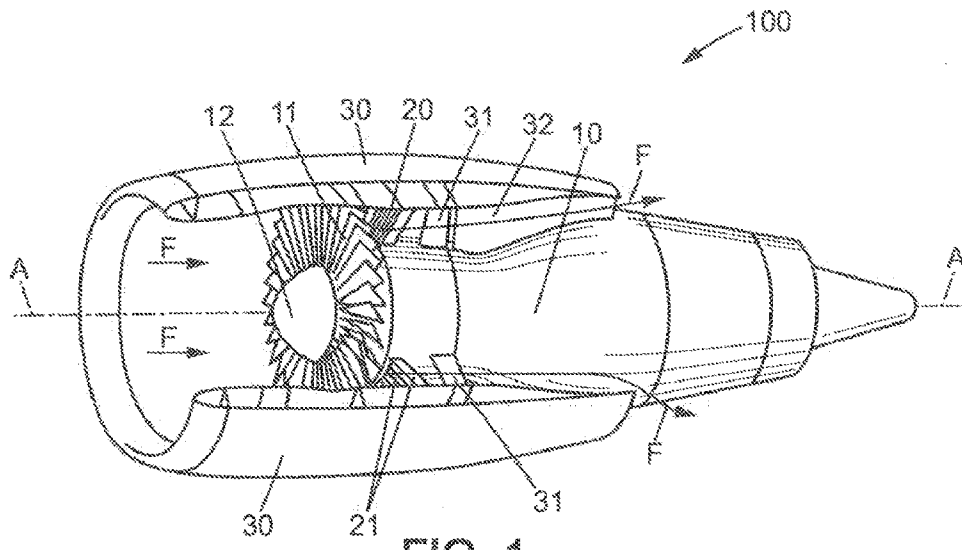
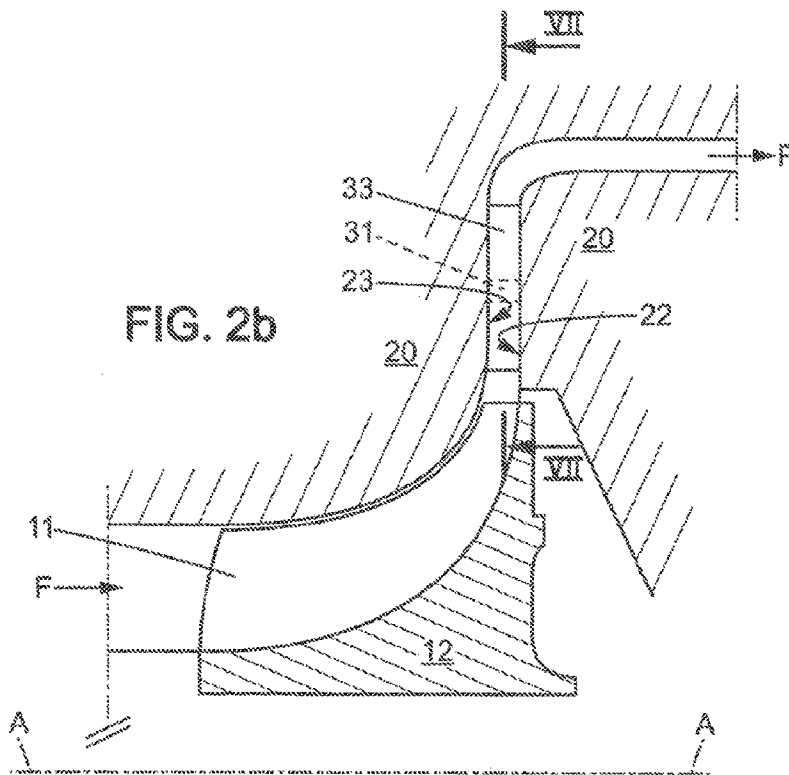
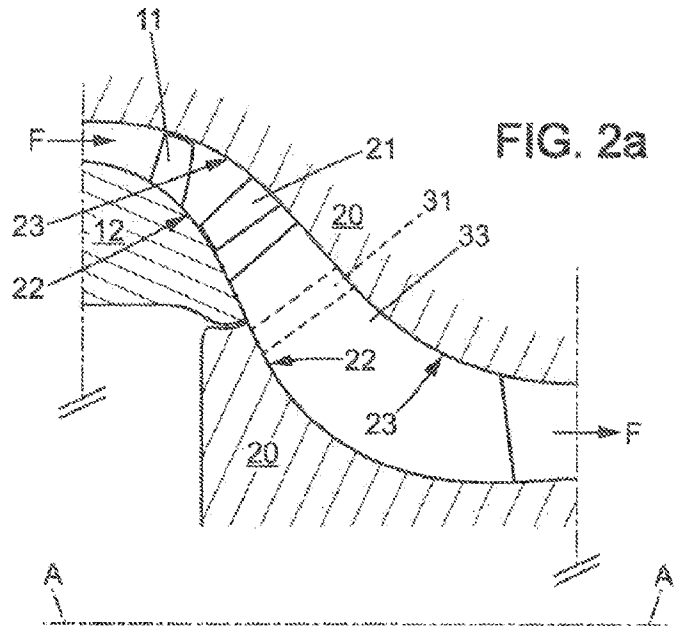


FIG. 1





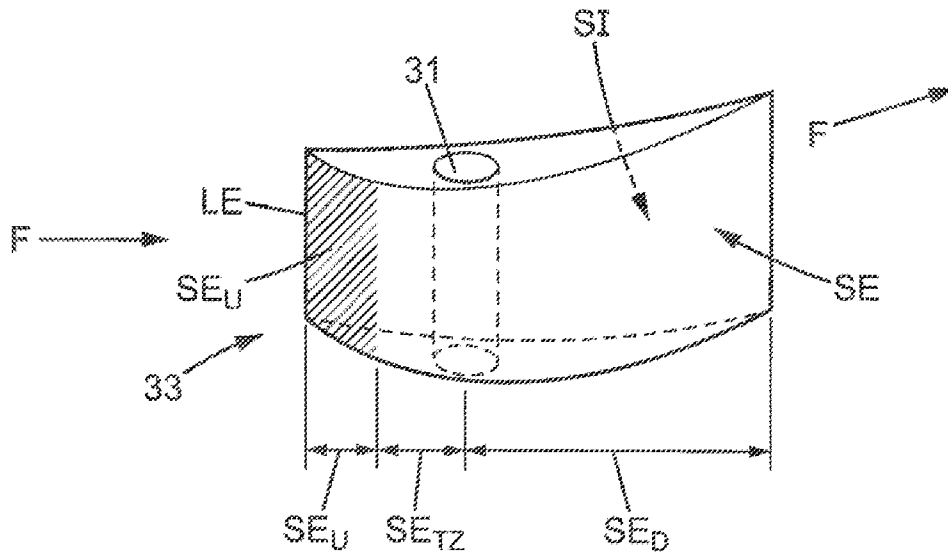


FIG. 3b

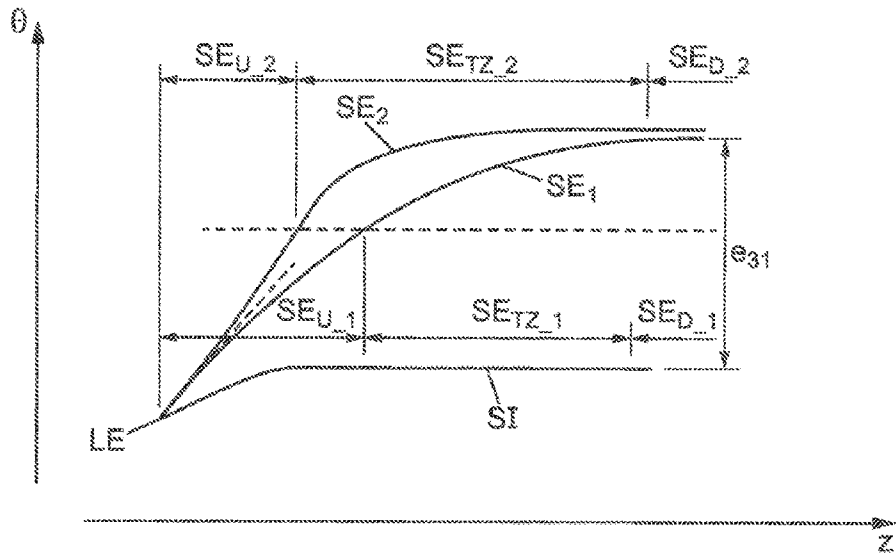


FIG. 4

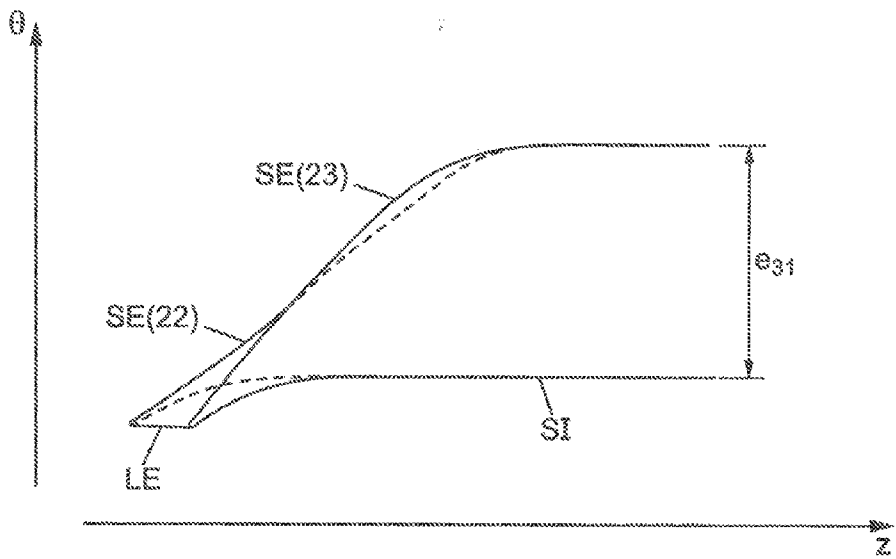
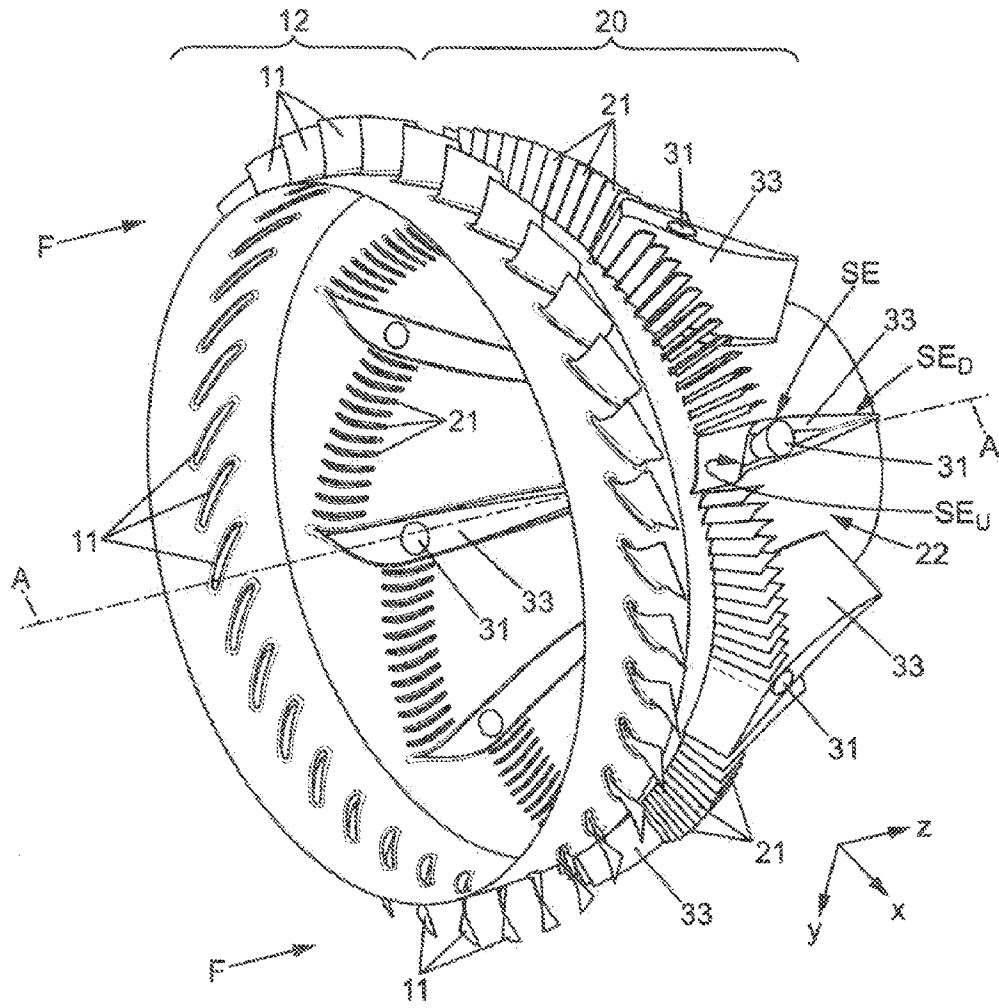


FIG. 5



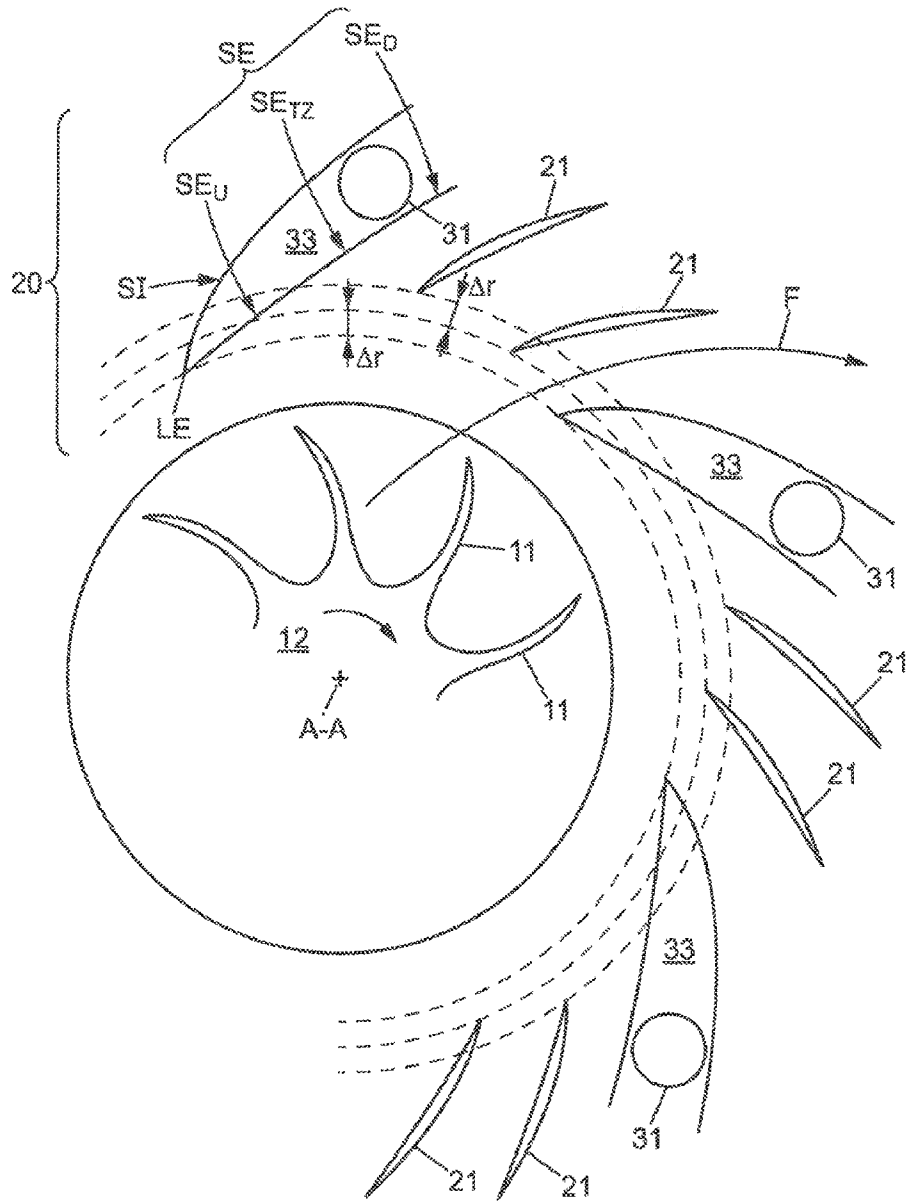


FIG. 7