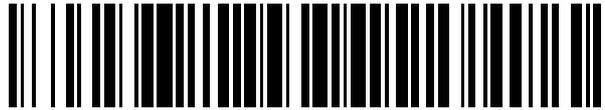


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 395 900**

51 Int. Cl.:

F02K 1/48

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2004 E 04291154 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2012 EP 1482160**

54 Título: **Tobera de turbomáquina con reducción de ruido**

30 Prioridad:

28.05.2003 FR 0306484

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

15.02.2013

73 Titular/es:

**SNECMA (100.0%)
2 BOULEVARD DU GÉNÉRAL MARTIAL VALIN
75015 PARIS, FR**

72 Inventor/es:

**BARDAGI, THIERRY, C/O BAT. A, ESC. 2, APPT.
65;
DRAVET, ALAIN y
DOUSSINAULT, MARC**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 395 900 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

Tobera de turbomáquina con reducción de ruido.

Antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere al ámbito general de las toberas que equipan a las turbomáquinas. Ésta pretende de modo más particular reducir el ruido de origen aerodinámico del chorro generado a la salida de las toberas de flujos separados de turbomáquinas de aviones, especialmente durante las fases de despegue de estos aviones.

10 Las toberas que equipan a las turbomáquinas de aviones se componen generalmente de un cuerpo central rodeado por una caperuza primaria a fin de formar entre los dos un primer canal anular de dilución para la evacuación de un flujo primario. Una caperuza secundaria rodea a la caperuza primaria para formar un segundo canal anular de dilución para la evacuación de un flujo secundario. Los flujos primario y secundario terminan, antes del escape, en una parte convergente, un cuello y una parte divergente. El conjunto de estos elementos de la tobera es generalmente de forma axisimétrica. La presente invención se refiere de modo más preciso a las toberas cuyo cuerpo central es de tipo externo, es decir cuyo borde de fuga está localizado aguas abajo de la caperuza primaria.

15 La presente invención pretende reducir el ruido de chorro generado a la salida de las toberas, especialmente durante las fases de despegue de los aviones en el transcurso de las cuales la velocidad de eyección de los flujos primario y secundario es altamente subsónica, es decir del orden de aproximadamente 0,9 Mach (régimen subsónico alto). Con estas velocidades de evacuación, hay que respetar dos imperativos: es necesario, por una parte, conservar secciones constantes en tres dimensiones tanto a nivel del cuello como a nivel de la parte divergente de la tobera a fin de mantener las prestaciones aerodinámicas de la tobera y de garantizar una conservación del caudal y, por otra,
20 mantener secciones transversales constantes en toda la circunferencia de la tobera a fin de evitar zonas de sobrevelocidades locales. Este segundo imperativo implica que, cualesquiera que sean los planos de corte acimutal, la sección axisimétrica equivalente (medida en la estación del cuello) permanezca constante en toda la circunferencia de la tobera. En efecto, a un régimen subsónico alto, las sobrevelocidades locales pueden generar pérdidas de prestaciones aerodinámicas, incluso ruidos parásitos suplementarios en caso de choque.

25 A fin de reducir el ruido de chorro aerodinámico generado a la salida de las toberas, es conocido favorecer la mezcla entre los flujos primario y secundario procedentes de la turbomáquina. A tal efecto, la patente US 5.924.632 propone especialmente integrar lóbulos en las caperuzas primaria y secundaria, presentando la extremidad libre del cuerpo central diferentes geometrías posibles. Asimismo, la patente FR 2.529.956 describe un sistema de eyección de flujos mezclados en el que la caperuza primaria está provista de lóbulos y el cuerpo central está parcialmente provisto de ondulaciones. La aplicación de estas tecnologías a una evacuación de los flujos en subsónico alto no es satisfactoria. En efecto, no se respetan los imperativos descritos anteriormente, especialmente el que se refiere a la conservación de secciones transversales constantes en toda la circunferencia de la tobera. Resultan así sobrevelocidades locales que generan, a régimen subsónico alto, choques que son origen de ruidos parásitos suplementarios y que disminuyen las prestaciones aerodinámicas de la tobera.

35 Véase también el documento US-A- 6 082 635.

Objeto y resumen de la invención

40 La presente invención pretende por tanto paliar tales inconvenientes, proponiendo una tobera de flujos separados que permita obtener una reducción del ruido de chorro, especialmente a régimen subsónico alto, favoreciendo la mezcla entre los flujos por la creación de cizalladuras y de efectos turbulentos al tiempo que se respeten los imperativos de conservación del caudal y de las secciones transversales en toda la circunferencia de la tobera.

45 A tal efecto, está prevista una tobera de turbomáquina que comprende una caperuza primaria sensiblemente cilíndrica que se extiende según un eje longitudinal de la tobera, un cuerpo central dispuesto concéntricamente en el interior de la caperuza primaria y que se extiende más allá de una extremidad libre de la caperuza primaria por una parte sensiblemente cónica a fin de definir, entre la caperuza primaria y el cuerpo central, un primer canal anular de dilución para la evacuación de un flujo primario que tenga una sección transversal sensiblemente constante en toda la circunferencia de la tobera, y una caperuza secundaria que rodea concéntricamente a la caperuza primaria a fin de definir un segundo canal anular de dilución para la evacuación de un flujo secundario, presentando la extremidad libre de la caperuza primaria una superficie que comprende una primera serie de ondulaciones repartidas regularmente alrededor del eje longitudinal de la tobera, estando formada la primera serie de ondulaciones por ondulaciones negativas que se extienden radialmente hacia el interior con respecto a la caperuza primaria, en alternancia con ondulaciones positivas que se extienden hacia el exterior con respecto a la caperuza primaria. De acuerdo con la invención, el cuerpo central presenta, al menos a nivel de una parte enfrente de la citada superficie ondulada de la extremidad libre de la caperuza primaria, una segunda serie de ondulaciones repartidas regularmente alrededor del eje longitudinal de la tobera, estando formada la segunda serie de ondulaciones por ondulaciones negativas que se extienden radialmente hacia el interior con respecto al cuerpo central, en alternancia con ondulaciones positivas que se extienden radialmente hacia el exterior con respecto al cuerpo central, teniendo las ondulaciones negativas y positivas de las primera y segunda series de ondulaciones una altura radial que varía

angularmente y estando dispuestas de modo que las ondulaciones negativas de la primera serie de ondulaciones están dispuestas enfrente de las ondulaciones negativas de la segunda serie de ondulaciones e inversamente a fin de generar entre los flujos primario y secundario, aguas abajo de las ondulaciones, una turbulencia y una cizalladura radial al tiempo que se conserve una sección transversal constante en toda la circunferencia de la tobera.

5 De esta manera, la integración de ondulaciones negativas y positivas en la caperuza primaria y en el cuerpo central permite generar una mezcla importante entre los flujos primario y secundario. Esta mezcla importante se obtiene especialmente por una cizalladura radial entre los flujos y por una turbulencia a nivel de las evacuaciones a la salida de la tobera. Estas ondulaciones permiten igualmente disminuir las velocidades de las evacuaciones en el eje longitudinal de la tobera a fin de acentuar la mezcla a la salida de la tobera. Por otra parte, se conserva el caudal de los flujos primario y secundario y la sección transversal permanece constante en toda la circunferencia de la tobera de modo que las prestaciones aerodinámicas de la tobera no se vean afectadas por estas ondulaciones y que se evite cualquier riesgo de sobrevelocidad local.

10 La superficie ondulada del cuerpo central puede extenderse longitudinalmente en toda la longitud o solamente en una parte de la parte cónica del cuerpo central.

15 En el caso en que la superficie ondulada se extienda solo parcialmente sobre la parte cónica del cuerpo central, la superficie no ondulada de esta parte cónica puede comprender una pluralidad de brazos sensiblemente rectangulares que se extienden longitudinalmente más allá de una extremidad libre de la parte cónica del cuerpo central en el sentido de su longitud y radialmente en el sentido de su anchura, y se entrecortan en el eje longitudinal de la tobera. Estos brazos permiten así aumentar la amplitud de la cizalladura radial entre los flujos primario y secundario. Los brazos son preferentemente de iguales longitudes y de iguales anchuras y son simétricos con respecto al eje longitudinal de la tobera.

20 Ventajasamente, los brazos están dispuestos en la prolongación de las ondulaciones negativas de la segunda serie de ondulaciones. En efecto, aguas abajo de estas ondulaciones negativas, la evacuación del flujo primario tiene tendencia a dirigirse hacia el exterior de la pared de la parte cónica del cuerpo central lo que genera una cizalladura radial entre los flujos. La presencia de brazos en la prolongación de estas ondulaciones negativas permite aumentar esta desviación externa de la evacuación y por tanto aumentar el efecto de cizalladura radial.

25 De acuerdo con una característica ventajosa de la invención, los brazos presentan, a nivel de una extremidad libre, medios que permiten generar una cizalladura radial suplementaria entre los flujos primario y secundario. Estos medios de cizalladura suplementaria pueden ser ranuras longitudinales que forman un ángulo con el eje longitudinal de la tobera vuelto hacia aguas abajo de ésta. La evacuación inducida en la proximidad de estas ranuras es así desviada en la dirección de estas ranuras. Actuará entonces una cizalladura radial entre la evacuación que se encuentra en la proximidad de estas ranuras (evacuación que se separa del eje longitudinal de la tobera) y la situada entre los brazos (evacuación que se aproxima al eje longitudinal de la tobera). Los medios de cizalladura suplementaria pueden también tomar la forma de aletas longitudinales que permiten igualmente acentuar la cizalladura en su proximidad y disminuir la velocidad de evacuación en el eje longitudinal de la tobera aguas abajo de los brazos.

30 De acuerdo con otra característica ventajosa de la invención, la extremidad libre de la caperuza primaria comprende, aguas abajo de la primera serie de ondulaciones, una serie de lengüetas formada por lengüetas negativas dispuestas en la prolongación de las ondulaciones negativas de la primera serie de ondulaciones en alternancia con lengüetas positivas dispuestas en la prolongación de las oscilaciones positivas de la primera serie de ondulaciones. Estas lengüetas permiten aumentar la amplitud de la cizalladura entre los flujos primario y secundario, especialmente en las medias y altas frecuencias. En efecto, las lengüetas interfieren simultáneamente en los flujos primario y secundario. Las desviaciones de las zonas de evacuación en el lado del flujo primario y en el lado del flujo secundario así generadas son asiento de una cizalladura radial importante entre ellas, y entre cada zona de evacuación delimitada por las lengüetas tiene lugar una fuerte mezcla de los flujos. Las lengüetas pueden por ejemplo tener una forma de vertedero o bien de saliente.

35 De acuerdo todavía con otra característica ventajosa de la invención, las ondulaciones de la segunda serie de ondulaciones presentan una torsión angular con respecto al eje longitudinal de la tobera de modo que generan una rotación de la evacuación del flujo primario. Tal rotación, acumulada a la cizalladura y a la turbulencia a nivel de los flujos primario y secundario, permite aumentar la mezcla a la salida de la tobera y por tanto aumentar la reducción del ruido generado. Preferentemente, las ondulaciones de la primera serie de ondulaciones presentan además una torsión angular equivalente a la de las ondulaciones de la segunda serie de modo que se genera una rotación de las evacuaciones de los flujos primario y secundario. De acuerdo con la invención, otra manera de generar una rotación de las evacuaciones de los flujos primario y secundario es dotar a las ondulaciones negativas y positivas de la primera serie de ondulaciones con al menos una entalladura o con al menos una aleta directriz que forme un ángulo con el eje longitudinal de la tobera.

Breve descripción de los dibujos

Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la descripción hecha en lo que sigue, refiriéndose a los dibujos anejos que ilustran un ejemplo de realización de ésta desprovisto de cualquier carácter limitativo. En las figuras:

- 5 - la figura 1 es una vista en perspectiva de una tobera de turbomáquina de acuerdo con un primer modo de realización de la invención;
- las figuras 2A y 2B son vistas en corte respectivamente transversal y longitudinal de la tobera de la figura 1;
- la figura 3 es una vista en perspectiva de una tobera de turbomáquina de acuerdo con un segundo modo de realización de la invención;
- las figuras 4 y 5 son vistas en perspectiva de la tobera de la figura 3 de acuerdo con dos variantes de realización;
- 10 - las figuras 6A y 6B son vistas respectivamente en perspectiva y en corte transversal de la caperuza primaria de una tobera de acuerdo con un tercer modo de realización de la invención;
- las figuras 7A y 7B son vistas respectivamente en perspectiva y en corte transversal de la caperuza primaria de una tobera de acuerdo con una variante del tercer modo de realización de la invención;
- la figura 8 es una vista en perspectiva de una tobera de acuerdo con un cuarto modo de realización de la invención;
- 15 - la figura 9 es una vista en perspectiva de una tobera de acuerdo con un quinto modo de realización de la invención;
- la figura 10 es una vista en perspectiva de la caperuza primaria de una tobera de acuerdo con un sexto modo de realización de la invención; y
- la figura 11 es una vista parcial y en perspectiva de una variante de la caperuza primaria de la figura 10.

Descripción detallada de un modo de realización

20 De modo en sí conocido, una turbomáquina (no ilustrada en las figuras) comprende una soplante arrastrada en rotación por un generador de gas colocado aguas arriba de la soplante. Típicamente, el generador de gas comprende un compresor, una cámara de combustión y una turbina. Una caperuza primaria está colocada circularmente alrededor del generador de gas y un cuerpo central está fijado a una extremidad aguas arriba del generador de gas. El cuerpo central está dispuesto concéntricamente en el interior de la caperuza primaria a fin de delimitar un primer canal anular para la evacuación de los gases de combustión procedentes del generador de gas. Estos gases de combustión forman el flujo primario de la turbulencia. Asimismo, una barquilla o caperuza secundaria está dispuesta concéntricamente alrededor de la caperuza primaria. La caperuza secundaria está separada radialmente de la caperuza primaria a fin de delimitar un segundo canal anular para la evacuación del aire de dilución de la soplante de turbomáquina. El aire de la soplante constituye el flujo secundario de la turbomáquina. El cuerpo central y las caperuzas primaria y secundaria de la turbomáquina forman así la tobera de eyección de la turbomáquina.

Las figuras 1, 2A y 2B representan una tobera de turbomáquina de acuerdo con un modo de realización de la invención. Como se explicó anteriormente, esta tobera 2, de forma axisimétrica con respecto a un eje longitudinal X-X, se compone de un cuerpo central 4, de una caperuza primaria 6 y de una caperuza secundaria 8 que tienen generalmente una forma cilíndrica y que están dispuestos concéntricamente uno respecto de otro.

En la figura 1, las referencias 10 y 12 designan respectivamente el primer canal anular de dilución para la evacuación del flujo primario y el segundo canal anular de dilución para la evacuación del flujo secundario de la turbomáquina. El cuerpo central 4 de la tobera es de tipo externo, es decir que su borde de fuga se extiende longitudinalmente más allá de una extremidad libre 14 de la caperuza primaria 6. Éste termina en una parte 16 sensiblemente cónica. Por otra parte, la caperuza secundaria 8 de la tobera representada en las figuras 1 y 2B no se extiende en toda la longitud de la caperuza primaria 6. Sin embargo, la invención puede aplicarse igualmente a una tobera cuya caperuza secundaria se extienda en toda la longitud de la caperuza primaria, incluso más allá de ésta.

La tobera de eyección 2 permite separar los flujos primario y secundario procedentes de la turbomáquina. A nivel de la extremidad libre 14 de la caperuza primaria 6, los gases de combustión que forman el flujo primario se mezclan con el aire de dilución del flujo secundario. La geometría axisimétrica de la tobera tiene tendencia a generar un ruido importante aguas abajo de la caperuza primaria, especialmente durante las fases de despegue de los aviones.

La presente invención prevé una geometría particular del cuerpo central 4 y de la caperuza primaria 6 de la tobera que permita disminuir este ruido generado a la salida de la tobera al tiempo que se conserven prestaciones aeronáuticas aceptables.

50 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, la extremidad libre 14 de la caperuza primaria 6 presenta una superficie 18 que comprende una primera serie de ondulaciones repartidas regularmente alrededor del eje longitudinal X-X de la tobera. Esta primera serie de ondulaciones está formada por ondulaciones negativas 20,

preferentemente en número de ocho, que se extienden radialmente hacia el interior con respecto a la caperuza primaria 6 y que están dispuestas en alternancia con otras tantas ondulaciones positivas 22. Estas ondulaciones positivas se extienden radialmente hacia el exterior con respecto a la caperuza primaria. Como se ilustra en la figura 1, los pliegues formados por la primera serie de ondulaciones se atenúan progresivamente aguas arriba de la superficie ondulada 18 con el fin de recobrar la forma original sensiblemente cilíndrica de la caperuza primaria 6.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, el cuerpo central 4 presenta, al menos a nivel de una parte 24 enfrente de la superficie ondulada 18 de la extremidad libre 14 de la caperuza primaria 6, un segunda serie de ondulaciones repartidas regularmente alrededor del eje longitudinal X-X de la tobera. Esta segunda serie de ondulaciones está formada igualmente por ondulaciones negativas 26 que se extienden radialmente hacia el interior con respecto al cuerpo central 4, en alternancia con ondulaciones positivas 28 que se extienden radialmente hacia el exterior con respecto al cuerpo central. Los pliegues formados en la parte 24 del cuerpo central 4 de la tobera están realizados de modo que las ondulaciones negativas 20 de la primera serie de ondulaciones quedan dispuestas enfrente de las ondulaciones negativas 26 de la segunda serie de ondulaciones e inversamente. Igual que en los pliegues formados en la caperuza primaria 6, los pliegues formados en la parte 24 del cuerpo central 4 se atenúan progresivamente hacia aguas arriba. En la figura 1, estos mismos pliegues se atenúan también hacia aguas abajo a fin de recobrar la forma original de la parte cónica 16 del cuerpo central. Sin embargo, puede imaginarse igualmente que la superficie ondulada 24 del cuerpo central 4 se extienda longitudinalmente en toda la parte cónica 16 del cuerpo central.

Los pliegues formados a la vez en la caperuza primaria 6 y en el cuerpo central 4 permiten así generar, aguas abajo de estas ondulaciones, una cizalladura radial entre las evacuaciones de los flujos primario y secundario. Por cizalladura radial, se entiende, en lo que sigue de la descripción, que ésta se aplica según una dirección radial con respecto a la geometría sensiblemente cilíndrica de la tobera.

Tal cizalladura radial está ilustrada especialmente en la figura 2B en la cual las flechas F1 y F2 representan la dirección de la evacuación respectiva de los flujos primario y secundario. Aguas abajo de las superficies onduladas de la caperuza primaria y del cuerpo central se provoca además una turbulencia entre los flujos primario y secundario. Las ondulaciones o pliegues tienen tendencia igualmente a reducir la velocidad de las evacuaciones primaria y secundaria en el eje longitudinal X-X del motor a la salida de la tobera. Así, la combinación de los efectos de la turbulencia y de la cizalladura radial, asociada a una reducción de la velocidad axial de los flujos, permite obtener una mejor mezcla de los flujos primario y secundario y por tanto conduce a una reducción del ruido de chorro emitido por la tobera. La amplitud (o altura radial) de los pliegues formados en la caperuza primaria 6 y en el cuerpo central 4 de la tobera está por otra parte optimizada a fin de limitar los despegues de los flujos y evitar cualquier riesgo de sobrevelocidades a nivel de estos pliegues.

Continuando de acuerdo con la invención, se observará además, refiriéndose especialmente a la figura 2A, que las ondulaciones positivas y negativas de la primera y de la segunda series de ondulaciones presentan una altura radial (o amplitud) que varía angularmente en toda la circunferencia de la tobera. Esta característica de la invención permite conservar secciones transversales equivalentes en toda la circunferencia de la tobera. Así, la distancia radial entre la superficie ondulada 18 de la caperuza primaria 6 y la superficie ondulada 24 del cuerpo central 4 varía en toda la circunferencia de la tobera. Especialmente, la distancia radial d1 entre una cualquiera de las ondulaciones positivas 22 de la caperuza primaria y la ondulación positiva 28 del cuerpo central dispuesta enfrente es sensiblemente diferente de la distancia radial d2 entre una cualquiera de las ondulaciones negativas 20 de la caperuza primaria y la ondulación negativa 26 correspondiente del cuerpo central. En efecto, las distancias d1 y d2 son elegidas de modo que las coronas trazadas a partir de d1 y de d2 presenten secciones idénticas. Por otra parte, el trazado de la ondulaciones formadas en la caperuza primaria y en el cuerpo central de la tobera es tal que se conservan las secciones en tres dimensiones a nivel del cuello y de la parte divergente de la tobera con respecto a una tobera de forma axisimétrica.

De este modo, las prestaciones aerodinámicas de la tobera no se ven afectadas por estas ondulaciones, se conserva el caudal de los flujos primario y secundario y se evita cualquier riesgo de sobrevelocidad local, especialmente a un régimen subsónico alto. Ensayos realizados en túnel aerodinámico han mostrado una reducción acumulada de ruido del orden de 3,4 dB con respecto a una tobera axisimétrica existente de cuerpo central externo y del orden de 5,4 dB con respecto a una tobera axisimétrica existente de cuerpo central interno.

La figura 3 representa una tobera de acuerdo con un segundo modo de realización de la invención. En este modo de realización, el cuerpo central 4 y la caperuza primaria 6 de la tobera comprenden las mismas superficies onduladas 18, 24 que la tobera ilustrada en la figura 1. En particular, la superficie ondulada 24 del cuerpo central 4 se extiende longitudinalmente solo parcialmente en la parte cónica del cuerpo central.

De acuerdo con este modo de realización, la superficie no ondulada de la parte cónica del cuerpo central 4 que forma su parte terminal comprende una pluralidad de brazos 30 que permiten aumentar la amplitud de la cizalladura radial entre las evacuaciones de los flujos primario y secundario. Estos brazos 30 tienen una forma sensiblemente rectangular: por una parte, estos se extienden longitudinalmente en el sentido de su longitud más allá de una extremidad libre de la parte cónica 16 del cuerpo central 4 y, por otra, se extienden radialmente en el sentido de su anchura. Los brazos se entrecortan en el eje longitudinal X-X de la tobera y ventajosamente son de iguales longitudes y de iguales anchuras. Por otra parte, estos son preferentemente simétricos con respecto al eje

longitudinal X-X de la tobera y su espesor es relativamente pequeño con respecto a sus otras dimensiones a fin de no degradar las prestaciones aerodinámicas de la tobera.

5 El número de brazos 30 puede ser independiente del número de pliegues formados en el cuerpo central 4 y su disposición angular (o acimutal) puede variar según los casos. Sin embargo, parece ventajoso situar estos brazos 30 en la prolongación de las ondulaciones negativas 26 del cuerpo central 4, siendo por tanto el número de brazos proporcional al número de ondulaciones.

10 Esta disposición particular está ilustrada en la figura 3: el cuerpo central 4 comprende, a nivel de su superficie ondulada 24, ocho ondulaciones negativas 26 y, a nivel de su superficie no ondulada, ocho brazos 30 simétricos con respecto al eje longitudinal X-X y dispuestos en la prolongación de estas ondulaciones negativas. Tal disposición presenta la ventaja de aumentar sensiblemente la cizalladura radial generada aguas abajo de la tobera y por tanto de participar en la reducción del ruido generado a la salida de la tobera, especialmente a nivel de las bajas frecuencias (por disminución notable de la velocidad axial aguas abajo del cuerpo central). En efecto, aguas abajo de las ondulaciones negativas 26 del cuerpo central 4, la evacuación de los flujos primario y secundario tiene tendencia a dirigirse fuera del eje longitudinal X-X de la tobera, lo que provoca una cizalladura radial entre los flujos. 15 Los brazos 30 dispuestos en la prolongación de estas ondulaciones negativas, participarán así en acentuar esta cizalladura. Se observará igualmente que a nivel de los sectores angulares definidos entre los brazos, se crea una turbulencia suplementaria entre estos brazos y se combina al efecto de cizalladura para participar en la reducción del ruido.

20 De acuerdo con dos variantes de este segundo modo de realización de la invención ilustradas por las figuras 4 y 5, es posible además disponer, a nivel del borde de fuga de los brazos 30, medios que permiten generar una cizalladura radial suplementaria entre los flujos primario y secundario al tiempo que reducen la velocidad axial aguas abajo del cuerpo central.

25 En el ejemplo de realización de esta variante representado por la figura 4, en la extremidad libre de los brazos 30 están así practicadas ranuras o entalladuras longitudinales 32. Estas ranuras se forman un ángulo con el eje longitudinal X-X de la tobera. A fin de evitar un despegue en la parte divergente de la tobera, este ángulo está comprendido por ejemplo entre 0° y 5°. Además, este ángulo está vuelto hacia aguas abajo de la tobera, es decir hacia el exterior del eje longitudinal X-X de la tobera. De esta manera, se canaliza la evacuación F3 de los flujos primario y secundario inducido en la proximidad de las ranuras 32 en la dirección de estas ranuras. Debido a esto, se generará una cizalladura radial suplementaria en la proximidad del borde de fuga de los brazos 30 entre la evacuación inducida en la proximidad de los brazos (evacuación que se separa del eje longitudinal X-X de la tobera) y la situada entre los brazos (evacuación que se aproxima al eje longitudinal X-X). Se observará igualmente que, además de generar una cizalladura radial suplementaria, la presencia de estas ranuras permite disminuir la repartición de la velocidad axial de evacuación de los flujos primario y secundario aguas abajo del cuerpo central de la tobera.

35 El número, la forma, la longitud y el ángulo de separación con respecto al eje longitudinal X-X de las ranuras 32 pueden además variar según los casos. En el ejemplo de la figura 4, los brazos 30 presentan así cada uno al menos cuatro ranuras 32 dispuestas dos a dos simétricamente con respecto al eje longitudinal X-X de la tobera. En este caso, es preferible inclinar las ranuras 32a más alejadas del eje longitudinal X-X un ángulo mayor que las ranuras 32b más próximas a este eje longitudinal. Esta característica ventajosa permite desviar gradualmente la evacuación inducida en esta zona y por tanto evitar las evacuaciones de los flujos. 40

Alternativamente, los medios que permiten generar una cizalladura radial suplementaria pueden estar realizados en forma de aletas longitudinales 34 como está ilustrado en la figura 5. En el sentido de su anchura, estas aletas 34 están dispuestas perpendicularmente a los brazos 30. En el sentido de su longitud, las aletas pueden ser paralelas al eje longitudinal X-X o inclinadas con respecto a éste un ángulo divergente de 5° como máximo.

45 El número, la longitud, la anchura, el emplazamiento en los brazos y el perfil de las aletas 34 pueden variar según los casos. En particular, las aletas 34 pueden estar situadas en la extremidad libre de los brazos 30 o bien extenderse en la totalidad de la longitud de los brazos a fin de aumentar artificialmente su espesor y por tanto de acentuar la cizalladura radial. En el ejemplo de la figura 5, los brazos 30 pueden presentar cada uno al menos dos aletas 34 simétricas con respecto al eje longitudinal X-X de la tobera.

50 La función de estas aletas 34 es idéntica a la de las ranuras descritas anteriormente: éstas permiten generar una cizalladura radial suplementaria y disminuir la velocidad axial de evacuación de los flujos aguas abajo del cuerpo central de la tobera en las mismas condiciones que las ranuras. Por el contrario, éstas presentan una superficie mojada más importante que las ranuras y por tanto permiten aumentar la cizalladura radial.

55 Se hace referencia ahora a las figuras 6A, 6B y 7A, 7B que ilustran parcialmente una tobera de acuerdo con un tercer modo de realización de la invención. Por razones de claridad, solo está representada en estas figuras la caperuza primaria 6 de la tobera. Naturalmente, el cuerpo central y la caperuza primaria presentan siempre superficies onduladas de acuerdo con el principio general de la invención definido en relación con la figura 1. Así, la extremidad libre 14 de la caperuza primaria 6 de acuerdo con este modo de realización de la invención presenta una

superficie 18 provista de la primera serie de ondulaciones (esta serie de ondulaciones no está sin embargo representada en las figuras 6A y 7A. Además, el cuerpo central puede comprender brazos provistos eventualmente de ranuras o aletas como está ilustrado en las figuras 3 a 5.

5 De acuerdo con este tercer modo de realización de la invención, la extremidad libre 14 de la caperuza primaria comprende, aguas abajo de la primera serie de ondulaciones, una serie de lengüetas formada por lengüetas negativas 36, 40 dispuestas en la prolongación de las ondulaciones negativas de la primera serie de ondulaciones en alternancia con lengüetas positivas 38, 42 dispuestas en la prolongación de las ondulaciones positivas de la primera serie de ondulaciones. De este modo, las lengüetas negativas 36, 40 se extienden radialmente hacia el interior con respecto a la caperuza primaria, mientras que las lengüetas positivas 38, 42 se extienden radialmente hacia el exterior con respecto a la caperuza primaria. El número de lengüetas corresponde por tanto al número de ondulaciones de la caperuza primaria. Además, la forma de las lengüetas es variable: la extremidad libre de las lengüetas puede ser por ejemplo redondeada de modo que forman vertederos negativos 36 y positivos 38 (véanse las figuras 6A, 6B) o bien ser puntiaguda de modo que forman pliegues en forma de salientes negativos 40 y positivos 42 (véanse las figuras 7A, 7B).

15 Las lengüetas, así dispuestas en el borde de la caperuza primaria 6 de la tobera, permiten aumentar la amplitud de la cizalladura radial entre los flujos primario y secundario por tanto acentuar la disminución del ruido generado a la salida de la tobera, especialmente a nivel de las medias y altas frecuencias (por aumento de la mezcla entre los flujos fuera de la zona axial del chorro). En efecto, estas lengüetas interfieren simultáneamente con las evacuaciones del flujo primario y del flujo secundario. Por consiguiente las desviaciones internas y externas de las evacuaciones aumentan sensiblemente con respecto a una superficie simplemente ondulada y disminuye la superficie mojada con respecto a ondulaciones que se prolongaran al mismo nivel que estas lengüetas. Así pues, esto permite reducir las pérdidas por rozamiento aerodinámico. Las desviaciones de las evacuaciones en los lados del flujo primario y el flujo secundario son así asiento de una cizalladura radial importante entre ellas lo que aumenta la mezcla entre cada zona de evacuación delimitada por las lengüetas.

20 Por otra parte, estando dispuestas las lengüetas en la prolongación de las ondulaciones, se evita cualquier problema de rotura de pendiente que puede provocar despegues de los flujos. Se observará igualmente que la utilización de vertederos presenta una doble ventaja con respecto a los angulares: por una parte, la superficie mojada es más importante lo que provoca una mayor una desviación de las evacuaciones y, por otra, la utilización de vertederos es más segura para las manipulaciones manuales.

25 De acuerdo con un cuarto modo de realización de la invención ilustrado por la figura 8, se introduce una torsión angular o curvatura acimutal a nivel de las primera y segunda serie de ondulaciones de modo que generan una rotación de las evacuaciones de los flujos primario y secundario a la salida de la tobera.

30 En la figura 8, se observa que las ondulaciones positivas y negativas de las superficies onduladas 18 y 24 de la caperuza primaria 6 y del cuerpo central 4 han experimentado una misma torsión angular con respecto al eje longitudinal X-X de la tobera. La torsión angular de las superficies onduladas 18 y 24 puede ser realizada por ejemplo en el sentido inverso al de la evacuación incidente que sale de brazos de cárter de una turbina de la turbomáquina.

35 Así, en la figura 8, las evacuaciones F4 y F5 de los flujos primario y secundario a lo largo de la caperuza primaria 6 y del cuerpo central 4 de la tobera experimentan una rotación en el sentido inverso al de la evacuación incidente que sale de los brazos del cárter de la turbina (no representado). Esta rotación de las evacuaciones permite aumentar el efecto de cizalladura entre los flujos primario y secundario y aumentar el fenómeno de turbulencia aguas abajo de la tobera. En efecto, en el caso de superficies onduladas de la caperuza primaria y del cuerpo central que no presenten torsión angular (como por ejemplo en la figura 1), las evacuaciones primaria y secundaria permanecen globalmente dirigidas según el eje longitudinal X-X de la tobera.

40 En la figura 8, el hecho de « retorcer » las superficies onduladas 18, 24 de la caperuza primaria y del cuerpo central de la tobera permite inducir una rotación a las evacuaciones de los flujos primario y secundario. La consecuencia de tal rotación es generar, además de la cizalladura radial inducida por las ondulaciones, una zona de cizalladura tangencial entre los flujos primario y secundario y el flujo de aire externo a la tobera, estando dirigido este último, como está indicado por la flecha F6, según el eje longitudinal X-X de la tobera. Por cizalladura tangencial, se entiende que ésta se aplica según una dirección tangencial con respecto a la geometría sensiblemente cilíndrica de la tobera.

45 Además, en la figura 8, la torsión angular es introducida a la vez a nivel de la superficie ondulada 18 de la caperuza primaria 6 y a nivel de la superficie ondulada 24 del cuerpo central 4. Sin embargo, es posible igualmente considerar que solo la superficie ondulada 24 del cuerpo central 4 de la tobera presente una torsión angular. En este caso, no representado en las figuras, es necesario, para el respeto de las secciones, que la torsión angular del cuerpo central 4 comience a partir de la sección de escape de la caperuza primaria 6. La torsión angular es generada entonces solamente a lo largo de la evacuación del flujo primario, estando dirigida la evacuación del flujo secundario a lo largo del eje longitudinal de la tobera. Este modo de realización permite así crear una zona de cizalladura tangencial entre el flujo primario y el flujo secundario.

De acuerdo con un quinto modo de realización de la invención representado por la figura 9, puede imaginarse también, hablando de una geometría de la tobera que comprende brazos 30 a nivel del cuerpo central como los definidos anteriormente, que estos brazos presenten una torsión angular.

5 En esta figura 9, el cuerpo central 4 comprende dos brazos 30 perpendiculares y dispuestos cada uno en la prolongación de ondulaciones negativas 26 del cuerpo central. Estos brazos presentan cada uno una torsión angular. Así, la evacuación del flujo primario adherente al cuerpo central 4 experimentará una rotación, lo que generará una turbulencia suplementaria aguas abajo de la tobera. Actuará además una cizalladura tangencial entre el flujo primario que está « retorcido » y el flujo secundario que está dirigido a lo largo del eje longitudinal X-X de la tobera. Combinándose entre sí estos dos efectos (cizalladura y turbulencia), se obtiene una gran atenuación del ruido aeronáutico. En efecto, ensayos realizados en túnel aerodinámico han mostrado una reducción acumulada de ruido del orden de 3,8 dB con respecto a una tobera axisimétrica existente de cuerpo central externo, y del orden de 10 5,8 dB con respecto a una tobera axisimétrica existente de cuerpo central interno.

15 Por otra parte, puede considerarse igualmente prever brazos que tengan una doble torsión angular: una primera torsión en el sentido de rotación de las agujas de un reloj y una segunda rotación en el sentido inverso. Así, las curvaturas opuestas de los brazos inducirán, en la evacuación inducida de proximidad, una rotación en los dos sentidos posibles que acentuará sensiblemente el efecto de turbulencia.

20 Las figuras 10 y 11 representan una caperuza primaria 6 de una tobera de acuerdo con un sexto modo de realización de la invención. Por razones de claridad, solo está representada en estas figuras la caperuza primaria 6 de la tobera. Naturalmente, el cuerpo central comprende siempre una superficie ondulada de acuerdo con el principio general de la invención definido en relación con la figura 1.

25 En la figura 10, cada ondulación negativa 20 y positiva 22 de la superficie ondulada 18 de la caperuza primaria 6 de la tobera comprenden entalladuras 44 que forman un ángulo con el eje longitudinal X-X de la tobera. Estas entalladuras 44 (en número de dos por ondulación en la figura 10) permiten dirigir la evacuación del flujo inducido en su proximidad hacia el exterior del eje longitudinal según una desviación angular. La evacuación inducida en la proximidad es así « canalizada » en la dirección de estas entalladuras y es asiento de un movimiento rotatorio que repercute en las evacuaciones adyacentes.

30 En la figura 11, que solo representa parcialmente la caperuza primaria, las entalladuras están reemplazadas por aletas directrices 46 que forman igualmente un ángulo con el eje longitudinal X-X de la tobera. De la misma manera que para las entalladuras, estas aletas directrices 46 (en número de dos por ondulación en la figura 11) permiten igualmente generar una rotación de las evacuaciones inducidas en su proximidad. Sin embargo, las aletas directrices, que presentan una superficie mojada superior a las entalladuras, tienen un efecto de rotación más eficaz que las entalladuras.

35 Por otra parte, en las figuras 10 y 11, las dos entalladuras 44 o aletas directrices 46 por ondulación están inclinadas con respecto al eje longitudinal X-X según dos direcciones opuestas F7 y F8. Esta característica permite generar zonas de rotación en estas dos direcciones de modo que se crea entre estas dos zonas de rotación una zona de depresión. Esta zona de depresión favorece la mezcla entre los flujos aguas abajo de la caperuza primaria.

40 La presente invención permite así disminuir sensiblemente el ruido generado a la salida de la tobera favoreciendo la mezcla entre los flujos primario y secundario procedentes de la turbomáquina. Esta importante mezcla se obtiene creando una cizalladura radial y tangencial entre los flujos primario y secundario y actuando sobre la turbulencia y la velocidad axial de las evacuaciones.

45 Por otra parte, es posible combinar las diferentes características presentadas en la figuras 1 a 11 a fin de obtener una gran variedad de geometrías posibles de tobera. A tal efecto, deberá observarse especialmente que las diferentes disposiciones previstas en el borde de fuga del cuerpo central de la tobera permiten actuar sobre las bajas frecuencias del ruido generado a la salida de la tobera, mientras que las diferentes características previstas en el borde de fuga de la caperuza primaria influyen sobre las medias y altas frecuencias.

REIVINDICACIONES

1. Tobera de turbomáquina que comprende:

una caperuza primaria (6) sensiblemente cilíndrica que se extiende según un eje longitudinal (X-X) de la citada tobera,

5 un cuerpo central (4) dispuesto concéntricamente en el interior de la citada caperuza primaria y que se extiende más allá de una extremidad libre (14) de la citada caperuza primaria por una parte sensiblemente cónica (16) a fin de definir, entre la citada caperuza primaria (6) y el citado cuerpo central (4), un primer canal anular de dilución (10) para la evacuación de un flujo primario que tiene una sección transversal sensiblemente constante en toda la circunferencia de la tobera, y

10 una caperuza secundaria (8) que rodea concéntricamente a la caperuza primaria (6) a fin de definir un segundo canal anular de dilución (12) para la evacuación de un flujo secundario,

presentando la citada extremidad libre (14) de la caperuza primaria (6) una superficie (18) que comprende una primera serie de ondulaciones repartidas regularmente alrededor del citado eje longitudinal (X-X) de la tobera, estando formada la citada primera serie de ondulaciones por ondulaciones negativas (20) que se extienden radialmente hacia el interior con respecto a la citada caperuza primaria, en alternancia con ondulaciones positivas (22) que se extienden radialmente hacia el exterior con respecto a la citada caperuza primaria;

estando caracterizada la citada tobera porque el citado cuerpo central (4) presenta, al menos a nivel de una parte (24) enfrentada a la citada superficie ondulada (18) de la extremidad libre (14) de la caperuza primaria (6), una segunda serie de ondulaciones repartidas regularmente alrededor del citado eje longitudinal (X-X) de la tobera, estando formada la citada segunda serie de ondulaciones por ondulaciones negativas (26) que se extienden radialmente hacia el interior con respecto al citado cuerpo central, en alternancia con ondulaciones positivas (28) que se extienden radialmente hacia el exterior con respecto al cuerpo central, teniendo las citadas ondulaciones negativas (20, 26) y positivas (22, 28) de las citadas primera y segunda serie de ondulaciones una altura radial que varía angularmente y estando dispuestas de modo que las ondulaciones negativas (20) de la citada primera serie de ondulaciones están dispuestas enfrente de las ondulaciones negativas (26) de la citada serie de ondulaciones e inversamente a fin de generar entre los flujos primario y secundario, aguas abajo de las citadas ondulaciones, una turbulencia y una cizalladura radial al tiempo que conservan una sección transversal constante en toda la circunferencia de la citada tobera.

2. Tobera de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque la superficie ondulada (24) del cuerpo central (4) se extiende longitudinalmente en toda la parte cónica (16) del citado cuerpo central.

3. Tobera de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque la superficie ondulada (24) del cuerpo central (4) se extiende longitudinalmente parcialmente en toda la parte cónica (16) del citado cuerpo central.

4. Tobera de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizada porque una superficie no ondulada de la parte cónica (16) del cuerpo central (4) comprende una pluralidad de brazos (30) sensiblemente rectangulares que permiten aumentar la amplitud de cizalladura radial entre los citados flujos primario y secundario, extendiéndose los citados brazos (30) más allá de una extremidad libre de la citada parte cónica del cuerpo central en el sentido de su longitud y radialmente en el sentido de su anchura, y entrecortándose en el eje longitudinal (X-X) de la tobera.

5. Tobera de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizada porque los citados brazos (30) son de iguales longitudes e iguales anchuras y son simétricos con respecto al eje longitudinal (X-X) de la citada tobera.

6. Tobera de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 y 5, caracterizada porque los citados brazos (30) están dispuestos en la prolongación de las ondulaciones negativas (26) de la segunda serie de ondulaciones.

7. Tobera de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, caracterizada porque los citados brazos (30) presentan, a nivel de una extremidad libre, medios que permiten generar una cizalladura radial suplementaria entre los citados flujos primario y secundario.

8. Tobera de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizada porque los medios de cizalladura suplementaria son ranuras longitudinales (32) que forman un ángulo con el eje longitudinal (X-X) de la citada tobera vuelto hacia aguas abajo de ésta.

9. Tobera de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizada porque los brazos (30) presentan cada uno al menos cuatro ranuras (32) dispuestas dos a dos simétricamente con respecto al eje longitudinal (X-X) de la tobera, formando las ranuras (32a) más alejadas del citado eje longitudinal un ángulo con éste mayor que las ranuras (32b) más próximas al citado eje longitudinal de la tobera.

10. Tobera de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizada porque los citados medios de cizalladura suplementaria son aletas longitudinales (34) dispuestas perpendicularmente a los brazos (30).

11. Tobera de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizada porque los citados brazos (30) presentan cada uno al menos dos aletas (34) simétricas con respecto al eje longitudinal (X-X) de la citada tobera.
- 5 12. Tobera de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 11, caracterizada porque los citados brazos (30) presentan al menos una torsión angular con respecto al citado eje longitudinal (X-X) de la tobera de modo que generan una rotación de la evacuación del flujo primario.
- 10 13. Tobera de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizada porque la extremidad libre (14) de la caperuza primaria (6) comprende, aguas abajo de la primera serie de ondulaciones, una serie de lengüetas que permiten aumentar la amplitud de la cizalladura radial entre los citados flujos primario y secundario, estando formada la citada serie de lengüetas por lengüetas negativas (36, 38) dispuestas en la prolongación de las ondulaciones negativas (20) de la citada primera serie de ondulaciones en alternancia con lengüetas positivas (38, 42) dispuestas en la prolongación de las ondulaciones positivas (22) de la citada primera serie de ondulaciones.
- 15 14. Tobera de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizada porque una extremidad libre de las citadas lengüetas negativas y positivas está redondeada de modo que forman vertederos (36, 38).
- 15 15. Tobera de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizada porque una extremidad libre de las citadas lengüetas negativas y positivas es puntiaguda de modo que forman angulares (40, 42).
- 20 16. Tobera de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizada porque las ondulaciones (26, 28) de la citada segunda serie de ondulaciones presentan una torsión angular con respecto al citado eje longitudinal (X-X) de la tobera de modo que generan una rotación de la evacuación del flujo primario.
- 20 17. Tobera de acuerdo con la reivindicación 16, caracterizada porque las ondulaciones (20, 22) de la citada primera serie de ondulaciones presentan una torsión angular equivalente a las de las ondulaciones (26, 28) de la citada segunda serie de ondulaciones con respecto al citado eje longitudinal (X-X) de la tobera.
- 25 18. Tobera de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizada porque las ondulaciones negativas (20) y positivas (22) de la primera serie de ondulaciones comprenden al menos una entalladura (44) o al menos una aleta directriz (46) que forman un ángulo con el eje longitudinal (X-X) de la citada tobera de modo que generan una rotación de las evacuaciones de los flujos primario y secundario.
19. Tobera de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, caracterizada porque las citadas primera y segunda serie de ondulaciones están formadas cada una por ocho ondulaciones negativas (20, 26) en alternancia con ocho ondulaciones positivas (22, 28).

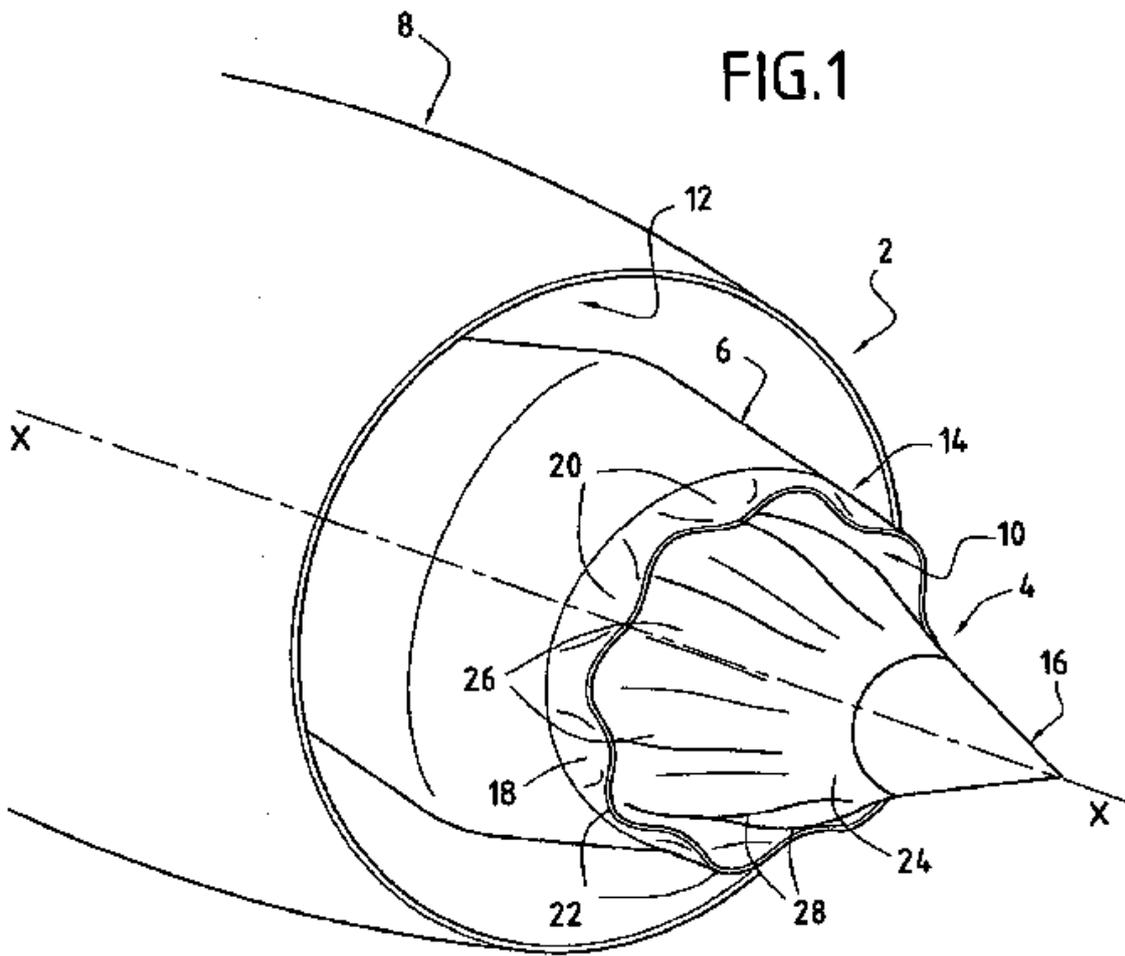


FIG. 1

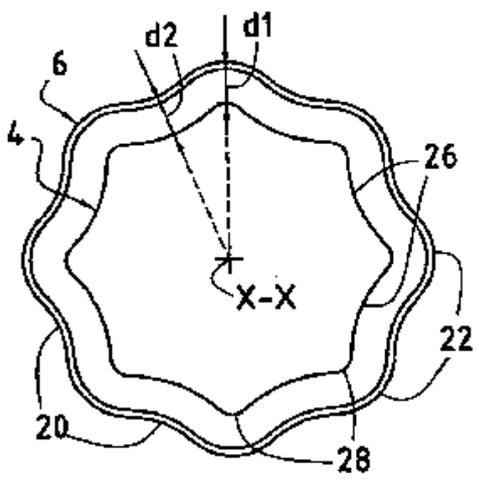


FIG. 2A

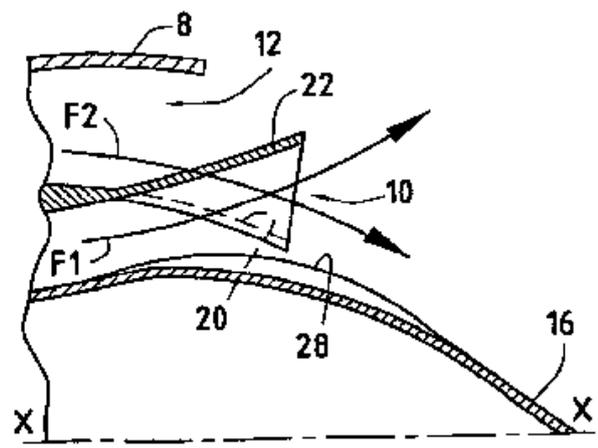
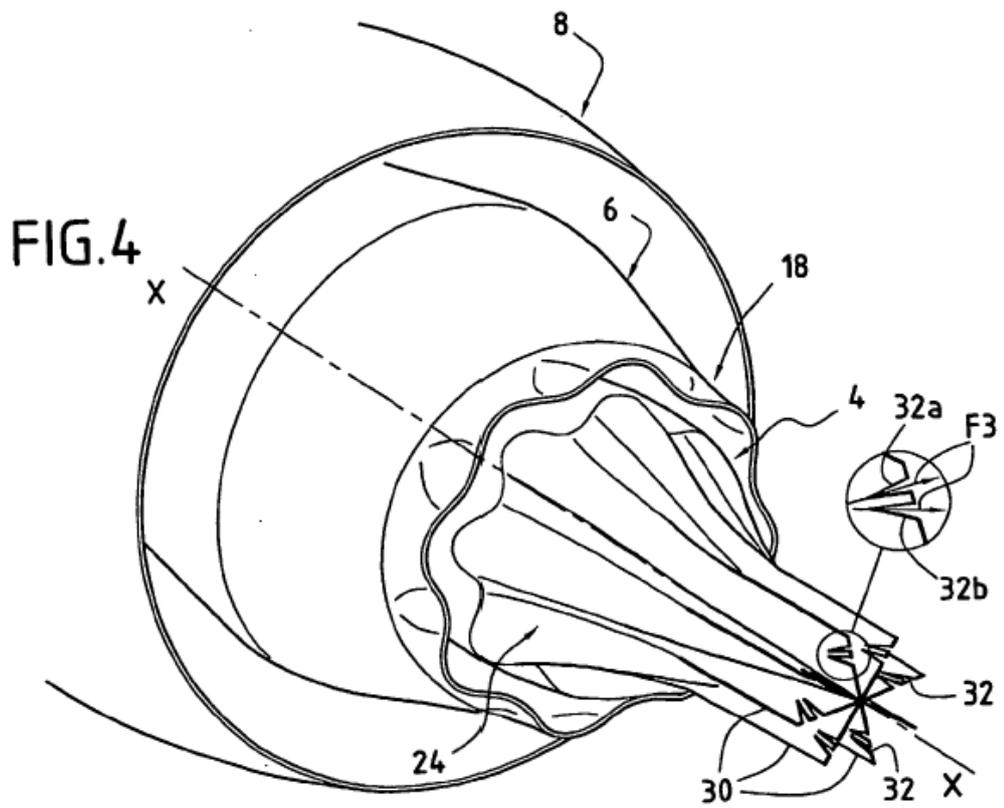
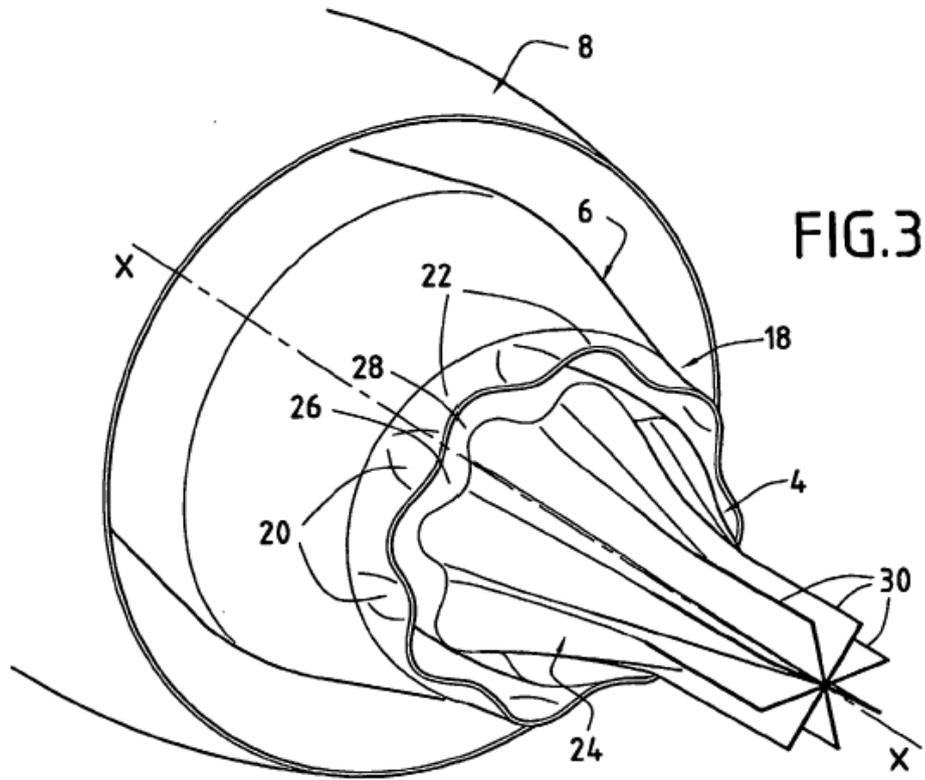
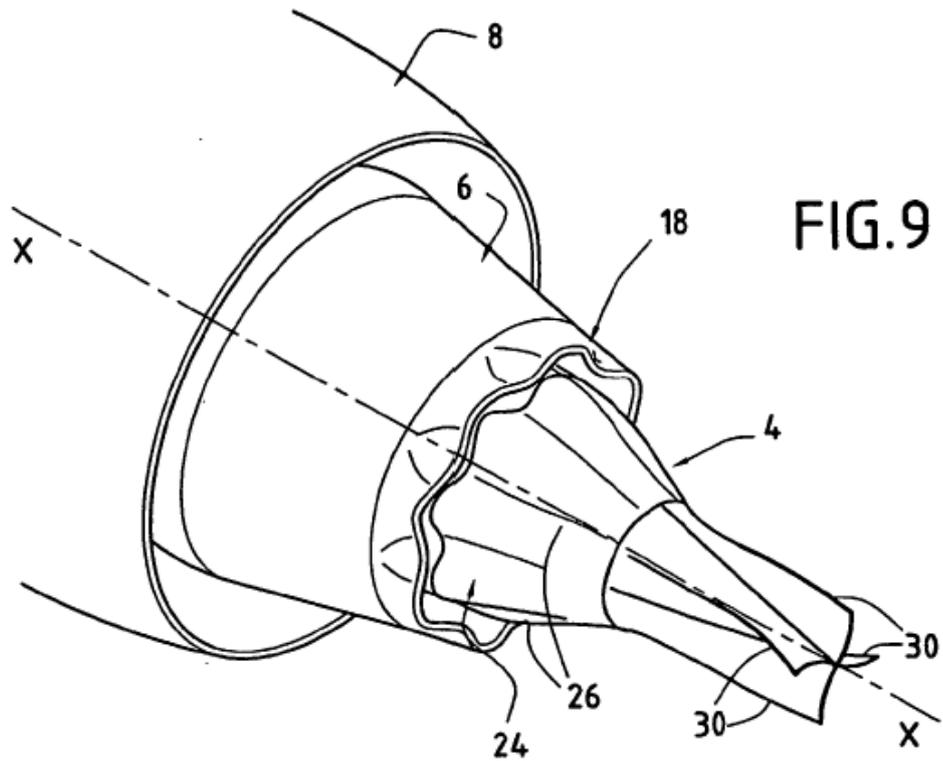
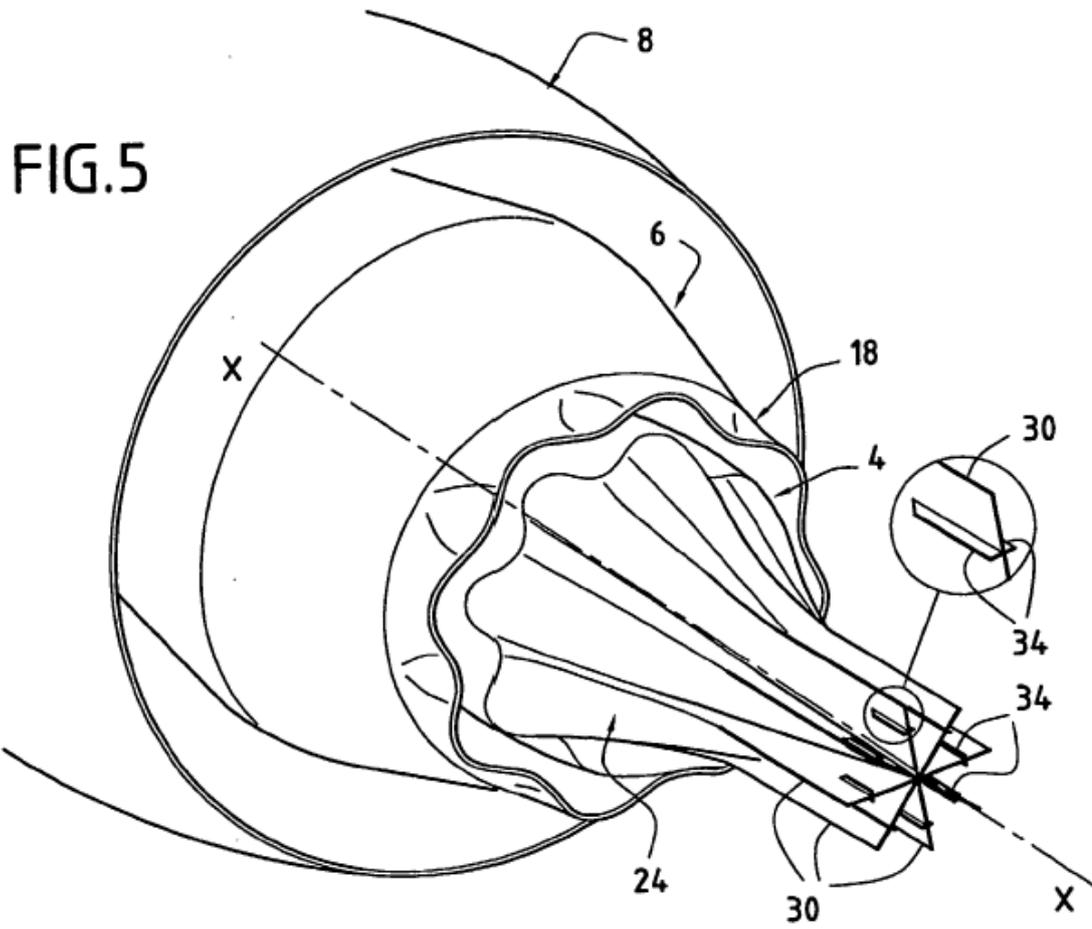


FIG. 2B





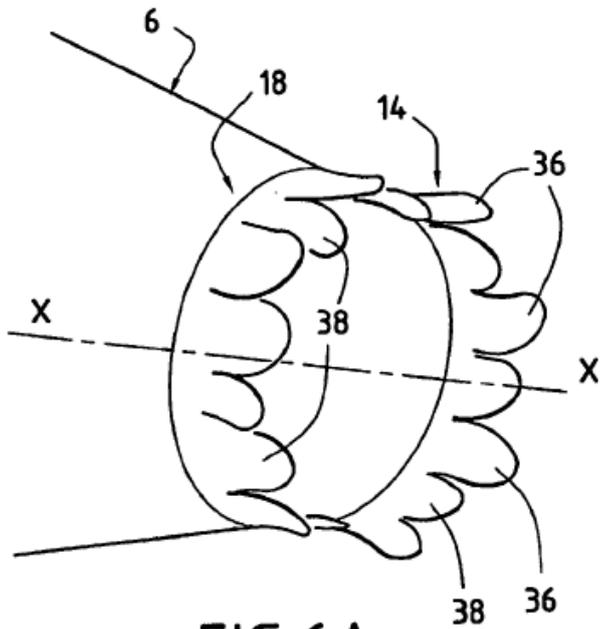


FIG. 6A

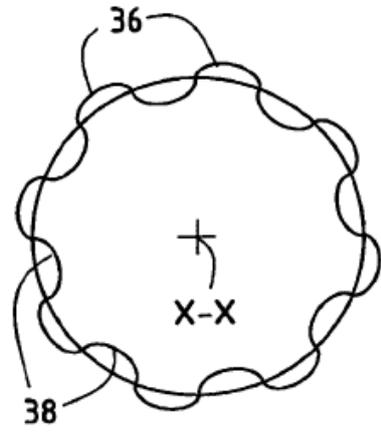


FIG. 6B

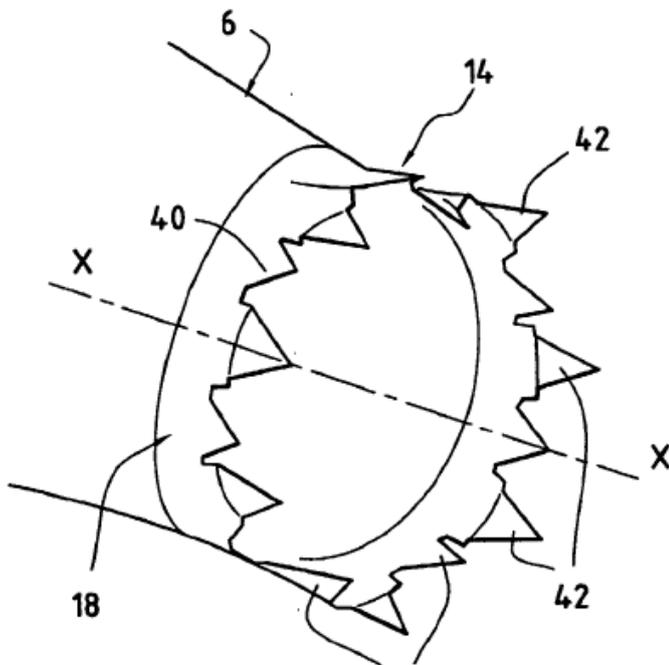


FIG. 7A

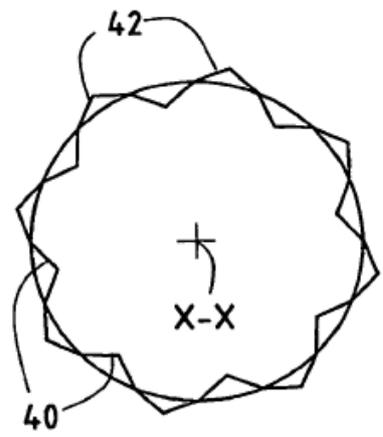


FIG. 7B

