

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 115**

51 Int. Cl.:

F02K 1/38 (2006.01)

F02K 1/34 (2006.01)

F02K 1/50 (2006.01)

F02K 1/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07122560 .1**

96 Fecha de presentación: **06.12.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1936172**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.06.2008**

54 Título: **Sistemas y métodos para dirigir de forma pasiva los flujos de tobera de motor de un avión**

30 Prioridad:
06.12.2006 US 635737

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
21.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
21.11.2012

73 Titular/es:
**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 NORTH RIVERSIDE PLAZA
CHICAGO, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:
**BIRCH, STANLEY F.;
LYUBIMOV, DMITRIY A.;
MASLOV, VLADIMIR P.;
SECUNDOV, ALEXANDR N.;
KHRITOV, KONSTANTIN M. y
MIRONOV, ALEKSEY K.**

74 Agente/Representante:
DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 391 115 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

Sistemas y métodos para dirigir de forma pasiva los flujos de tobera de motor de un avión.

5 La presente descripción se refiere a sistemas y métodos para dirigir de forma pasiva flujos de tobera de motor. En realizaciones específicas, el flujo permite simular aerodinámicamente el efecto de elementos en forma de V de toberas y/o permite modificar el área de salida eficaz de la tobera.

10 Los fabricantes de aviones se encuentran bajo presión continua para reducir el ruido producido por un avión, a efectos de satisfacer las normas de certificación sobre ruido cada vez más rigurosas. Los motores de avión constituyen una contribución principal al ruido general producido por los aviones. En consecuencia, de forma específica, los motores de avión han sido el objetivo de los esfuerzos de los fabricantes en la reducción del ruido. Los motores de avión se han fabricado significativamente más silenciosos gracias a motores avanzados con un índice de derivación elevado. Estos motores derivan una parte significativa de su empuje total no directamente al escape del reactor, sino al aire secundario que es impulsado alrededor del núcleo del motor por un ventilador montado en la parte anterior y accionado por el motor. No obstante, aunque esta realización ha reducido significativamente el ruido de los aviones en comparación con los motores de turboreactor puros y los motores con un índice de derivación reducido, las regulaciones federales sobre motores y aviones siguen requiriendo una reducción adicional del ruido del motor.

20 Una realización para la reducción del ruido del motor consiste en aumentar la cantidad de mezcla entre los gases de alta velocidad que salen del motor y la corriente de aire libre circundante. La Figura 1 muestra una tobera 20 que tiene unos "elementos en forma de V" que están diseñados para producir este efecto. De forma general, los elementos en forma de V incluyen varios tipos de dentados en el borde de la tobera, de forma típica, con una forma triangular y que presentan cierta curvatura en la sección transversal longitudinal, lo que los introduce ligeramente en el flujo adyacente. El elemento en forma de V puede extenderse hacia dentro o hacia fuera una distancia que depende del espesor de la capa límite situada corriente arriba en la superficie interior o exterior, respectivamente. De forma general, la forma en planta del elemento en forma de V puede ser alternativamente trapezoidal o rectangular. La tobera 20 incluye un conducto 22 de flujo central a través del que es dirigido el flujo del núcleo del motor y un conducto 24 de flujo de ventilador dispuesto de forma anular alrededor del conducto 22 de flujo central a través del que pasa el aire del ventilador. El orificio de salida del conducto 24 de flujo de ventilador puede incluir elementos 19 en forma de V de flujo de ventilador y el orificio de salida del conducto 22 de flujo central puede incluir elementos 18 en forma de V de flujo central. De forma típica, los elementos en forma de V reducen ruidos de baja frecuencia aumentando la velocidad a la que las corrientes de flujo del motor se mezclan con la corriente de aire libre circundante en la escala de longitud del diámetro de la tobera. Aunque esta realización ha dado como resultado una reducción de ruido en comparación con toberas que no incluyen elementos en forma de V, es deseable una reducción de ruido adicional para cumplir los estándares de ruido de la comunidad.

40 WO 2005/021934 se refiere a una tobera de escape que tiene un conducto exterior que rodea un conducto interior, incluyendo el conducto interior una salida principal y una fila de orificios separados corriente arriba con respecto a la misma. El conducto exterior incluye una salida auxiliar en un extremo posterior del mismo.

45 La invención se describe en las reivindicaciones independientes. Las características preferidas u opcionales se describen en las reivindicaciones dependientes.

50 El siguiente resumen se describe solamente para el lector y no se pretende que sea limitativo en ningún modo de la invención descrita en las reivindicaciones. Los aspectos específicos de la descripción se refieren a sistemas y métodos para dirigir de forma pasiva el flujo de una tobera de motor. Un sistema según una realización incluye una tobera de avión que puede unirse a un motor turbofán (también conocido como turbosoplante o turboventilador o turboreactor de doble flujo) de avión, incluyendo la tobera una primera pared de trayectoria de flujo que define una primera trayectoria de flujo y una segunda pared de trayectoria de flujo que define una segunda trayectoria de flujo. La primera trayectoria de flujo está colocada para recibir productos de escape del motor y la segunda trayectoria de flujo está colocada para recibir aire secundario del motor. La primera pared de trayectoria de flujo está colocada entre la primera y la segunda trayectorias de flujo y la segunda pared de trayectoria de flujo está colocada entre la segunda trayectoria de flujo y una trayectoria de flujo de aire ambiente. Múltiples pasos de flujo están colocados al menos en la primera o la segunda pared de trayectoria de flujo. Los pasos de flujo están colocados para dirigir de forma pasiva gas de una trayectoria de flujo correspondiente en el interior de la pared de trayectoria de flujo a través de la pared de trayectoria de flujo a una trayectoria de flujo correspondiente externa con respecto a la pared de trayectoria de flujo. Los pasos de flujo adyacentes tienen aberturas de salida que se extienden circunferencialmente y separadas circunferencialmente entre sí, colocadas en una interfaz con la trayectoria de flujo correspondiente externa con respecto a la pared de trayectoria de flujo.

60 En otros aspectos específicos, es posible que las aberturas de salida individuales tengan un dispositivo de cierre correspondiente y que el sistema incluya además un dispositivo de accionamiento conectado funcionalmente al dispositivo de cierre para abrir y cerrar las aberturas de salida. En otras realizaciones específicas adicionales, la

trayectoria de flujo correspondiente en el interior de la pared de trayectoria de flujo finaliza en un borde posterior que no incluye salientes que se extienden posteriormente (p. ej., elementos en forma de V). En otro aspecto adicional, los pasos de flujo individuales no incluyen un dispositivo que añade energía al flujo que pasa a través del paso.

5 Otros aspectos de la descripción se refieren a métodos de funcionamiento de un motor de avión. Tal método incluye dirigir productos de gas de escape de un motor turbofán de avión a lo largo de la primera trayectoria de flujo de una tobera de motor correspondiente y dirigir aire secundario alrededor del motor y a lo largo de una segunda trayectoria de flujo de la tobera del motor. El método puede incluir además dirigir de forma pasiva gas (a) de la primera trayectoria de flujo a la segunda trayectoria de flujo en posiciones circunferenciales intermitentes, (b) de la segunda trayectoria de flujo a una corriente de aire ambiente en posiciones circunferenciales intermitentes, o (c) (a) y (b).

10 En otros aspectos, el método puede incluir dirigir de forma pasiva el gas a través de aberturas de salida separadas circunferencialmente entre sí situadas en una interfaz con la corriente de aire ambiente. El método puede incluir además cerrar de forma selectiva las aberturas de salida en la interfaz para reducir el área de salida eficaz para el aire secundario y reabrir de forma selectiva las aberturas de salida de manera que exista una correspondencia con el empuje producido por el motor y las condiciones ambientales.

15 Estos y otros aspectos de la invención resultarán evidentes para un experto en la técnica mediante la lectura de la siguiente descripción de realizaciones, en combinación con los dibujos que se acompañan, en los que:

20 la Figura 1 muestra esquemáticamente una tobera configurada según la técnica anterior;
 la Figura 2 muestra un avión que tiene unas toberas configuradas según una realización de la invención;
 la Figura 3 es una ilustración simplificada esquemática, en sección, de un motor y una tobera con pasos de flujo colocados según realizaciones de la invención;
 25 la Figura 4A es una vista en alzado lateral de una tobera de motor que tiene pasos de flujo colocados entre una corriente de flujo secundario y una corriente de flujo ambiente según una realización de la invención;
 la Figura 4B es una vista extrema de la tobera mostrada en la Figura 4A;
 la Figura 5 es una ilustración esquemática, en sección, de un paso de flujo que tiene elementos configurados según realizaciones de la invención;
 30 la Figura 6 es un gráfico que muestra los niveles de turbulencia previstos para toberas con elementos según realizaciones de la invención; y
 la Figura 7 es un gráfico que muestra los niveles de ruido previstos para toberas con elementos según realizaciones de la invención.

35 Aspectos de la presente descripción se refieren a toberas de avión que tienen flujos dirigidos de forma pasiva de una trayectoria de flujo a otra y a sistemas y métodos asociados. Es posible usar disposiciones específicas para simular los efectos de "elementos en forma de V" de tobera y/o para modificar el área de salida eficaz de la tobera. En las Figuras 2-7 se describen a continuación los detalles específicos de algunas realizaciones. Algunos detalles de estructuras o procesos son bien conocidos y, con frecuencia, están asociados a tales métodos y sistemas y no se describen adicionalmente en la siguiente descripción a efectos de brevedad. Además, aunque la siguiente descripción describe varias realizaciones de diferentes aspectos de la invención, otras realizaciones de la invención pueden tener configuraciones o componentes distintos a los descritos en esta sección. En consecuencia, la invención puede tener otras realizaciones con elementos adicionales y/o sin varios de los elementos descritos anteriormente en las Figuras 2-7.

40 De forma general, el flujo dirigido de forma pasiva puede usarse para obtener cualquiera de los siguientes resultados o una combinación de los mismos. En primer lugar, el flujo puede ser dirigido a través de múltiples pasos de flujo para formar chorros que están dispuestos para simular directamente elementos en forma de V "físicos" (p. ej., de metal o compuestos). Los chorros pueden usarse para reducir el ruido de los reactores al despegar o para reducir el ruido de choque durante el vuelo de crucero. De forma general, el diseño de los pasos de flujo puede diferir dependiendo de la reducción de ruido que se pretende resaltar. Esto se debe, al menos parcialmente, a las diferentes velocidades de flujo externo en el despegue y durante el vuelo de crucero. En consecuencia, el diseñador puede diseñar los pasos de flujo para solucionar de forma específica uno de los problemas de ruido anteriores o hacer que la geometría de los pasos sea ajustable para solucionar (al menos parcialmente) ambos problemas de ruido.

50 En segundo lugar, es posible disponer los pasos de flujo de modo que los chorros se mezclen, para mezclarse parcialmente con el flujo externo y reducir el gradiente de velocidad en la salida de la tobera. No está previsto que esto produzca un efecto generador de vórtice, sino reducir el ruido de los reactores y el ruido de choque. Nuevamente, la geometría de los pasos de flujo puede ser ajustable para solucionar ambos problemas.

60 En tercer lugar, es posible usar los pasos de flujo para variar el área eficaz de la tobera. La aplicación de área variable se dirige principalmente a reducir el ruido del ventilador, aunque también permitiría obtener cierta reducción de ruido del reactor. Nuevamente, la geometría de los pasos de flujo puede ser ajustable. Está previsto que al menos parte de la reducción de ruido del reactor se producirá incluso cuando las ranuras se ajustan para un

65

rendimiento óptimo del ventilador en unas condiciones de vuelo específicas. Estas y otras características se describen adicionalmente a continuación en las Figuras 2-7.

La Figura 2 es una ilustración de un avión 200 de transporte comercial a reacción que tiene unas alas, 202, un fuselaje 201 y un sistema 203 de propulsión. El sistema 203 de propulsión mostrado incluye dos motores turbofán 210 soportados en las alas 202 aunque, en otras realizaciones, los motores 210 pueden estar soportados en el fuselaje 201 o en otras estructuras del avión. Cada motor 210 está alojado en una nacela 204 que incluye una entrada 205 y una tobera 220. Las toberas 220 incluyen elementos específicos, descritos de forma más detallada a continuación, que reducen el ruido y/o alteran el área de salida de la tobera de una o más maneras seleccionadas.

La Figura 3 es una ilustración simplificada, esquemática, en sección, de una de las nacelas 204 y del motor 210 asociado. A efectos ilustrativos, muchos de los elementos internos del motor 210 se muestran esquemáticamente y/o en formato simplificado. El motor 210 incluye un compresor 212 que recibe aire ambiente a través de la entrada 205. El compresor 212 suministra aire a presión a la cámara de combustión 214, donde el aire se mezcla con combustible, se inflama y se expande a través de una turbina 213. Los productos de escape pasan por la turbina 213, a lo largo de una primera trayectoria 222 de flujo o central, alrededor de un cono 215 de salida de la tobera. La primera trayectoria 222 de flujo está definida externamente por una primera pared 221 y finaliza en una salida 226 de primera trayectoria de flujo colocada posteriormente con respecto a la turbina 213.

La turbina 213 incluye secciones separadas, una de las cuales acciona el compresor 212 y otra de las cuales acciona un ventilador 211 colocado anteriormente con respecto al compresor 212. El ventilador 211 impulsa aire secundario alrededor del núcleo del motor 210, a lo largo de una segunda trayectoria 224 de flujo o de ventilador. La segunda trayectoria 224 de flujo está definida internamente por la primera pared 221 y externamente por una segunda pared 223. La segunda pared 223 finaliza en una salida 227 de segunda trayectoria de flujo.

La primera pared 221 y/o la segunda pared 223 pueden incluir pasos de flujo que dirigen de forma pasiva el flujo de una trayectoria de flujo correspondiente en el interior de la pared a una trayectoria de flujo correspondiente en el exterior de la pared. Por ejemplo, la primera pared 221 puede incluir unos primeros pasos 228 de flujo que dirigen de forma pasiva el flujo de la primera trayectoria 222 de flujo a la segunda trayectoria 224 de flujo. En consecuencia, los primeros pasos 228 de flujo pueden estar situados corriente arriba con respecto a la salida 226 de primera trayectoria de flujo y corriente abajo con respecto a la salida 227 de segunda trayectoria de flujo. La segunda pared 223 puede incluir unos segundos pasos 240 de flujo que dirigen de forma pasiva el flujo de la segunda trayectoria 224 de flujo a una trayectoria 225 de flujo de aire ambiente que pasa alrededor de la nacela 204. En la Figura 3 se muestran esquemáticamente los pasos 228, 240 de flujo y, de forma típica, tienen una forma más aerodinámica que la mostrada en la Figura 3, tal como se describirá de forma adicional en la Figura 5.

El flujo dirigido de forma pasiva a través de los pasos 228, 240 de flujo permite obtener una o más de una serie de funciones. Por ejemplo, el flujo dirigido a través de estos pasos de flujo puede tomar la forma de chorros separados circunferencialmente entre sí que simulan aerodinámicamente el efecto de mezcla producido por los elementos mecánicos en forma de V descritos anteriormente en la Figura 1. En consecuencia, estos chorros permiten mejorar la mezcla entre los flujos adyacentes y, de este modo, permiten reducir el ruido del motor. En otras realizaciones, los pasos de flujo permiten aumentar de forma eficaz el área de salida a través de la que pasa el flujo impulsado por el motor. En una realización específica, este efecto se aplica a la segunda trayectoria 224 de flujo o de ventilador para aumentar el área de salida disponible para el flujo de ventilador. En otras palabras, los segundos pasos de flujo permiten complementar el área de salida disponible en la salida 227 de segunda trayectoria de flujo. En otras realizaciones, esta versión puede usarse para la primera trayectoria 222 de flujo o central, además o en vez de la segunda trayectoria 224 de flujo.

La Figura 4A es una vista en alzado lateral de la tobera 220 que muestra una realización representativa de los segundos pasos 240 de flujo colocados en la segunda pared 223. En consecuencia, los segundos pasos 240 de flujo permiten dirigir de forma pasiva el flujo de la segunda trayectoria 224 de flujo a la trayectoria 225 de flujo ambiente. Los segundos pasos 240 de flujo individuales tienen una abertura 241 de entrada colocada en la superficie interior de la segunda pared 223 y una abertura 242 de salida colocada en la superficie exterior de la segunda pared 223. Debido a que el flujo de ventilador dirigido a lo largo de la segunda trayectoria 224 de flujo tiene de forma típica una presión más alta que el aire ambiente de la trayectoria 225 de flujo de aire ambiente, el mismo es dirigido (p. ej., de forma pasiva) a través de los segundos pasos 240 de flujo a la trayectoria 225 de flujo de aire ambiente, tal como indican las flechas A.

En la realización específica mostrada en la Figura 4A, pares adyacentes de aberturas 242 de salida presentan formas trapezoidales simétricas y están inclinadas una hacia la otra. Esta disposición dirige los flujos correspondientes que pasan a través de los segundos pasos 240 de flujo adyacentes uno hacia el otro para simular un elemento mecánico en forma de V. Tal como se ha descrito anteriormente, se ha previsto que este efecto aumente la mezcla entre la corriente del flujo de ventilador y la corriente del flujo de aire ambiente. En otras realizaciones, las formas de las aberturas 242 de salida y/o los segundos pasos 240 de flujo pueden ser diferentes (p. ej., las aberturas 242 de salida pueden ser rectangulares, triangulares u ovoides).

La Figura 4B es una vista extrema de la tobera 220 mostrada en la Figura 4A. Tal como se muestra en la Figura 4B, las aberturas 242 de salida están colocadas alineadas con la superficie externa de la segunda pared 223. En consecuencia, las aberturas 242 de salida no incluyen un escalón orientado posteriormente. Tal como se describe de forma más detallada a continuación, se ha previsto que esta disposición facilite el uso de los segundos pasos 240 de flujo para controlar el área de salida disponible para el flujo de ventilador que pasa a lo largo de la segunda trayectoria 224 de flujo.

La Figura 5 es una vista lateral en sección parcialmente esquemática de un segundo paso 240 de flujo ilustrativo colocado en la segunda pared 223. El segundo paso 240 de flujo incluye una abertura 241 de entrada con un contorno liso y, tal como se ha descrito anteriormente, una abertura 242 de salida que está situada alineada con la superficie externa de la segunda pared 223. En consecuencia, una superficie 243 corriente arriba, colocada corriente arriba con respecto a la abertura 242 de salida, está colocada en el mismo plano con un contorno generalmente liso que una superficie 244 corriente abajo colocada corriente abajo con respecto a la abertura 242 de salida. El flujo que sale de la abertura 242 de salida puede permanecer unido a la superficie 244 corriente abajo gracias al efecto Coanda.

Cuando los segundos pasos 240 de flujo están configurados principalmente para simular el efecto de mezcla de elementos en forma de V, los mismos pueden (al menos en una realización) permanecer abiertos en todos los modos de funcionamiento del motor y del avión. En otras realizaciones, los segundos pasos 240 de flujo pueden estar cerrados en modos de motor y/o condiciones de vuelo específicos. En tales realizaciones, la tobera 220 puede incluir un dispositivo 250 de cierre que es accionable de forma selectiva para cerrar las aberturas 242 de salida. En un aspecto de esta realización, el dispositivo 250 de cierre incluye una puerta 251 que está colocada en la abertura 242 de salida y que se desliza hacia atrás para abrir la abertura 242 de salida y hacia delante para cerrar la abertura 242 de salida, tal como indica la flecha B. En consecuencia, la puerta 251 forma un contorno continuo generalmente liso con la superficie 243 corriente arriba y la superficie 244 corriente abajo en posición cerrada. En otras realizaciones, la puerta 251 puede moverse de otras maneras (p. ej., plegándose o girando). Un dispositivo 252 de accionamiento (mostrado esquemáticamente en la Figura 5) está conectado funcionalmente a la puerta 251 para abrir y cerrar la puerta 251. Por ejemplo, cada una de las aberturas 242 de salida que se extienden circunferencialmente y separadas circunferencialmente entre sí puede incluir una puerta separada 251 y es posible usar un dispositivo 252 de accionamiento común para accionar todas las puertas 251 a la vez. En otras realizaciones, dispositivos 252 de accionamiento individuales pueden controlar cada puerta 251 o es posible usar una disposición de embragues para abrir y cerrar de forma selectiva puertas 251 individuales o subconjuntos de puertas 251 específicos. En una realización, las puertas 251 pueden moverse solamente entre un estado totalmente abierto y un estado totalmente cerrado y, en otras realizaciones, las puertas 251 pueden disponerse de forma selectiva en posiciones parcialmente abiertas dependiendo de factores que incluyen el nivel deseado de control sobre el tamaño y la forma de las aberturas 242 de salida.

Un controlador 253 (mostrado también esquemáticamente) puede estar conectado funcionalmente al dispositivo o dispositivos 252 de accionamiento para controlar el movimiento de las puertas 251 y puede recibir entradas procedentes de uno o más dispositivos 254 de entrada. En una realización, el dispositivo o dispositivos 254 de entrada pueden ser controlados manualmente por el piloto para abrir y cerrar de forma selectiva las puertas 251. En otra realización, el dispositivo o dispositivos 254 de entrada pueden incluir uno o más detectores que detectan automáticamente un estado del motor del avión y/o las condiciones de vuelo del avión (p. ej., despegue, ascenso, vuelo de crucero, descenso o aterrizaje) y suministran una entrada correspondiente al controlador 253. En esta realización, el controlador 253 permite controlar automáticamente el movimiento de las puertas 251 sin la intervención del piloto, aunque el piloto puede invalidar el controlador 253 si lo desea.

Tal como se ha expuesto anteriormente, cuando las aberturas 242 de salida están colocadas para dirigir el flujo de manera que simule el efecto de elementos mecánicos en forma de V, las aberturas 242 de salida pueden permanecer abiertas durante todas las operaciones del avión. En otros casos, por ejemplo, si se determina que la reducción de ruido conseguida mediante la mezcla creada por las aberturas 242 de salida puede mejorar cerrando parte de las aberturas de salida, es posible usar el controlador 253 para hacerlo. Por ejemplo, en algunos casos, puede ser deseable cerrar o cerrar parcialmente las puertas 251 en la mitad inferior de la tobera 220, mientras que las puertas 251 permanecen abiertas en la mitad superior. En otras realizaciones, puede ser deseable cerrar las puertas 251 durante regímenes de vuelo en los que la reducción de ruido tiene una importancia reducida, por ejemplo, si hacerlo mejora la eficacia del sistema de propulsión.

En otro modo de funcionamiento, los segundos pasos 242 de flujo pueden usarse para controlar el área de salida eficaz del flujo de ventilador dirigido a lo largo de la segunda trayectoria 224 de flujo. En consecuencia, en un aspecto de esta realización, las aberturas 242 de salida adyacentes no están inclinadas una hacia la otra, tal como se muestra en la Figura 2A, sino que están colocadas para dirigir el flujo directamente hacia atrás. En otro aspecto adicional de esta realización, las aberturas 242 de salida pueden estar colocadas suficientemente lejos corriente arriba con respecto a la salida 227 de segunda trayectoria de flujo, de modo que los flujos que pasan a través de los pasos 240 de flujo adyacentes se mezclan entre sí antes de alcanzar la salida 227 de segunda trayectoria de flujo.

En consecuencia, se ha previsto que los flujos que se mezclan produzcan un chorro de flujo de ventilador que es generalmente continuo en una dirección circunferencial. También se ha previsto que este chorro de flujo de ventilador generalmente continuo circunferencialmente representará un aumento efectivo del área de salida de flujo de ventilador, formada por las áreas de salida combinadas de las aberturas 242 de salida. Una ventaja prevista de esta disposición consiste en que, con un área de salida eficaz más grande, las velocidades de flujo en la salida 227 de segunda trayectoria de flujo se reducirán y, en consecuencia, el ruido producido por este flujo también se reducirá. Las figuras 6 y 7, descritas a continuación, muestran el efecto previsto.

En algunas realizaciones, es posible controlar de forma activa la misma disposición de segundos pasos 240 de flujo para mejorar el aumento del área de salida o la simulación de elementos en forma de V en diferentes condiciones. Por ejemplo, para obtener el máximo aumento en el área de salida, es posible abrir todos los segundos pasos 240 de flujo. Para simular elementos en forma de V, es posible cerrar los segundos pasos 240 de flujo alternos (alternos en una dirección circunferencial).

La Figura 6 es un gráfico que muestra la turbulencia en función de la distancia axial posterior de una tobera de avión. Los símbolos 260 muestran datos experimentales para dos toberas asimétricas. La línea 261a muestra los valores de turbulencia previstos para una tobera similar e indica que las previsiones siguen aproximadamente los datos experimentales. La línea 262a muestra los valores de turbulencia previstos para una tobera que tiene pasos 240 de flujo separados circunferencialmente entre sí con una forma de sección transversal generalmente similar a lo mostrado en la Figura 5, colocados para obtener un chorro generalmente continuo de flujo (p. ej., con flujos procedentes de los pasos 240 de flujo adyacentes que se unen entre sí) en la salida 227 de segunda trayectoria de flujo. La Figura 6 muestra que los niveles de turbulencia previstos son generalmente más bajos que los correspondientes a la ausencia de los pasos 240 de flujo mostrados en la Figura 5, especialmente cerca de la salida de la tobera (p. ej., con valores de diámetros de tobera de 0-3 a lo largo del eje X).

La Figura 7 muestra los valores de ruido previstos en función de la frecuencia para una tobera sin pasos de flujo pasivos (indicados mediante la línea 261b) y para una tobera con pasos de flujo pasivos (línea 262b). Los resultados mostrados son para condiciones de despegue. Tal como se muestra en la Figura 7, se ha previsto que la presencia de los pasos 240 de flujo mostrados en la Figura 5 reducirá el ruido del reactor en una amplia variedad de frecuencias.

Una característica al menos de parte de las realizaciones anteriores consiste en que no es necesario que una tobera que tiene pasos de flujo configurados para simular elementos mecánicos en forma de V incluya los propios elementos mecánicos en forma de V. Una ventaja de esta realización consiste en que se ha previsto que los pasos de flujo queden menos sujetos a vibraciones y a fatiga de metal que los elementos mecánicos en forma de V y, por lo tanto, se ha previsto que sean menos susceptibles a daños y que requieran menos mantenimiento.

Una característica adicional al menos de parte de las realizaciones consiste en que los pasos de flujo pueden ser ajustables. Por ejemplo, tal como se ha descrito anteriormente, es posible usar un dispositivo de cierre para abrir y cerrar de forma selectiva los pasos de flujo. Una ventaja prevista de esta disposición consiste en que los pasos de flujo pueden ser controlados de manera que se obtengan los objetivos de ruido y rendimiento, que pueden cambiar de unas condiciones de vuelo a otras. El dispositivo de cierre puede incluir una puerta que cierra los pasos de flujo en las aberturas de salida de los pasos de flujo. Una ventaja de esta disposición consiste en que, cuando los pasos de flujo están cerrados, no existe un escalón residual orientado posteriormente. En su lugar, la superficie exterior de la pared a través de la que se extiende el paso de flujo es generalmente lisa y continua cuando el paso de flujo está cerrado.

Otra característica al menos de parte de las realizaciones descritas anteriormente consiste en que los pasos de flujo no incluyen un dispositivo que añade energía al flujo que pasa a través de los pasos. Por ejemplo, los pasos de flujo no incluyen cámaras u otras disposiciones que son presurizadas mediante aire comprimido suministrado por el motor. En su lugar, los pasos de flujo utilizan la diferencia de presión entre el gas en el interior de una pared de tobera seleccionada (por ejemplo, la primera pared 221 o la segunda pared 223) y el gas externo a la pared. Una ventaja de esta realización consiste en que la misma resulta menos complicada de implementar que otra que incluye dispositivos para presurizar de forma activa el aire suministrado a los pasos de flujo y no requiere el suministro de aire de los compresores u otras partes del motor, lo que puede reducir el rendimiento del motor.

Otra característica adicional al menos de parte de las realizaciones descritas anteriormente consiste en que los pasos de flujo, de forma específica, los segundos pasos 240 de flujo, pueden estar colocados suficientemente cerca entre sí y suficientemente lejos corriente arriba con respecto a la salida 227 de segunda trayectoria de flujo para mezclar y obtener un chorro generalmente continuo a lo largo de la superficie externa de la segunda pared 223. A diferencia de al menos algunas disposiciones existentes, los pasos 240 de flujo reciben solamente flujo de la segunda trayectoria 224 de flujo y no de cualquier conducto de ventilación corriente arriba que recibe aire de la trayectoria 225 de flujo de aire ambiente. En consecuencia, esta disposición aumenta de forma eficaz el área de salida de la segunda trayectoria 224 de flujo. Tal como se ha descrito anteriormente, se ha previsto que esta disposición permita reducir el ruido del motor reduciendo las velocidades de salida. Un efecto previsto adicional del

área de salida de la tobera de mayor tamaño es una menor presión de contrapresión en el ventilador. Se ha previsto que la menor contrapresión mejore el flujo en los álabes del ventilador y reduzca el ruido generado por el propio ventilador.

5 Otra ventaja de la disposición anterior consiste en que la misma permite aumentar el rendimiento del motor. Por ejemplo, en condiciones de empuje elevado (p. ej., en el despegue) puede resultar deseable aumentar el área de salida para la segunda trayectoria 224 de flujo. En otras condiciones de vuelo (p. ej., en el vuelo de crucero) un área de salida reducida permite mejorar el rendimiento. En consecuencia, al menos en algunas realizaciones, el dispositivo de cierre descrito anteriormente permite ajustar el área de los pasos de flujo (p. ej., abrir y cerrar los pasos de flujo) de manera que la misma depende del régimen de empuje del motor y/o de las condiciones de vuelo.

10 A partir de lo anteriormente expuesto, se entenderá que, en la presente memoria, se han descrito realizaciones específicas de la invención a efectos ilustrativos, aunque es posible realizar varias modificaciones sin desviarse de la invención. Por ejemplo, los pasos de flujo descritos anteriormente con respecto a la segunda trayectoria de flujo también pueden aplicarse en la primera trayectoria de flujo. Los pasos de flujo pueden tener geometrías internas y aberturas de salida con formas diferentes y/o disposiciones diferentes a las mostradas en las figuras. Algunos aspectos de la invención descritos en el contexto de realizaciones específicas pueden combinarse o eliminarse en otras realizaciones. Por ejemplo, los pasos de flujo pueden concentrarse en ciertas posiciones circunferenciales y estar colocados de forma más dispersa en otras posiciones circunferenciales si se determina que tal disposición espacial permite obtener una mejor reducción de ruido y/o ventajas de rendimiento. Además, aunque se han descrito las ventajas asociadas a ciertas realizaciones de la invención en el contexto de esas realizaciones, otras realizaciones también pueden presentar tales ventajas, y no es necesario que todas las realizaciones deban presentar tales ventajas para estar incluidas en el alcance de la invención. En consecuencia, la invención no se limita más que a las reivindicaciones adjuntas.

25

REIVINDICACIONES

1. Sistema de avión, que comprende:

5 una tobera (220) de avión que puede unirse a un motor turbofán (210) de avión, incluyendo la tobera:
 una primera pared (221) de trayectoria de flujo que define una primera trayectoria (222) de flujo y está
 colocada para recibir productos de escape del motor;
 una segunda pared (223) de trayectoria de flujo que define una segunda trayectoria (224) de flujo y está
 10 colocada para recibir aire secundario del motor, estando colocada la primera pared de trayectoria de flujo
 entre la primera y la segunda trayectorias de flujo, estando colocada la segunda pared de trayectoria de flujo
 entre la segunda trayectoria de flujo y una trayectoria de flujo de aire ambiente; y
 múltiples pasos (228, 240) de flujo colocados al menos en la primera o la segunda pared de trayectoria de
 flujo, estando dispuestos los pasos de flujo para dirigir de forma pasiva gas de una trayectoria de flujo
 correspondiente en el interior de la pared de trayectoria de flujo a través de la pared de trayectoria de flujo a
 15 una trayectoria de flujo correspondiente externa con respecto a la pared de trayectoria de flujo, teniendo los
 pasos (240) de flujo adyacentes en la segunda pared de trayectoria de flujo aberturas (242) de salida
 adyacentes que se extienden circunferencialmente y separadas circunferencialmente entre sí, colocadas para
 formar una interfaz con la trayectoria de flujo correspondiente externa con respecto a la pared de trayectoria
 de flujo, **caracterizado porque** pares adyacentes de aberturas de salida de pasos de flujo adyacentes tienen
 20 formas simétricas y están inclinadas un ángulo una hacia la otra en la dirección axial de la tobera, de modo
 que los flujos correspondientes que pasan a través de los pasos de flujo adyacentes son dirigidos uno hacia el
 otro para simular un elemento mecánico en forma de V.

25 2. Sistema según la reivindicación 1, en el que los pasos (228, 240) de flujo incluyen una abertura (241) de entrada
 con un contorno liso y una abertura (242) de salida que está situada alineada con la superficie externa de la segunda
 pared (224) de trayectoria de flujo para dirigir el gas hacia atrás.

30 3. Sistema según la reivindicación 1, en el que la trayectoria de flujo correspondiente en el interior de la pared de
 trayectoria de flujo finaliza en un borde posterior recto de la tobera.

4. Sistema según la reivindicación 1, en el que las aberturas (242) de salida individuales tienen un dispositivo (250)
 de cierre correspondiente en las aberturas de salida y en el que el sistema comprende además un dispositivo (252)
 de accionamiento conectado funcionalmente al dispositivo de cierre para abrir y cerrar las aberturas de salida.

35 5. Sistema según la reivindicación 4, que comprende además:

un dispositivo (254) de entrada configurado para transmitir una señal de entrada correspondiente al menos a
 un estado del motor o una condición de vuelo; y
 40 un controlador (253) conectado funcionalmente al dispositivo (252) de accionamiento y al dispositivo (254) de
 entrada para recibir la señal de entrada y dirigir el funcionamiento del dispositivo de accionamiento basándose
 al menos parcialmente en la señal de entrada.

45 6. Sistema según la reivindicación 1, en el que las aberturas (242) de salida están colocadas en la primera pared
 (223) de trayectoria de flujo.

7. Sistema según la reivindicación 6, en el que las aberturas (242) de salida están colocadas posteriormente en un
 borde posterior de la segunda pared (223) de trayectoria de flujo.

50 8. Sistema según la reivindicación 1, en el que las aberturas de salida están colocadas en la segunda pared de
 trayectoria de flujo.

9. Sistema según la reivindicación 8, que comprende además:

55 un dispositivo (250) de cierre accionable colocado en comunicación de fluidos con las aberturas (242) de
 salida individuales para abrir y cerrar las aberturas de salida individuales en las aberturas de salida; y
 un controlador (253) conectado funcionalmente al dispositivo de cierre para dirigir el funcionamiento del
 dispositivo de cierre, en el que la tobera (220) de avión tiene una primera área de salida cuando las aberturas
 de salida están cerradas y en el que la tobera de avión tiene una segunda área de salida más grande que la
 60 primera área de salida cuando las aberturas de salida están abiertas.

10. Sistema según la reivindicación 9, en el que los pasos (228, 240) de flujo individuales están cerrados con
 respecto a la trayectoria de flujo adyacente corriente arriba con respecto a la abertura (242) de salida
 correspondiente.

65 11. Método de funcionamiento de un motor (210) de avión, que comprende:

- 5
10
15
20
25
30
35
- dirigir productos de gas de escape de un motor turbofán (210) de avión a lo largo de una primera trayectoria (222) de flujo de una tobera (220) de motor correspondiente;
 dirigir aire secundario alrededor del motor y a lo largo de una segunda trayectoria (224) de flujo de la tobera del motor;
 dirigir de forma pasiva gas (a) de la primera trayectoria de flujo a la segunda trayectoria de flujo en posiciones circunferenciales intermitentes, (b) de la segunda trayectoria de flujo a una corriente de aire ambiente en posiciones (242) intermitentes que se extienden circunferencialmente y separadas circunferencialmente entre sí, en el que pares adyacentes de posiciones circunferenciales intermitentes están inclinadas un ángulo una hacia la otra en la dirección axial de la tobera, de modo que los flujos correspondientes que pasan a través de los pasos de flujo adyacentes son dirigidos uno hacia el otro para simular un elemento mecánico en forma de V, o (a) y (b).
12. Método según la reivindicación 11, en el que dirigir de forma pasiva el gas incluye dirigir el gas después de que el mismo es extraído de (a) la primera trayectoria (222) de flujo, (b) la segunda trayectoria (224) de flujo o (a) y (b) usando la diferencia de presión entre el gas de la primera y segunda trayectorias de flujo y/o la segunda trayectoria de flujo y la corriente de aire ambiente, respectivamente.
13. Método según la reivindicación 11, en el que dirigir de forma pasiva el gas incluye mezclar el gas con la corriente de aire ambiente en la tobera del motor, teniendo la tobera del motor un borde posterior recto.
14. Método según la reivindicación 11, en el que dirigir de forma pasiva el gas simula, al menos parcialmente, la mezcla de flujo resultante de la presencia de elementos en forma de V en una salida de la primera trayectoria (222) de flujo, la segunda trayectoria (224) de flujo o la primera y segunda trayectorias de flujo.
15. Método según la reivindicación 11, en el que dirigir de forma pasiva el gas de la segunda trayectoria (224) de flujo a la corriente de aire ambiente incluye dirigir gas que tiene una velocidad que es más grande que la de la corriente de aire ambiente y más pequeña que la del aire secundario.
16. Método según la reivindicación 11, en el que dirigir de forma pasiva el gas incluye dirigir el gas de la segunda trayectoria (224) de flujo a través de unas aberturas (242) de salida separadas circunferencialmente entre sí situadas en una interfaz con la corriente de aire ambiente, y en el que el método comprende además cerrar de forma selectiva las aberturas (242) de salida en la interfaz para reducir el área de salida eficaz para el aire secundario y reabrir de forma selectiva las aberturas de salida de manera que exista una correspondencia con el empuje producido por el motor y las condiciones ambientales.

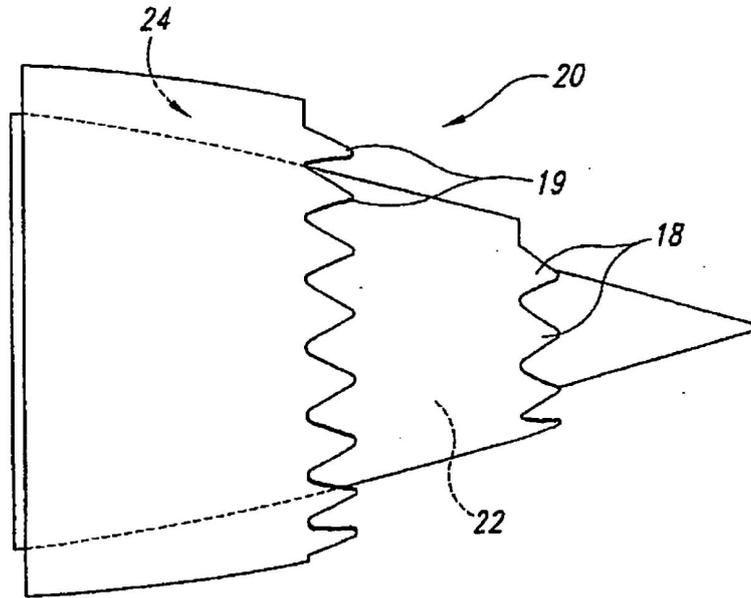


Fig. 1
(Técnica anterior)

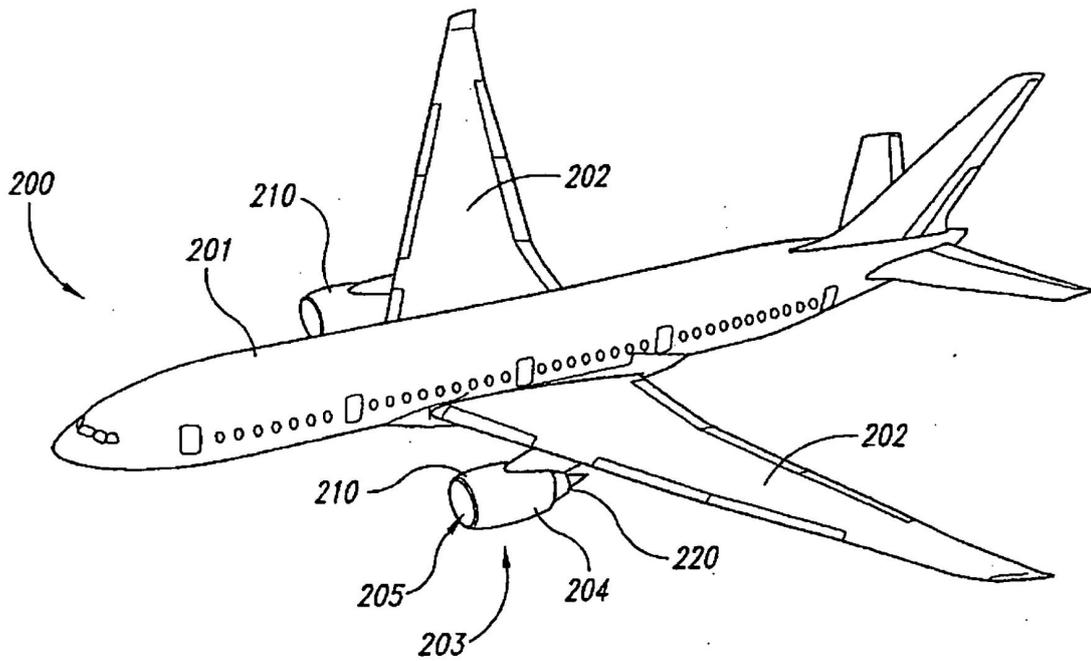


Fig. 2

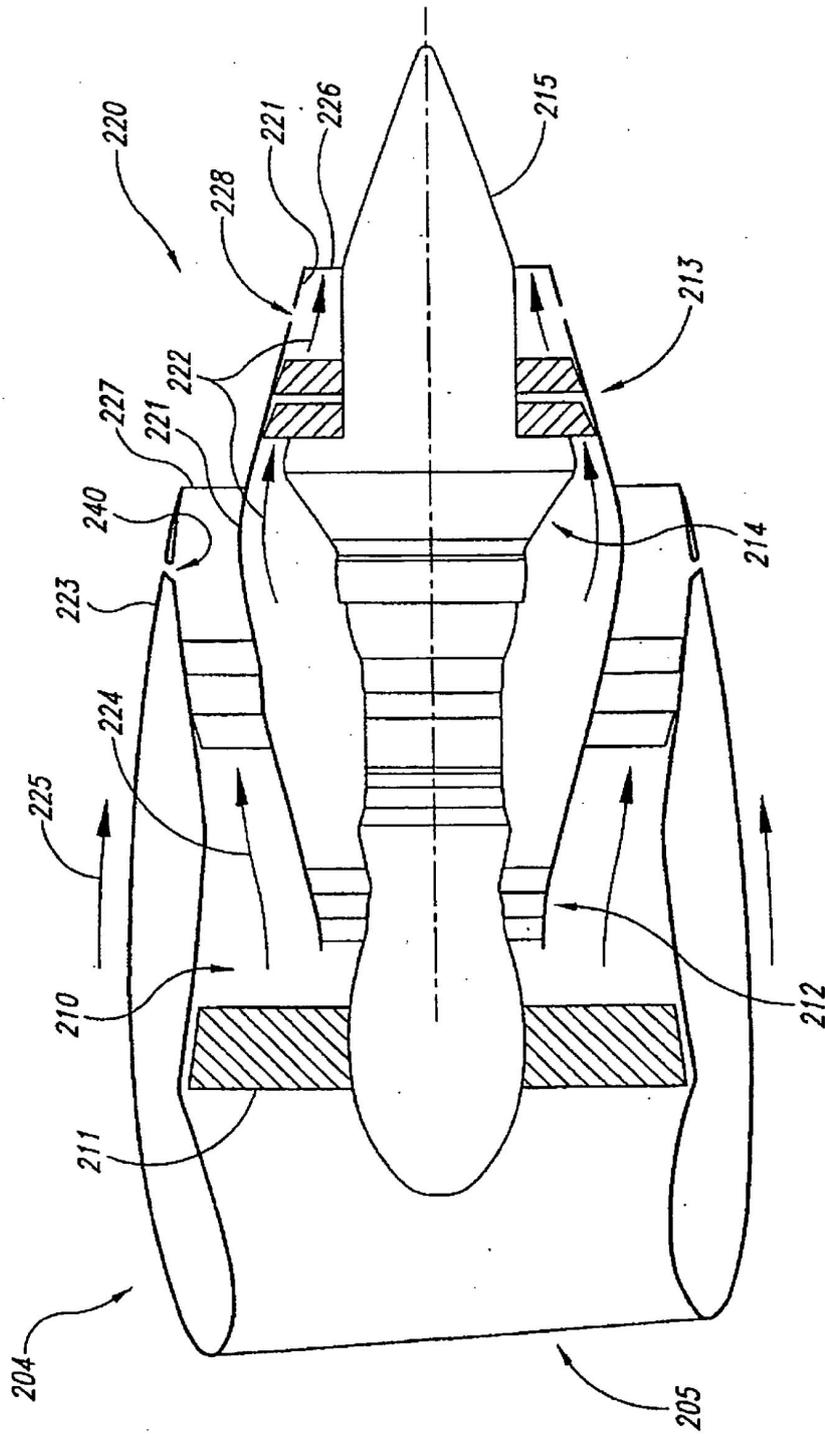


Fig. 3

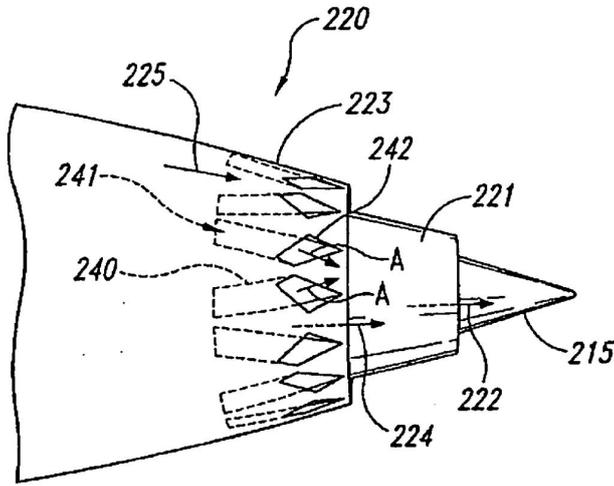


Fig. 4A

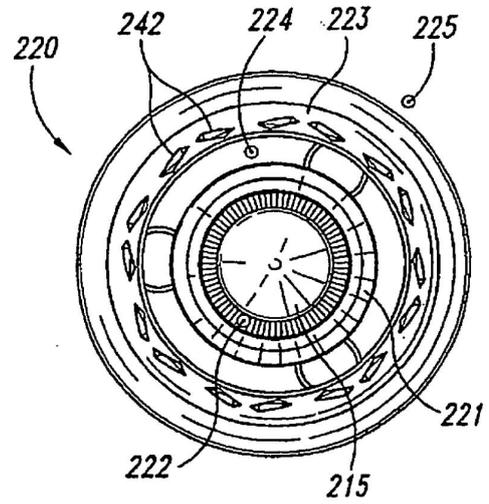


Fig. 4B

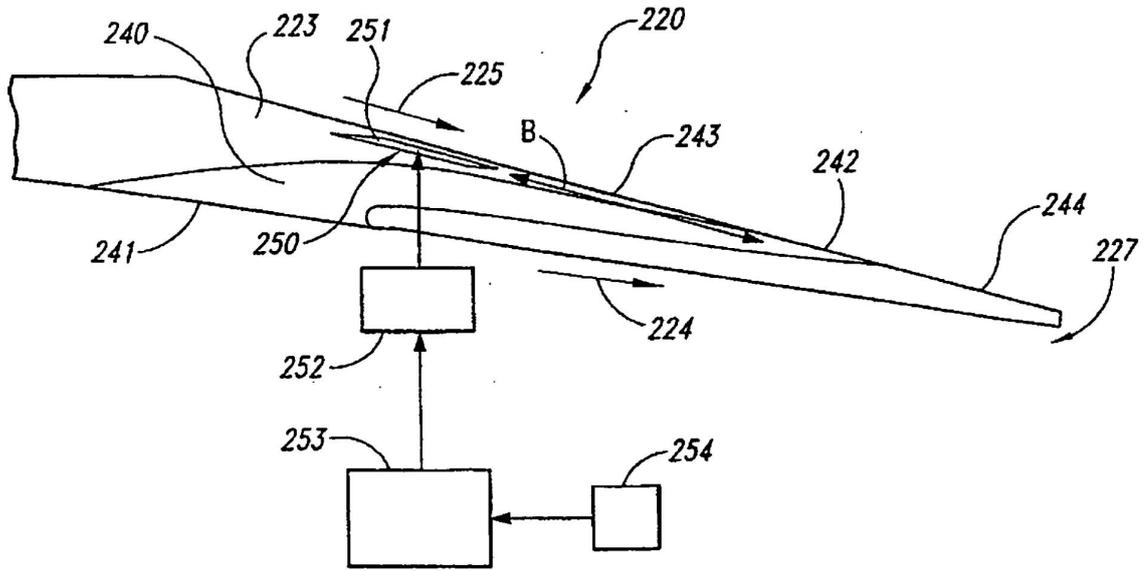


Fig. 5

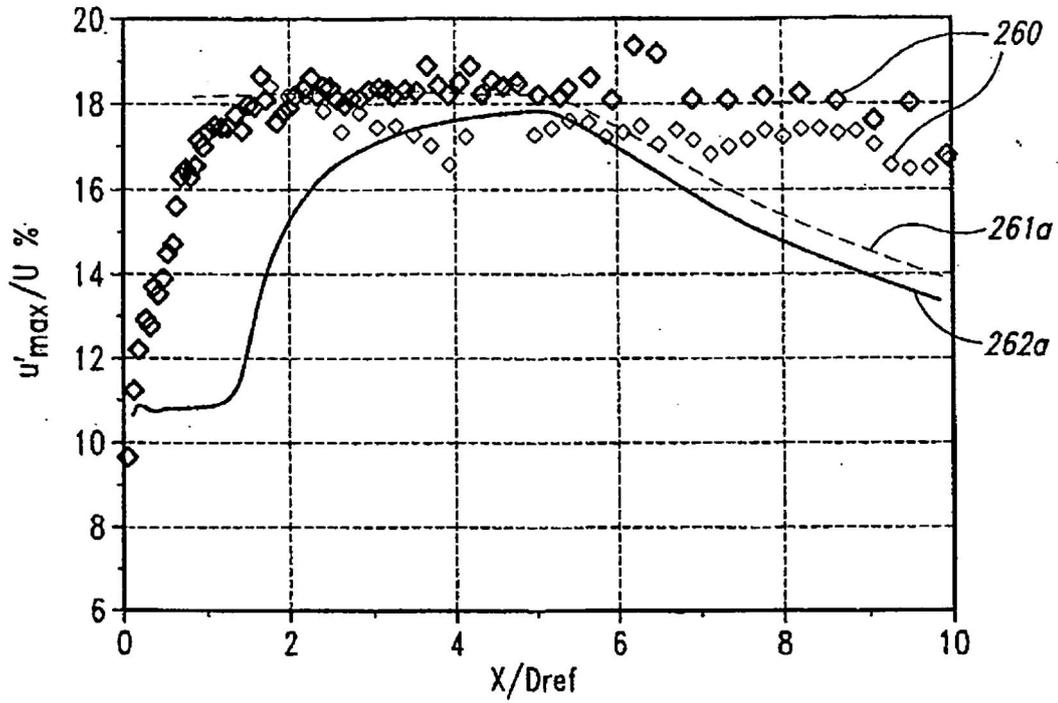


Fig. 6

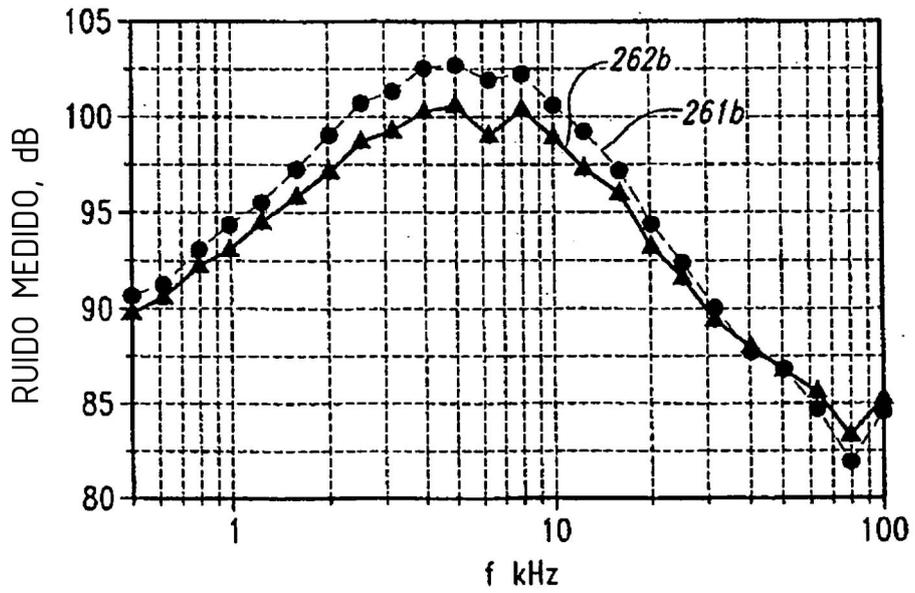


Fig. 7