

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 374 545**

51 Int. Cl.:

F02K 1/00 (2006.01)

F02K 1/28 (2006.01)

F02K 3/077 (2006.01)

F02K 1/36 (2006.01)

B64C 39/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09772827 .3**

96 Fecha de presentación: **23.06.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2315928**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.05.2011**

54 Título: **APARATO DE EMPUJE VECTORIAL PARA UN MOTOR DE REACCIÓN, MOTOR DE REACCIÓN CORRESPONDIENTE, MÉTODO DE EMPUJE VECTORIAL Y MÉTODO DE MEJORA PARA UN MOTOR DE REACCIÓN.**

30 Prioridad:
04.07.2008 GB 0812242
16.09.2008 EP 08275052

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.02.2012

73 Titular/es:
BAE Systems PLC
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB

72 Inventor/es:
WARSOP, Clyde

74 Agente: **González Palmero, Fé**

ES 2 374 545 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

Aparato de empuje vectorial para un motor de reacción, motor de reacción correspondiente, método de empuje vectorial y método de mejora para un motor de reacción.

5 La presente invención se refiere a mejoras relativas al empuje vectorial en motores de reacción. En particular, la presente invención se refiere al empuje vectorial mediante dinámica de fluidos que usa chorros secundarios para influir en la dirección en la que se emite un chorro principal. La influencia del chorro secundario sobre el chorro principal se produce como resultado del efecto Coanda.

10 El aprovechamiento del efecto Coanda con la finalidad del empuje vectorial mediante dinámica de fluidos se conoce en los motores de reacción. Un chorro principal se emite desde un tubo de escape que termina en una superficie de Coanda hacia la que puede arrastrarse el flujo de fluido. Se entenderá que una superficie de Coanda es una superficie que está conformada para aprovechar el efecto Coanda. El efecto Coanda es el efecto ampliamente conocido de que los chorros de fluido tienen a seguir superficies curvas, y se ha aprovechado en el diseño de aviones durante algún tiempo. El grado de arrastre puede controlarse, por ejemplo, mediante el control del flujo másico a través de un chorro secundario expelido entre el chorro principal y la superficie de Coanda que se extiende desde el tubo de escape. Esencialmente, cuanto mayor sea el flujo másico a través del chorro secundario, mayor será el grado de arrastre. A medida que cambia el grado de arrastre, cambia también la dirección de empuje desarrollada por el chorro principal. Así, el empuje vectorial puede conseguirse mediante el control del flujo másico a través del chorro secundario. Un sistema de este tipo se da a conocer, por ejemplo, en la patente estadounidense n.º 2.812.636 de Kadosch. Un sistema similar se da a conocer en la diapositiva titulada "Fluidic thrust vectoring electric demonstrator" disponible en línea en <http://www.flaviir.com/Data/FTVdemo.ppt>. Normalmente, puede conseguirse un coeficiente de fuerza normal (la razón de la componente de la fuerza normal al chorro no desviado con respecto a la fuerza de empuje total generada por el motor) de aproximadamente 0,2 a 0,25 con un flujo másico a través del chorro secundario de aproximadamente el 15% de aquél a través del chorro principal.

Otro ejemplo de un sistema de empuje vectorial mediante dinámica de fluidos se da a conocer en la solicitud de patente internacional de Grumman Aerospace Corporation, número de publicación WO 96/20867, que describe un sistema en el que los chorros de control de fluido se inyectan en perpendicular al flujo del chorro principal, para formar un obstáculo de fluido para el chorro principal y así desviar el chorro principal hacia una superficie de Coanda que se extiende desde la parte trasera del tubo de escape. Un sistema de este tipo emplea por tanto fenómenos de mecánica de fluidos muy diferentes de los empleados en los sistemas dados a conocer por Kadosch, y en la diapositiva anteriormente mencionada. Además, no se da a conocer el flujo másico requerido en los chorros secundarios para lograr el empuje vectorial en el aparato dado a conocer por la solicitud de Grumman.

35 Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de empuje vectorial para un motor de reacción, pudiendo hacerse funcionar el motor de reacción para expulsar un chorro principal para generar empuje; y comprendiendo el aparato: una carcasa que define una salida principal para emitir el chorro principal; superficies de Coanda primera y segunda que se extienden desde zonas opuestas de un extremo de escape de dicha carcasa, separándose cada superficie de Coanda hacia fuera con respecto a la salida principal de tal manera que se define un paso entre cada respectiva superficie de Coanda y la salida principal; de modo que, cuando se expulsa un chorro principal a través de la salida principal, se forman zonas de baja presión en la proximidad de dichos pasos; conductos que conducen desde una fuente de fluido hacia las salidas secundarias primera y segunda, estando situada la primera salida secundaria adyacente a la primera superficie de Coanda y estando situada la segunda salida secundaria adyacente a la segunda superficie de Coanda, estando dispuestas las salidas secundarias cada una para emitir un respectivo flujo secundario hacia la zona de baja presión en la proximidad del paso definido entre la respectiva superficie de Coanda y la salida principal; y medios de control de flujo que pueden hacerse funcionar para controlar el flujo másico a través de la primera salida secundaria para que se encuentre dentro del intervalo del 0% al 5% del flujo másico en el chorro principal de tal manera que cuando el primer flujo secundario se emite desde la primera salida secundaria, el chorro principal se arrastra por la segunda superficie de Coanda.

Se observará que el control del aparato de empuje vectorial de la presente invención es totalmente diferente al del aparato de empuje vectorial anteriormente conocido tal como el dado a conocer en la diapositiva anteriormente mencionada, o el descrito en la patente estadounidense n.º 2.812.636.

Los medios de control de flujo pueden hacerse funcionar para controlar el flujo másico en el flujo secundario dentro del intervalo del 0% al 2% del flujo másico en el chorro principal. Por tanto, ventajosamente el flujo másico necesario a través de las salidas secundarias es significativamente inferior al requerido en sistemas de empuje vectorial mediante dinámica de fluidos anteriormente conocidos. Los medios de control de flujo comprenden una válvula en asociación operativa con cada salida secundaria.

Los conductos del aparato pueden estar configurados para recibir fluido desde la atmósfera ambiente que rodea el motor de reacción. El uso de la atmósfera ambiente como la fuente de fluido es posible debido a los bajos requisitos de flujo másico del presente sistema de empuje vectorial, y porque las zonas de baja presión formadas en la proximidad de las salidas secundarias "aspiran" aire de la atmósfera ambiente. Los presentes inventores han

descubierto que tal efecto es suficiente para provocar un empuje vectorial significativo.

5 Alternativamente, los conductos pueden estar configurados para recibir gases de purga desde el motor de reacción. Por ejemplo, los conductos pueden extenderse entre uno del grupo de la sección de compresor, la sección de combustión y la sección de derivación del motor de reacción, y cada salida secundaria. El uso de aire de purga proporciona una manera conveniente de proporcionar el flujo másico para los chorros secundarios, puesto que los flujos de purga a menudo ya se proporcionan para otros fines en aviación.

10 Las salidas secundarias pueden contener material poroso a través del cual puede emitirse el chorro secundario. Se entenderá que tal material poroso puede proporcionarse o bien por un material inherentemente poroso, tal como una espuma metálica o cerámica, o bien formando una pluralidad de pequeños orificios en un material por lo demás macizo, orificios a través de los que puede emitirse el flujo secundario. Pueden formarse orificios adecuados, que pueden tener un diámetro en el intervalo de 20 μm a 100 μm , por ejemplo, mediante perforación láser. El uso de materiales porosos permite rellenar las salidas secundarias con material sustancialmente macizo. Puesto que las dimensiones de las salidas secundarias normalmente deben mecanizarse con altas tolerancias, y mantener esas altas tolerancias incluso a las elevadas temperaturas de trabajo y las presiones variables que se encuentran en el extremo de escape de un motor de reacción, la capacidad de rellenar las salidas secundarias de este modo puede ser sumamente ventajosa. Por ejemplo, para la aplicación a un motor de reacción usado en un avión militar típico, puede ser necesario mecanizar una ranura secundaria con una altura definida dentro de algunas décimas de milímetro respecto a una anchura de aproximadamente un metro, y mantener tal tolerancia a lo largo de temperaturas que varían hasta aproximadamente 600°C. Si la ranura puede rellenarse con materiales porosos, es más fácil mecanizar salidas dentro de tales tolerancias.

25 El aparato de empuje vectorial puede aplicarse a motores de reacción con cualquier forma. Por ejemplo, la salida principal puede ser generalmente rectangular. Alternativamente, la salida principal puede ser generalmente circular.

Las salidas secundarias pueden disponerse para emitir el flujo secundario generalmente de manera tangencial al chorro principal.

30 La invención se extiende a un motor de reacción que comprende el aparato de empuje vectorial anteriormente descrito. La invención se extiende además a un avión que comprende uno o más de tales motores de reacción.

35 Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método de empuje vectorial generado por un motor de reacción, comprendiendo el motor de reacción una carcasa que define una salida principal para expulsar un chorro principal para generar empuje, y superficies de Coanda que se extienden desde zonas opuestas de dicha carcasa y se separan hacia fuera con respecto a la salida principal de tal manera que se define un paso entre cada superficie de Coanda y la salida principal; comprendiendo el método las etapas de: expulsar el chorro principal desde la salida principal, de tal manera que se forman zonas de baja presión en la proximidad de dichos pasos; emitir un flujo secundario hacia la zona de baja presión en la proximidad de un primer paso entre una primera de las superficies de Coanda y la salida principal, teniendo el flujo secundario un flujo másico dentro del intervalo del 0% al 5% del flujo másico en el chorro principal, para vectorizar el empuje generado por el motor de reacción hacia la superficie de Coanda opuesta a dicha primera de las superficies de Coanda; y controlar el flujo másico del flujo secundario con el fin de controlar el grado en el que se vectoriza el empuje.

45 Según un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un método de mejora de un motor de reacción, que comprende equipar de manera retroactiva el aparato descrito anteriormente en el motor de reacción.

Realizaciones preferidas de la invención se describirán ahora a modo de ejemplo únicamente, y con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

50 la figura 1 es una vista esquemática en sección transversal del tubo de escape de un motor de reacción según una primera realización de la presente invención;

55 la figura 2 es una vista desde atrás del tubo de escape ilustrado en la figura 2;

la figura 3 ilustra un motor de reacción que incorpora el tubo de escape ilustrado en la figura 1;

60 la figuras 4a y 4b ilustran la variación del coeficiente de fuerza normal con flujo másico a través de chorros secundarios superior e inferior, según se observa usando el aparato según la primera realización de la invención;

la figura 5 es una vista desde atrás de un tubo de escape según una segunda realización de la presente invención; y

la figura 6 es una vista desde atrás de un tubo de escape según una tercera realización de la invención.

65 Los motores de reacción generan empuje mediante la expulsión de un chorro de fluido. La fuerza de reacción a la expulsión de fluido genera un empuje hacia delante sobre el motor. La dirección del empuje depende por tanto

completamente de la dirección en la que se emite el chorro de fluido. El empuje vectorial, en el presente documento, se usa para referirse al cambio en la dirección en la que se expelle el chorro de fluido, con el fin de cambiar la dirección de empuje ejercida sobre el motor. La presente invención se refiere a empuje vectorial mediante dinámica de fluidos, en el que un cambio en la dirección del chorro expelido tiene lugar a través del uso de flujos secundarios de fluido que interactúan con el chorro de fluido principal, que genera el empuje, con el fin de cambiar la dirección en la que se expulsa el chorro principal desde el motor de reacción.

El aparato 100 según una primera realización de la invención se ilustra en la figura 1. La figura 1 es una vista en sección transversal a lo largo del eje del aparato 100, aparato que puede formar parte del tubo de escape de un motor de reacción, tal como el motor 300 de reacción ilustrado en la figura 3 y descrito en más detalle más adelante. El aparato 100 comprende una carcasa que tiene partes 112 y 114 interna y externa respectivamente. La parte 112 interna de la carcasa define una salida 110 principal desde la cual, con el motor de reacción en funcionamiento, se expulsa un chorro 115 principal. La altura del chorro 115 principal, en la presente realización, es de 20 mm. La expulsión del chorro 115 principal genera la fuente principal de propulsión para el motor de reacción. El aparato 100 también comprende salidas 120, 130 secundarias, desde las que pueden expelerse flujos secundarios con el fin de vectorizar el chorro 115 principal. La altura de las salidas 120, 130 secundarias, en la presente realización, es de 0,2 mm. En su extremo de escape, la carcasa 112 interna, que proporciona una pared entre las salidas principal y secundarias, es de 0,5 mm de grosor.

Las salidas 120, 130 secundarias se forman en el extremo trasero (de escape) de unos conductos 124, 134 que comunican entre sí las salidas 120, 130 secundarias y una fuente de fluido (no mostrada en la figura 1), y que están formados entre las partes 112 interna y 114 externa de la carcasa del aparato 100. Los conductos 124, 126 son de sección decreciente hacia sus extremos de escape para definir las salidas 120, 130 secundarias. Las salidas 120, 130 secundarias se forman en zonas externas opuestas de la salida 110 principal. Tal como puede verse más claramente a partir de la figura 2, que es una vista esquemática del aparato 100 desde atrás, y la salida 112 principal es rectangular, y está situada de manera centrada en el aparato 100, mientras que las salidas 120, 130 secundarias están situadas respectivamente en zonas de borde superior e inferior del aparato 100. Se observa que, en la figura 2, las salidas 110 principal y 120, 130 secundarias están sombreadas usando una línea descendente en diagonal repetida, mientras que la carcasa 112 interna y las superficies 140 de Coanda están sombreadas de manera continua.

En referencia de nuevo a la figura 1, el flujo a través de las salidas 120, 130 secundarias puede controlarse por separado a través de válvulas 126, 136 de control previstas en conductos 124, 134 respectivamente. Las válvulas 126, 136 de control pueden hacerse funcionar para controlar el flujo másico a través de las salidas secundarias que se encuentre dentro del intervalo del 0% al 2% del flujo másico a través de la salida principal. Las válvulas 126, 136 de control se seleccionan para proporcionar el grado requerido de control sobre el flujo másico a través de la salida secundaria, y en la presente realización se seleccionan para que sean válvulas de bolas. Tal como se verá a partir de la figura 1, las salidas 120, 130 secundarias se disponen para emitir flujos secundarios en una dirección sustancialmente paralela a la del chorro 115 principal.

Las superficies 140 de Coanda se extienden desde la carcasa 114 externa del aparato 100, adyacente a cada una de las salidas 120, 130 secundaria. Las superficies 140 de Coanda son superficies arqueadas que se curvan alejándose del eje del aparato 100. Las superficies 140 de Coanda están conformadas para arrastrar el fluido en movimiento para que siga su superficie, según el efecto Coanda. Se ha establecido en teoría que, para un mejor efecto, la superficie 140 de Coanda debe tener la forma de una sección de una espiral logarítmica (que es una espiral definida por la ecuación polar $r = ae^{b\theta}$, en la que a y b son constantes, y r y θ son las coordenadas polares de la curva). Sin embargo, experimentos han demostrado que una superficie de Coanda con una curvatura así de compleja tiene un mejor rendimiento que las superficies con una curvatura más simple tan sólo en pequeña medida. Por tanto, en la presente realización, por motivos de simplicidad, a las superficies 140 de Coanda se les da una curvatura con la forma de un simple arco de círculo, arco de círculo que tiene un radio de curvatura seleccionado para ser de 100 mm.

En el extremo de escape de la carcasa 112 interna, donde se define la salida 110 principal, están presentes unos pasos entre la carcasa 112 interna y la carcasa 114 externa, carcasa 114 externa que se extiende más allá del extremo de escape de la carcasa 112 interna para formar superficies 140 de Coanda. El paso presente en la parte superior del aparato 100 tiene una altura definida entre las líneas discontinuas indicadas con el número de referencia 128. Tal como se verá, un paso similar está presente en la parte inferior del aparato 100, aunque no específicamente indicado por un número de referencia. La altura del paso, en la presente realización, es de 0,7 mm. Por tanto, moviéndose a lo largo de la pared interna de la carcasa 112 interna, hacia el extremo de escape del aparato 100, se observa un paso hacia fuera en la posición de la salida principal. El paso está dispuesto de tal manera que, en funcionamiento normal, el chorro 115 principal se separa de la pared interna de la carcasa 112 interna en este paso.

La figura 3 ilustra esquemáticamente un motor 300 de reacción que incorpora el aparato 100 según la primera realización de la invención. En la figura 3, a las partes ya descritas con referencia a las figuras 1 y 2 anteriores se les dan los mismos números de referencia, y no se describen adicionalmente. El motor 300 de reacción es de tipo de bajo índice de derivación usado con frecuencia para aviones militares, y comprende la carcasa 112, 114, una

sección 310 de compresor, una sección 320 de combustión y una sección 330 de turbina. Se induce aire al interior del motor en la toma 350 de admisión. El aire de admisión se comprime por la sección 310 de compresor y se consume en la sección 320 de combustión. Los gases de escape procedentes de la sección de combustión se usan para accionar turbinas en la sección 330 de turbina, que a su vez accionan los ventiladores del compresor en la sección 320 de compresor. Finalmente, los gases de escape se expelen a través de la salida 110 principal del aparato 100 (que ya se ha descrito con referencia a las figuras 1 y 2). La expulsión de los gases de escape procedentes del motor 300 de reacción genera un empuje hacia delante sobre el motor que, tal como se ilustra en la figura 3, actúa hacia la izquierda del dibujo.

El aire de purga desde o bien la sección del compresor o bien la sección de combustión puede usarse de manera conveniente para proporcionar una fuente de fluido para los chorros secundarios emitidos a través de las salidas 120, 130 secundarias del aparato 100. Tal como se muestra en la figura 3, en la presente realización, se admite aire desde la parte de admisión de la sección de compresor a través de conductos 124, 126 con el fin de proporcionar un flujo de aire para los chorros 120, 130 secundarios.

Con el fin de vectorizar el empuje producido por el motor 300 de reacción, el flujo másico a través de las salidas 120, 130 secundarias se controla para que se encuentre dentro del intervalo del 0% al 2% del flujo másico a través de la salida 110 principal. En referencia específicamente a la disposición de la figura 1, con el fin de vectorizar el chorro principal hacia arriba, y generar así una componente de empuje hacia abajo sobre el aparato 100, se emite un flujo secundario desde la salida 120 secundaria inferior. Por tanto, la válvula 126 se abre para permitir el flujo másico deseado a través de la salida 120 secundaria inferior, mientras que la válvula 136 permanece cerrada. De manera similar, con el fin de vectorizar el chorro principal hacia abajo, y generar así una componente de empuje hacia arriba sobre el aparato 100, se emite un flujo secundario desde la salida 130 secundaria superior. Por tanto, la válvula 136 se abre para permitir el flujo másico deseado a través de la salida 130 secundaria superior, mientras que la válvula 126 permanece cerrada.

El grado de desviación del empuje puede controlarse controlando el flujo másico a través de la respectiva salida secundaria dentro del intervalo del 0% al 2% del flujo másico a través de la salida principal. En este intervalo, un flujo másico superior a través de una salida secundaria da como resultado una mayor desviación hacia la salida secundaria opuesta. Las figuras 4a y 4b ilustran la variación del coeficiente de fuerza normal con la razón del flujo másico entre los chorros principal y secundarios. En la figura 4a, la variación del coeficiente de fuerza normal se traza frente a la razón de tasa de flujo másico para varias configuraciones de estrangulación diferentes. Tal como puede verse, aunque la magnitud del efecto de desviación cambia a medida que aumenta la configuración de estrangulación desde el 10% hasta el 50%, cualitativamente, el efecto de los chorros secundarios puede considerarse similar. La máxima desviación del chorro principal es del orden de 20° a 30° con respecto al chorro no desviado.

Tal como se ve en la figura 4a, un aumento brusco en la magnitud de la desviación se observa a medida que aumenta el flujo másico a través de la salida secundaria desde el 0% al 2% del flujo másico a través de la salida principal. A aproximadamente la razón del 2%, indicada por las líneas discontinuas en la figura 4a, se observa un pico en la magnitud del coeficiente de fuerza normal. Por encima del pico, un aumento adicional del flujo másico en el flujo secundario da como resultado un descenso en la magnitud de la desviación, a una tasa menor a la del aumento observado hasta el pico. Se observa entonces un punto de cruce en la dirección de desviación a un flujo másico a través del chorro secundario de aproximadamente el 5% de aquél a través del chorro principal. Hasta el punto de cruce, para razones de flujo másico por debajo de aproximadamente el 5%, la desviación del chorro principal se aleja del chorro secundario, ilustrado en las gráficas mostradas en la figura 4a como un coeficiente de fuerza normal negativo. Por encima del punto de cruce a la razón de flujo másico de aproximadamente el 5%, la dirección de la desviación se invierte, y la magnitud de la desviación aumenta a medida que aumenta el flujo másico a través de los chorros secundarios.

Los sistemas de empuje vectorial mediante dinámica de fluidos anteriormente conocidos han aprovechado el régimen de flujo másico secundario superior, en el que la dirección de desviación es hacia el chorro secundario activado, en lugar de alejarse del mismo. Sin embargo, tal como se demuestra en la figura 4a, un grado similar de control al que puede conseguirse en el régimen de flujo másico superior (es decir para un flujo másico de chorro secundario de entre el 5% y el 15% del flujo másico del chorro principal) puede obtenerse usando el flujo másico mucho menor en el chorro secundario de hasta el 2% del flujo másico a través del chorro principal.

La figura 4b ilustra además el cambio en el coeficiente de fuerza normal con flujo másico a través de las salidas secundarias. En la gráfica 400, el flujo másico a través de la salida secundaria superior se expresa en el eje vertical; el flujo másico a través de la salida secundaria inferior se expresa en el eje horizontal; y el coeficiente de fuerza normal se expresa en niveles de escala de grises, representando los colores más oscuros una desviación negativa, y representando los colores más claros una desviación positiva. Las flechas blancas en la figura proporcionan una comparación gráfica directa entre la cantidad de cambio en la razón de flujo másico requerida para provocar cambios equivalentes del coeficiente de fuerza normal en los regímenes de flujo secundario alto y bajo.

En la actualidad se piensa que, para el flujo másico bajo a través de la salida secundaria, la desviación observada es

resultado de un efecto de presión en la proximidad de los pasos definidos entre la carcasa 112, 114 interna y externa, zona en la que los flujos secundarios se expelen desde las salidas secundarias. Cuando se expulsa un chorro principal a través de la salida 110 principal, se forman zonas de baja presión en la proximidad de las etapas. En este caso, se entenderá que, por "bajo", se quiere decir que la presión en la proximidad de los pasos es menor que la presión del chorro principal. Por tanto, la activación de un flujo secundario desde una de las salidas secundarias da como resultado una zona de presión aumentada en esa salida secundaria activada en comparación con su salida secundaria opuesta. Esta diferencia en las presiones en cualquiera de los lados del chorro principal da como resultado una ligera desviación del chorro principal hacia la salida secundaria opuesta a la salida secundaria activada. La ligera desviación es suficiente para que el chorro principal se arrastre por la superficie de Coanda adyacente a la de la salida secundaria opuesta, dando como resultado la gran desviación observada. Se cree que un efecto de competencia, el de arrastre del flujo secundario por la superficie de Coanda adyacente a la misma, y el correspondiente arrastre del chorro principal por ese flujo secundario activado, es responsable de la desviación observada a las razones de flujo másico superiores que se ha aprovechado en los sistemas de empuje vectorial mediante dinámica de fluidos anteriormente conocidos. Cuando el flujo másico a través de la salida secundaria es pequeño, se cree que este efecto es un efecto despreciable en comparación con el efecto de presión aumentada.

La menor tasa de flujo másico requerida a través de las salidas 120, 130 secundarias para un empuje vectorial eficaz permite realizar el diseño de las salidas 120, 130 secundarias de manera más robusta de lo que era posible anteriormente. En particular, las salidas 120, 130 secundarias pueden fabricarse no como grandes salidas individuales, sino más bien como una serie de salidas dentro de un material por lo demás macizo. El área total de la salida no tiene que ser grande debido a que el flujo másico requerido para lograr el empuje vectorial es pequeño. Por tanto, puede usarse un material macizo para rellenar la salida secundaria, y pequeños orificios practicados en el material macizo con el fin de permitir que un flujo secundario pase a través de la salida secundaria. La capacidad de rellenar las salidas secundarias con más material permite que las altas tolerancias requeridas para la altura de la salida secundaria, por toda su anchura, se consigan más fácilmente.

En la presente realización, la altura de la salida secundaria es de 0,2 mm, y su anchura es de 200 mm. Con el fin de obtener un flujo suficientemente uniforme a través de las salidas secundarias, es necesario mantener una altura constante, dentro de una tolerancia del 5%, para la salida secundaria por toda su anchura. Así, la altura de la salida secundaria en la presente realización debe mantenerse dentro de una tolerancia de 0,01 mm. La realización de los orificios en tales salidas puede conseguirse mediante perforación láser de orificios del diámetro apropiado en una única pieza de metal. En la presente realización, se forman orificios de diámetro de 50 μm en una pieza de metal maciza.

El aparato 500 según una segunda realización de la invención se ilustra en la figura 5. La figura 5 es un diagrama esquemático del aparato 500 visto desde su extremo de escape. La segunda realización es similar a todos los respectos a la primera realización descrita anteriormente, salvo en que se proporcionan cuatro salidas secundarias, en lugar de sólo dos. Se proporcionan salidas 520 y 530 secundarias superior e inferior igual que en la primera realización. La provisión de un flujo secundario a través de la salida 520 secundaria superior o la salida 530 secundaria inferior da como resultado un arrastre del chorro principal por la superficie 525 o 535 de Coanda inferior o superior respectivamente. Las salidas 540 y 550 secundarias se proporcionan también a la izquierda y la derecha de la salida 510 principal. La provisión de un flujo secundario a través de la salida 540 secundaria izquierda o la salida secundaria derecha da como resultado un arrastre del chorro principal por las superficies 545 ó 555 de Coanda izquierda o derecha respectivamente. Otros aspectos de la segunda realización, que por lo demás es igual a la primera realización, y funciona de manera análoga a la misma, no se describen adicionalmente. Al proporcionar cuatro salidas secundarias en cuatro zonas de borde del aparato 500, rodeando la salida principal central, el chorro principal puede vectorizarse en cuatro direcciones diferentes, en lugar de sólo hacia arriba o hacia abajo. Así la segunda realización proporciona un mayor grado de maniobrabilidad que la primera realización.

El aparato 600 según una tercera realización de la presente invención se ilustra en la figura 6. La figura 6 es un diagrama esquemático del aparato 600 visto desde su extremo de escape en el que, por motivos de claridad, sólo se muestran las carcasas que definen las salidas principal y secundarias. La tercera realización es similar a todos los respectos a la segunda realización descrita anteriormente, excepto en que la forma de salida es circular. Se proporciona una salida principal central, proporcionándose salidas secundarias en zonas anulares del aparato 600 ilustrado. Al igual que con la segunda realización, se proporcionan cuatro salidas secundarias, permitiendo el control de la desviación de empuje en cuatro direcciones independientes. Por tanto, se proporcionan salidas 620 y 630 secundarias en zonas anulares superior e inferior del aparato 600, y se proporcionan salidas 640 y 650 secundarias en zonas anulares izquierda y derecha del aparato 600. Las superficies de Coanda no se ilustran en la figura 6, aunque se entenderá que las superficies de Coanda estarían previstas adyacentes a cada una de las salidas secundarias de una manera análoga a la ilustrada en la figura 5.

El aparato según una cuarta realización de la invención, no ilustrada en los dibujos adjuntos, es muy similar a la primera realización de la invención excepto en la manera en la que se forman las salidas secundarias. Según la cuarta realización de la invención, se proporciona un material inherentemente poroso en las salidas secundarias, en lugar de formarse las salidas secundarias de un material que se hace poroso mediante la provisión de varios orificios definidos en un material por lo demás macizo. Un material inherentemente poroso de este tipo puede ser una

espuma o bien metálica o bien cerámica seleccionada para poder resistir las altas temperaturas presentes en el escape de un motor de reacción. Por lo demás, la cuarta realización de la invención es idéntica a la primera realización de la invención. Al igual que con la primera realización de la invención, es posible usar tal material de tipo espuma en la salida secundaria debido al pequeño flujo másico requerido a través de las salidas secundarias.

El aparato según una quinta realización de la invención, no ilustrada en los dibujos adjuntos, también es similar a la primera realización de la invención. La quinta realización difiere de la primera realización sólo en que la fuente de fluido para los flujos secundarios no se proporciona desde una fuente de fluido dentro del motor de reacción, tal como desde la sección de compresor, sino que en su lugar se aspira desde la atmósfera ambiente. Tal como se describió anteriormente con referencia a la primera realización de la invención, se forman zonas de baja presión en la proximidad de los pasos entre las partes interna y externa de la carcasa en la salida principal, de tal manera que la apertura de válvulas en conductos que conducen a la atmósfera da como resultado una succión de aire atmosférico a través de estos conductos para proporcionar el flujo secundario requerido. Puesto que el flujo secundario requerido es pequeño, tal efecto de succión puede dar como resultado una diferencia de presión a través del chorro principal que es suficiente para provocar una vectorización significativa del empuje desarrollado por el motor de reacción según los principios descritos anteriormente.

Tras haber descrito la invención con referencia a diversas realizaciones específicas, se observa que estas realizaciones son meramente a modo de ejemplo, y que son posibles variaciones y modificaciones de estas realizaciones sin apartarse del espíritu y alcance de la invención, que se define en las reivindicaciones adjuntas. Tales variaciones y modificaciones resultarán fácilmente evidentes para el lector experto.

Por ejemplo, aunque las realizaciones anteriores se refieren a la aplicación de empuje vectorial a motores de reacción con bajo índice de derivación usados en aviones militares, los expertos en la técnica apreciarán que la invención también puede usarse para motores de reacción con alto índice de derivación, o de hecho para la vectorización de cualquier chorro de fluido. Además, aunque se ha descrito anteriormente el uso de aire de purga desde el motor con el fin de proporcionar la fuente de fluido para los chorros secundarios, o simplemente el uso de aire de la atmósfera ambiente, se observará que pueden usarse muchas otras fuentes de fluido en las realizaciones anteriormente descritas de la invención. También se apreciará que pueden usarse muchos tipos de medios de control de flujo en realizaciones de la presente invención, incluyendo válvulas de bolas, tal como se describió anteriormente, otras válvulas tales como, por ejemplo, válvulas de mariposa, y cualquier otro dispositivo que pueda controlar el flujo de fluido a través de un conducto en un motor de reacción.

También ha de observarse que, aunque la invención se ha descrito anteriormente con referencia a un motor de reacción relativamente de pequeña escala, el aparato puede ampliarse fácilmente para adecuarse a motores de reacción más grandes. Al ampliar el aparato de empuje vectorial de la presente invención, ha de observarse que los efectos de dinámica de fluidos aprovechados por la presente invención dependen principalmente de las razones entre dimensiones clave del aparato de empuje vectorial, más que sus valores absolutos. Por tanto, por ejemplo, para construir un aparato de empuje vectorial con una salida principal rectangular más grande que la descrita anteriormente en relación con la primera realización, las razones entre el radio de curvatura de la superficie de Coanda, la altura de salida secundaria, y la altura de la salida principal deben mantenerse en los valores para la primera realización. Por tanto, la razón de la altura de salida secundaria con respecto al radio de superficie de Coanda puede ser de 0,02; aunque se espera que también puedan funcionar otros valores en el intervalo entre 0,002 y 0,2 en realizaciones alternativas de la invención. La razón de la altura de la salida principal con respecto al radio de superficie de Coanda puede ser 0,2; aunque se espera que también puedan funcionar otros valores en el intervalo entre 0,02 y 2 en realizaciones alternativas de la invención. La razón del grosor de pared entre las salidas principal y secundarias con respecto a la altura de salida secundaria, en la primera realización anteriormente descrita, es de 2,5. El grosor de pared en el intervalo entre 2,5 y 5 veces la altura de salida secundaria se ha probado de manera satisfactoria usando un aparato de la misma escala que la primera realización. Sin embargo, a la pequeña escala de la primera realización, consideraciones de fabricación impiden que el grosor de pared se haga menor, y se anticipa que, para motores más grandes, la razón del grosor de pared con respecto a la altura de salida secundaria podría disminuirse. Simples modificaciones del aparato de empuje vectorial anteriormente descritos también son posibles con el fin de proporcionar una capacidad de empuje vectorial mediante dinámica de fluidos a muchos tipos de aviones diferentes, ya sean militares o civiles, y a muchos tipos diferentes de motor de reacción.

Finalmente, ha de entenderse claramente que cualquier característica descrita anteriormente en relación con cualquier realización puede usarse por sí sola, o en combinación con otras características descritas, y también puede usarse en combinación con una o más características de cualquier otra de las realizaciones, o cualquier combinación de cualquier otra de las realizaciones.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de empuje vectorial para un motor (300) de reacción, pudiendo hacerse funcionar el motor de reacción para expulsar un chorro (115) principal para generar empuje; y comprendiendo el aparato:
 - 5 (i) una carcasa 112, 114 que define una salida (110) principal para emitir el chorro (115) principal;
 - (ii) superficies (140) de Coanda primera y segunda que se extienden desde zonas opuestas de un extremo de escape de dicha carcasa, separándose cada superficie (140) de Coanda hacia fuera con respecto a la salida (110) principal de tal manera que se define un paso entre cada respectiva superficie (140) de Coanda y la salida (110) principal; de modo que, cuando se expulsa un chorro (115) principal a través de la salida (110) principal, se forman zonas de baja presión en la proximidad de dichos pasos; y
 - 10 (iii) conductos (124, 134) que conducen desde una fuente de fluido hacia salidas (120, 130) secundarias primera y segunda, estando situada la primera salida secundaria adyacente a la primera superficie de Coanda y estando situada la segunda salida secundaria adyacente a la segunda superficie de Coanda, estando dispuestas las salidas (120, 130) secundarias cada una para emitir un respectivo flujo secundario hacia la zona de baja presión en la proximidad del paso definido entre la respectiva superficie (140) de Coanda y la salida (110) principal;
 - 15 caracterizado porque el aparato comprende además:
 - (iv) medios (126, 136) de control de flujo que pueden hacerse funcionar para controlar el flujo másico a través de una primera salida (120, 130) secundaria para que se encuentre dentro del intervalo del 0% al 5% del flujo másico en el chorro (115) principal de tal manera que, cuando el primer flujo secundario se emite desde la primera salida (120, 130) secundaria, el chorro (115) principal se arrastra por la segunda superficie (140) de Coanda.
 - 20
 - 25
2. Aparato de empuje vectorial según la reivindicación 1, en el que los medios (126, 136) de control de flujo pueden hacerse funcionar para controlar el flujo másico en el flujo secundario dentro del intervalo del 0% al 2% del flujo másico en el chorro (115) principal.
- 30
3. Aparato de empuje vectorial según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que los conductos (124, 134) están configurados para recibir fluido desde la atmósfera ambiente que rodea el motor (300) de reacción.
- 35
4. Aparato de empuje vectorial según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que los conductos (124, 134) están configurados para recibir gases de purga desde el motor (300) de reacción.
- 40
5. Aparato de empuje vectorial según la reivindicación 4, en el que los conductos (124, 134) se extienden entre uno del grupo de la sección (310) de compresor, la sección (320) de combustión y la sección de derivación del motor (300) de reacción, y cada salida (120, 130) secundaria.
- 45
6. Aparato de empuje vectorial según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que las salidas (120, 130) secundarias contienen material poroso a través del cual puede emitirse el chorro secundario.
7. Aparato de empuje vectorial según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que los medios (126, 136) de control de flujo comprenden una válvula en asociación operativa con cada salida (120, 130) secundaria.
- 50
8. Aparato de empuje vectorial según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la salida (110) principal es generalmente rectangular.
9. Aparato de empuje vectorial según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la salida (110) principal es generalmente circular.
- 55
10. Aparato de empuje vectorial según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que las salidas (120, 130) secundarias se disponen para emitir el flujo secundario generalmente de manera tangencial al chorro (115) principal.
- 60
11. Motor (300) de reacción que comprende el aparato de empuje vectorial según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.
- 65
12. Método de empuje vectorial generado por un motor (300) de reacción, comprendiendo el motor de reacción una carcasa (112, 114) que define una salida (110) principal para expulsar un chorro (115) principal para generar empuje, y superficies (140) de Coanda que se extienden desde zonas opuestas de dicha carcasa

(112, 114) y se separan hacia fuera con respecto a la salida (110) principal de tal manera que se define un paso entre cada superficie (140) de Coanda y la salida (110) principal; comprendiendo el método la etapa de:

5 (i) expulsar el chorro (115) principal desde la salida (110) principal, de tal manera que se forman zonas de baja presión en la proximidad de dichos pasos;

caracterizado porque el método comprende además las etapas de:

10 (ii) emitir un flujo secundario hacia la zona de baja presión en la proximidad de un primer paso entre una primera de las superficies (140) de Coanda y la salida (110) principal, teniendo el flujo secundario un flujo másico dentro del intervalo del 0% al 5% del flujo másico en el chorro (115) principal, para vectorizar el empuje generado por el motor (300) de reacción hacia la superficie (140) de Coanda opuesta a dicha primera de las superficies (140) de Coanda; y

15 (iii) controlar el flujo másico del flujo secundario con el fin de controlar el grado en el que se vectoriza el empuje.

20 13. Método de mejora de un motor (300) de reacción, que comprende equipar de manera retroactiva el aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 en el motor (300) de reacción.

Fig. 1.

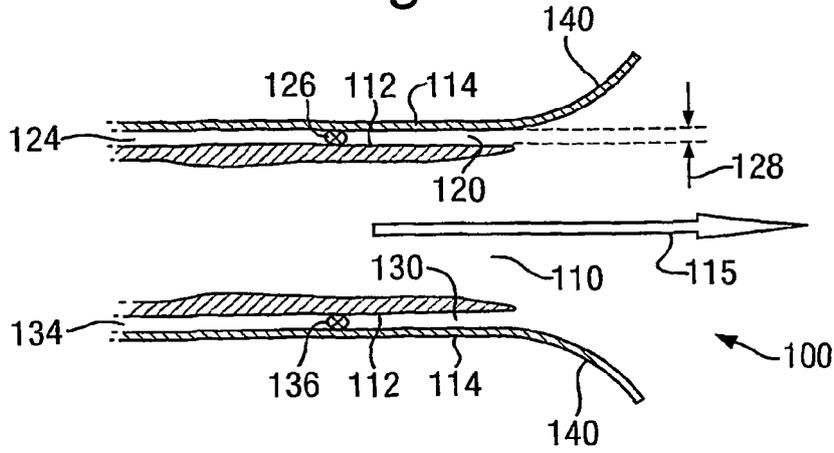


Fig. 2.

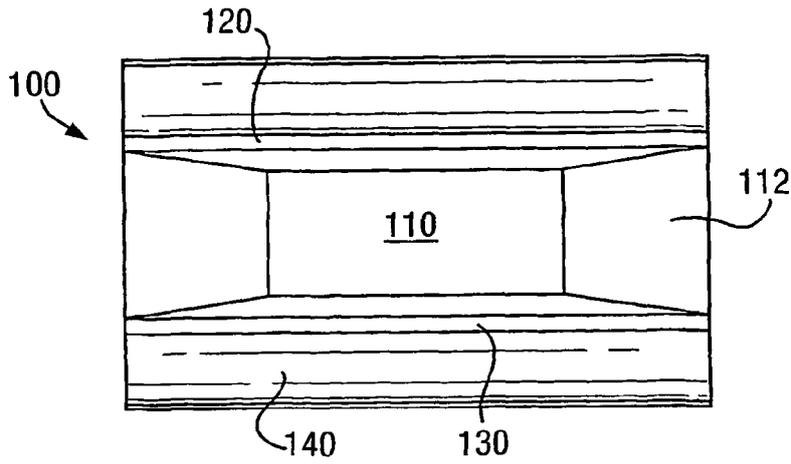


Fig. 3.

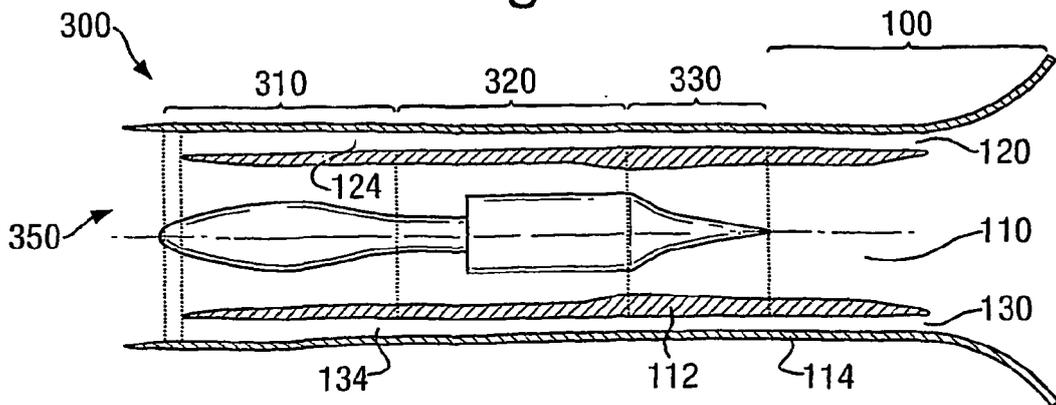


Fig.4a.

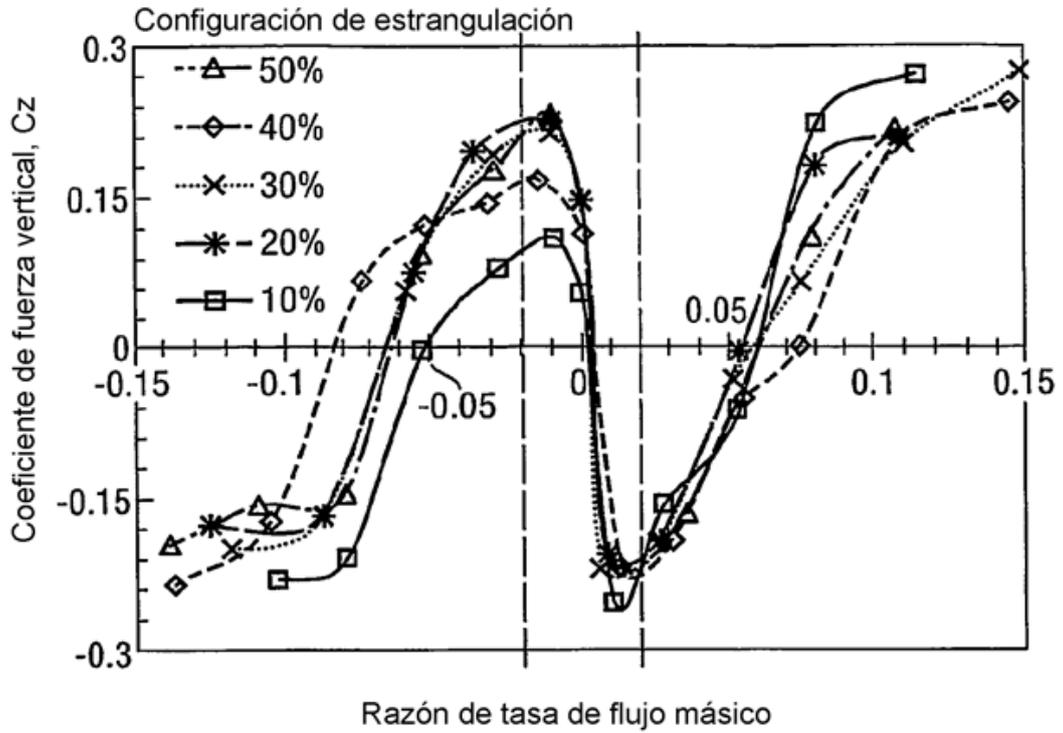


Fig.4b.

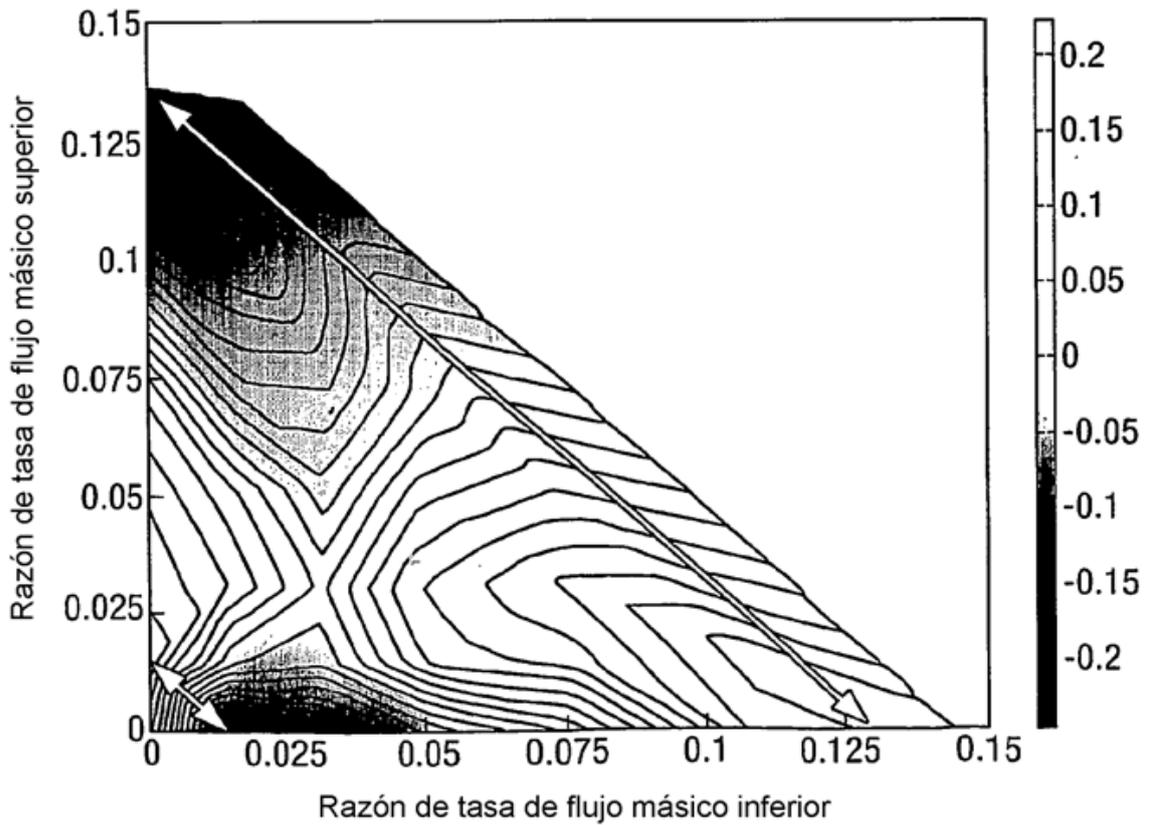


Fig.5.

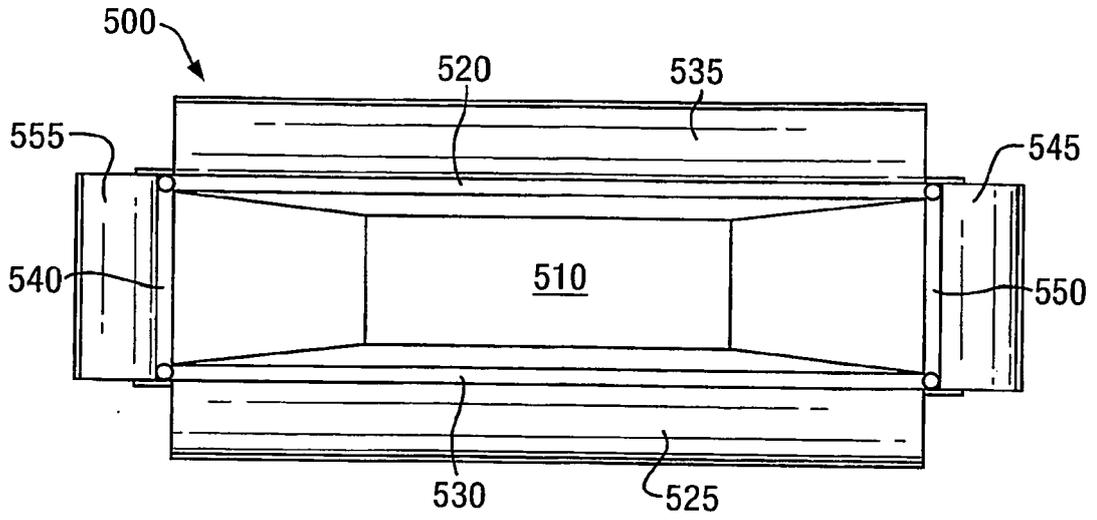


Fig.6.

