

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 968 395**

51 Int. Cl.:

F02C 7/04 (2006.01)

F02C 7/14 (2006.01)

F01D 17/14 (2006.01)

F02C 7/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2021** **E 21200620 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2023** **EP 3981972**

54 Título: **Un intercambiador de calor**

30 Prioridad:

09.10.2020 GB 202016008

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

09.05.2024

73 Titular/es:

ROLLS-ROYCE PLC (100.0%)
Kings Place, 90 York Way
London N1 9FX, GB

72 Inventor/es:

BRADBROOK, STEPHEN;
GOODHAND, MARTIN;
HIELD, PAUL;
PARSLEY, ANDREW;
WONG, NATALIE;
CORIN, ROBERT y
BINNINGTON, THOMAS

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 968 395 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

Un intercambiador de calor

5 Campo de la divulgación

La presente divulgación se refiere a un conjunto de paletas circunferenciales que aloja un intercambiador de calor y particularmente a un conjunto de paletas circunferenciales que aloja un intercambiador de calor, para uso con un motor de turbina de gas turbobán.

10 Antecedentes de la divulgación

Un motor de turbina de gas turbobán convencional utiliza intercambiadores de calor para enfriar una variedad de fluidos, incluidos entre otros aire, combustible y aceite. Normalmente, estos intercambiadores de calor utilizan como medio refrigerante aire de derivación o una toma de aire del compresor. El propio intercambiador de calor puede estar situado en el conducto de derivación o externamente al motor con los conductos correspondientes.

El uso de aire de derivación o una corriente de salida del compresor como medio de refrigeración en un intercambiador de calor afectará negativamente al rendimiento del motor, por ejemplo al reducir el empuje específico o aumentando el consumo de combustible específico. Alternativa o adicionalmente, dichas tomas pueden afectar negativamente al rendimiento del motor, por ejemplo reduciendo el margen de sobretensión.

En otra disposición convencional alternativa, se puede extraer un flujo de aire para proporcionar el medio de refrigeración en un intercambiador de calor por separado del flujo de aire a través del motor de turbina de gas. Por ejemplo, en una aplicación de fuselaje de avión, el flujo de aire que proporciona el medio de refrigeración puede extraerse de una entrada o conducto de aire separado del motor.

El documento EP 1 916 399 A2 divulga un método para ensamblar un motor de turbina, que incluye ensamblar un conjunto de intercambiador de calor que incluye al menos una placa radialmente interna, una placa radialmente externa y un intercambiador de calor acoplado entre las placas radialmente internas y externas, al formar el conjunto de intercambiador de calor de manera que el conjunto intercambiador de calor tiene una forma sustancialmente arqueada. El método requiere entonces acoplar el intercambiador de calor a una carcasa de ventilador de manera que el intercambiador de calor esté colocado en la dirección opuesta al flujo de aire o en la dirección del flujo de aire del conjunto de ventilador.

El documento EP 2 085 600 A2 divulga un sistema de gestión térmica que incluye al menos un intercambiador de calor en comunicación con un flujo de derivación de un motor de turbina de gas. La ubicación de los intercambiadores de calor minimiza las pérdidas de peso y aerodinámicas y contribuye al aumento del rendimiento general con respecto a los esquemas de ubicación de intercambiadores de calor de conductos tradicionales.

El documento EP 3023 724 A1 divulga un aparato intercambiador de calor que incluye un enfriador de superficie y un sistema pasivo de extensión y retracción automática acoplado al enfriador de superficie. El enfriador de superficie tiene uno o más canales de flujo de fluido configurados para el paso a su través de un fluido de transferencia de calor a enfriar. El fluido de transferencia de calor se encuentra en una relación de transferencia de calor en un lado interior de dichos uno o más canales de flujo de fluido. El enfriador de superficie incluye una pluralidad de aletas que sobresalen de una superficie exterior del mismo. El sistema pasivo de retracción y extensión automática incluye un componente de actuación térmica que responde a un cambio de temperatura de al menos uno del fluido de transferencia de calor y un flujo de fluido de enfriamiento para activar un cambio en la geometría del enfriador de superficie.

El documento GB 2 238 080 A divulga un dispositivo de suministro de fluido para fijar y entregar un fluido dentro de una tubería presurizada. El dispositivo comprende medios de restricción de flujo operables para restringir un flujo de fluido a través de la tubería, generando así una región de flujo restringido dentro de la tubería en o alrededor de la posición de los medios de restricción de flujo, en comparación con un flujo sin restricciones en la dirección opuesta al flujo de aire del dispositivo. El dispositivo comprende además un conducto de suministro dispuesto para abrirse hacia o en posición proximal a dicha región de flujo restringido.

Como se usa en el presente documento, un rango “desde el valor X hasta el valor Y” o “entre el valor X y el valor Y”, o similares, denota un rango inclusivo; incluyendo los valores límite de X e Y. Tal como se utiliza en el presente documento, el término “plano axial” denota un plano que se extiende a lo largo de un motor, paralelo a y que contiene una línea central axial del motor, y el término “plano radial” denota un plano que se extiende perpendicular a la línea central axial del motor, incluyendo así todas las líneas radiales en la posición axial del plano radial. Los planos axiales también pueden denominarse planos longitudinales, ya que se extienden a lo largo del motor. Una distancia radial o una distancia axial es, por tanto, una distancia en un plano radial o axial, respectivamente.

65

Declaraciones de divulgación

- De acuerdo con un primer aspecto de la presente divulgación, se proporciona un motor de turbina de gas turbofán que comprende, en secuencia de flujo axial, un módulo intercambiador de calor, un conjunto de ventilador, un módulo compresor, un módulo de turbina y un módulo de escape, el conjunto de ventilador comprende una pluralidad de aspas de ventilador que definen un diámetro de ventilador (D), el módulo intercambiador de calor está en comunicación fluida con el conjunto de ventilador mediante un conducto de entrada, además el módulo intercambiador de calor comprende una pluralidad de palas huecas que se extienden radialmente dispuestas en una disposición circunferencial, con un canal que se extiende axialmente entre cada par de paletas huecas adyacentes, acomodando cada una de las paletas huecas al menos un elemento de transferencia de calor para la transferencia de calor desde un primer fluido contenido dentro del o cada elemento de transferencia de calor a un flujo de aire de paleta correspondiente que pasa a través del aspa hueca y sobre una superficie del o cada elemento de transferencia de calor, además cada una de las paletas huecas comprende un modulador de flujo, el modulador de flujo está configurado para regular activamente el flujo de aire de la paleta como una proporción de un flujo de aire total que ingresa al módulo intercambiador de calor en respuesta a un requerimiento del usuario.
- La regulación activa del flujo de aire de las paletas como proporción del flujo de aire total que ingresa al módulo del intercambiador de calor permite al usuario determinar la proporción del flujo de aire de admisión que pasa a través de las paletas huecas y, por lo tanto, la proporción del aire de admisión que pasa sobre los elementos de transferencia el calor.
- Dado que el flujo de aire de las paletas a través de las paletas huecas genera una penalización aerodinámica sobre el flujo de aire del canal que pasa entre paletas adyacentes, al regular el flujo de aire de las paletas solo al requerido para mantener un nivel requerido de rechazo de energía térmica al flujo de aire de las paletas, un usuario puede maximizar el Eficiencia aerodinámica del motor turbofán.
- En una configuración de ejemplo, un usuario puede requerir que el flujo de aire de las paletas sea, por ejemplo, un tercio ($\frac{1}{3}$) del flujo de aire del canal para que los flujos de aire de las paletas proporcionen una transferencia eficiente de energía térmica desde el primer fluido a través de los elementos de transferencia de calor. En configuraciones alternativas, la proporción del flujo de aire total que ingresa al módulo intercambiador de calor que conforma el flujo de aire de las paletas puede ser mayor o menor que un tercio ($\frac{1}{3}$).
- Opcionalmente, el flujo de aire que ingresa al módulo intercambiador de calor se divide entre el conjunto de flujos de aire de paletas a través de cada paleta hueca, cada flujo de aire de paleta tiene un caudal másico de paleta $\text{Flujo}_{\text{Paleta}}$, y un conjunto de flujos de aire de canal a través de cada canal, cada flujo de aire de canal tiene un caudal másico de canal $\text{Flujo}_{\text{Can}}$, y el modulador de flujo está configurado para regular activamente una relación entre una suma de caudales másicos de $\text{Flujo}_{\text{PaletaTot}}$ y una suma de los caudales másicos del $\text{Flujo}_{\text{CanTot}}$.
- Como se describió anteriormente, la energía térmica rechazada por los elementos de transferencia de calor se transfiere a los flujos de aire de las paletas que pasan a través de las paletas huecas y sobre los elementos de transferencia de calor. Específicamente, el caudal másico de las paletas es un factor de control en la cantidad de energía térmica transferida a los flujos de aire de las paletas. De acuerdo con lo anterior, la capacidad de un usuario para regular la proporción del flujo de admisión que pasa a través de las paletas huecas le permite controlar la cantidad de energía térmica transferida a los flujos de aire de las paletas.
- Opcionalmente, cada paleta hueca comprende, en secuencia de flujo axial, una porción de entrada, el al menos un elemento de transferencia de calor y una porción de escape, la porción de entrada comprende un modulador de flujo, el modulador de flujo está configurado para restringir el flujo de aire de la paleta en respuesta al requisito del usuario.
- En una disposición de la presente divulgación, el modulador de flujo comprende una o más primeras paletas colocadas en la porción de entrada. Las primeras paletas pueden estar situadas en la dirección opuesta al flujo de aire de una abertura de entrada a la paleta hueca. Alternativamente, el modulador de flujo puede comprender una o más primeras paletas que forman la porción de entrada de la paleta hueca. En otra disposición alternativa, las primeras paletas pueden estar situadas en la abertura de entrada a la paleta hueca. El modulador de flujo en forma de las primeras paletas puede ser regulado activamente por un usuario para limitar el flujo de aire de las paletas que entra en las paletas huecas y así limitar el caudal másico de las paletas.
- Opcionalmente, cada paleta hueca comprende, en secuencia de flujo axial, una porción de entrada, el al menos un elemento de transferencia de calor y una porción de escape, la porción de escape comprende un modulador de flujo, el modulador de flujo está configurado para restringir el flujo de aire de la paleta en respuesta a el requisito del usuario.
- En otra disposición de la presente divulgación, el modulador de flujo comprende una o más segundas paletas colocadas en la porción de escape. Alternativamente, la porción de escape de la paleta hueca puede estar formada por el modulador de flujo en forma de segundas paletas.
- En otra disposición más, la porción de escape de la paleta hueca puede comprender el modulador de flujo. Por ejemplo, el modulador de flujo que forma la porción de escape puede comprender un material con memoria de forma que está

configurado para restringir el flujo de aire de la paleta expulsada de la paleta hueca en respuesta a los requisitos del usuario.

5 En cada una de estas disposiciones, un usuario puede regular activamente el modulador de flujo en forma de segundas paletas para restringir el flujo de aire de la paleta que sale de la paleta hueca y de esta manera limitar el caudal másico de la paleta.

10 Opcionalmente, el diámetro del ventilador D está dentro del rango de 0.3 m a 2.0 m, preferiblemente dentro del rango de 0.4 m a 1.5 m, y más preferiblemente en el rango de 0.7 m a 1.0 m.

En una realización de la divulgación, el diámetro del ventilador es de 0.9 m.

15 De acuerdo con lo anterior, para la misma carga de energía térmica rechazada al flujo de aire a través del intercambiador de calor, la pérdida en la eficiencia propulsora del motor turbofán es proporcionalmente menor para un motor turbofán de gran diámetro (por ejemplo, aproximadamente 1.5 a 2.0 m de diámetro) que para un motor turbofán de pequeño diámetro.

20 El radio de la punta del ventilador, medido entre una línea central del motor y una punta más externa de cada aspa del ventilador en su borde delantero, puede estar en el rango de 95 cm a 200 cm, por ejemplo en el rango de 110 cm a 150 cm, o alternativamente en el rango de 155 cm a 200 cm. El radio de la punta del ventilador puede ser mayor que cualquiera de: 110 cm, 115 cm, 120 cm, 125 cm, 130 cm, 135 cm, 140 cm, 145 cm, 150 cm, 155 cm, 160 cm, 165 cm, 170 cm, 175 cm, 180 cm, 185 cm, 190 cm o 195 cm. El radio de la punta del ventilador puede ser de alrededor de 110 cm, 115 cm, 120 cm, 125 cm, 130 cm, 135 cm, 140 cm, 145 cm, 150 cm, 155 cm, 160 cm, 165 cm, 170 cm, 175 cm, 180 cm, 185 cm, 190 cm o 195 cm. El radio de la punta del ventilador puede ser superior a 160 cm.

25 El radio de la punta del ventilador puede estar en el rango de 95 cm a 150 cm, opcionalmente en el rango de 110 cm a 150 cm, opcionalmente en el rango de 110 cm a 145 cm, y además opcionalmente en el rango de 120 cm a 140 cm.

30 El radio de la punta del ventilador puede estar en el intervalo de 155 cm a 200 cm, opcionalmente en el intervalo de 160 cm a 200 cm, y además opcionalmente en el intervalo de 165 cm a 190 cm.

Opcionalmente, el módulo intercambiador de calor tiene un área de flujo A_{HEX} y el módulo de ventilador tiene un área de flujo $A_{\text{VENTILADOR}}$, y una relación de $A_{\text{VENTILADOR}}$ a A_{HEX} está en el rango de 0.3 a 0.8.

35 Por superficie de flujo debe entenderse una sección transversal del flujo de aire tomada perpendicularmente a un eje central del flujo en la dirección del flujo. En otras palabras, para el módulo intercambiador de calor el área de flujo A_{HEX} Corresponde al área de la sección transversal del módulo intercambiador de calor a través del cual pasa el flujo. Asimismo, para el conjunto del ventilador el área de flujo $A_{\text{VENTILADOR}}$ Corresponde al área de la sección transversal del conjunto del ventilador a través del cual pasa el flujo.

40 En una disposición de la presente divulgación, el área de flujo del módulo intercambiador de calor tiene un perfil anular y se extiende solo sobre una porción circunferencial radialmente hacia afuera del área de flujo del conjunto de ventilador. En otras palabras, el flujo de aire que entra en una porción radialmente proximal del área de flujo del conjunto de ventilador no pasa a través del conjunto de intercambiador de calor y simplemente entra en el conjunto de ventilador. En una disposición, la porción circunferencial radialmente hacia afuera del área de flujo del conjunto de ventilador asciende al 60% del área de flujo del conjunto de ventilador.

50 En otra disposición de la divulgación, el área de flujo del módulo intercambiador de calor se extiende completamente sobre el área de flujo del conjunto de ventilador.

Opcionalmente, el módulo intercambiador de calor tiene un diámetro de trayectoria de fluido E, en el que el diámetro de trayectoria de fluido E es mayor que el diámetro del ventilador D.

55 En una realización, el módulo intercambiador de calor tiene un diámetro de trayectoria de fluido E que es mayor que el diámetro del ventilador D. En esta realización, el conducto de entrada que conecta el módulo intercambiador de calor al conjunto de ventilador tiene un diámetro que converge desde una salida del módulo intercambiador de calor a una entrada al conjunto de ventilador.

60 Opcionalmente, el motor de turbina de gas turbofán comprende además una carcasa exterior, la carcasa exterior encierra la disposición secuencial de módulo intercambiador de calor, conjunto de ventilador, módulo compresor y módulo de turbina, definiéndose un conducto de derivación anular entre la carcasa exterior y la disposición secuencial de módulo compresor, módulo de turbina y módulo de escape, definiéndose una relación de derivación como una relación entre un caudal másico de aire a través del conducto de derivación y un caudal másico de aire a través de la disposición secuencial del módulo compresor, el módulo de turbina y el módulo de escape, y en el que la relación de derivación es inferior a 2.0.

Un motor turbofán que tiene una relación de derivación (BPR) inferior a aproximadamente 2.0 tendrá un conducto de derivación generalmente más pequeño (el conducto anular que rodea el motor de turbina de gas central) que un motor turbofán que tiene una BPR mayor que aproximadamente 2.0. Para un motor turbofán con un BPR mayor que, digamos, 2.0, el volumen correspondientemente mayor del conducto de derivación proporciona más margen para colocar un intercambiador de calor dentro del conducto de derivación que lo que sería el caso para un motor turbofán de bajo BPR.

Opcionalmente, el conjunto de ventilador tiene dos o más etapas de ventilador, comprende al menos una de las etapas de ventilador una pluralidad de aspas de ventilador que definen el diámetro D del ventilador.

En una disposición, el conjunto de ventilador tiene dos etapas de ventilador, ambas etapas de ventilador comprenden una pluralidad de aspas de ventilador que definen el mismo diámetro de ventilador. Alternativamente, cada una de las etapas del ventilador puede tener diferentes diámetros de ventilador.

Opcionalmente, en uso, un flujo de aire que ingresa al módulo intercambiador de calor con una velocidad media de 0.4 M se divide entre el conjunto de flujos de aire de paletas que tienen una velocidad media de 0.2 M y el conjunto de flujos de aire de canal que tienen una velocidad media de 0.6 M.

En una disposición de la presente divulgación, las porciones de entrada y escape de la paleta hueca pueden actuar como un difusor para retardar el flujo de aire que ingresa a la paleta hueca. En otras palabras, el flujo másico de aire de las paletas se reduce del flujo másico de aire del flujo de aire que ingresa al módulo intercambiador de calor. En esta disposición, el flujo de aire del canal a través de los canales entre pares de paletas huecas circunferencialmente adyacentes aumenta para mantener la continuidad del flujo.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, que no forma parte de la presente invención, se proporciona un método para operar una aeronave que comprende el motor de turbina de gas de acuerdo con el primer aspecto, el método comprende despegar desde una pista, en el que la rotación máxima La velocidad de la turbina durante el despegue está en el rango de 8500 rpm a 12500 rpm.

La velocidad máxima de rotación del ventilador de despegue puede estar en un rango entre 8500 rpm y 12500 rpm. Opcionalmente, por ejemplo para un motor con un radio de punta de ventilador en el rango de 25 cm a 40 cm, la velocidad máxima de rotación del ventilador de despegue puede estar en un rango de entre 9000 rpm y 11000 rpm. Opcionalmente, por ejemplo para un motor con un radio de punta de ventilador en el rango de 35 cm a 50 cm, la velocidad máxima de rotación del ventilador de despegue puede estar en un rango de entre 8500 rpm y 10500 rpm.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, se proporciona un método para operar un motor de turbina de gas turbofán, el motor de turbina de gas, en secuencia de flujo axial, comprende un módulo intercambiador de calor, un conducto de entrada, un conjunto de ventilador, un módulo compresor, un módulo de turbina y un módulo de escape, y en el que el método comprende las etapas de:

(i) proporcionar el conjunto de ventilador, el módulo compresor y el módulo de turbina;

(ii) colocar el módulo intercambiador de calor en comunicación fluida con el conjunto de ventilador por el conducto de entrada;

(iii) proporcionar al módulo intercambiador de calor una pluralidad de paletas huecas que se extienden radialmente dispuestas en una disposición circunferencial, con un canal que se extiende axialmente a través del módulo intercambiador de calor entre cada par de paletas huecas adyacentes, de modo que un flujo de aire entre en el módulo intercambiador de calor se divide entre un conjunto de flujos de aire de paletas a través de cada una de las paletas huecas, cada flujo de aire de paletas tiene un caudal másico de paletas $\text{Flujo}_{\text{paleta}}$, y un conjunto de flujos de aire de canales $\text{Flujo}_{\text{Can}}$ a través de cada uno de los canales, teniendo cada canal flujo de aire un caudal másico de canal $\text{Flujo}_{\text{Can}}$;

(iv) proporcionar a cada una de las paletas huecas al menos un elemento de transferencia de calor y un modulador de flujo;

(v) operar el motor de turbina de gas incluyendo el control activo del modulador de flujo para regular una suma de los caudales másicos de $\text{Flujo}_{\text{PaletaTot}}$ como una proporción del flujo másico de aire total que ingresa al módulo intercambiador de calor en respuesta a un requisito del usuario.

La regulación activa del flujo de aire de las paletas como proporción del flujo de aire total que ingresa al módulo del intercambiador de calor permite al usuario determinar la proporción del flujo de aire de admisión que pasa a través de las paletas huecas y, por lo tanto, la proporción del aire de admisión que pasa sobre los elementos de transferencia de calor.

Dado que el flujo de aire de las paletas a través de las paletas huecas genera una penalización aerodinámica sobre el flujo de aire del canal que pasa entre paletas adyacentes, al regular el flujo de aire de las paletas solo al requerido para mantener un nivel requerido de rechazo de energía térmica al flujo de aire de las paletas, un usuario puede maximizar la eficiencia aerodinámica del motor turbofán.

En una configuración de ejemplo, un usuario puede requerir que el flujo de aire de las paletas sea, por ejemplo, un tercio ($\frac{1}{3}$) del flujo de aire del canal para que los flujos de aire de las paletas proporcionen una transferencia eficiente de energía térmica desde el primer fluido a través de elementos de transferencia de calor. En configuraciones alternativas, la proporción del flujo de aire total que ingresa al módulo intercambiador de calor que conforma el flujo de aire de las paletas puede ser mayor o menor que un tercio ($\frac{1}{3}$).

De acuerdo con un aspecto de la divulgación, se proporciona un método para operar una aeronave que comprende un motor de turbina de gas turbofán como se describe y/o se reivindica en el presente documento. La operación de acuerdo con este aspecto puede incluir (o puede ser) la operación a mitad de crucero de la aeronave, como se define en otra parte del presente documento.

Otros aspectos de la divulgación proporcionan dispositivos, métodos y sistemas que incluyen y/o implementan algunas o todas las acciones descritas en el presente documento. Los aspectos ilustrativos de la divulgación están diseñados para resolver uno o más de los problemas aquí descritos y/o uno o más problemas no discutidos.

Breve descripción de los dibujos

A continuación sigue una descripción de una realización de la divulgación, a modo de ejemplo no limitativo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La Figura 1 muestra una vista esquemática en sección parcial de un motor de turbina de gas turbofán de acuerdo con la técnica anterior;

La figura 2 muestra una vista esquemática en sección parcial de un motor de turbina de gas turbofán de acuerdo con una primera realización de la divulgación;

La Figura 3 muestra una vista esquemática en sección parcial de un motor de turbina de gas turbofán de acuerdo con una segunda realización de la divulgación;

La Figura 4 muestra una vista esquemática en perspectiva del módulo intercambiador de calor del motor turbofán de la Figura 2 que muestra el conjunto circunferencial de paletas que forman el módulo intercambiador de calor;

La Figura 5 muestra una vista esquemática en sección parcial de una parte del conjunto de paletas del módulo intercambiador de calor de la Figura 4;

La Figura 6 muestra una vista en sección axial esquemática a través de una de las paletas del conjunto de paletas del módulo intercambiador de calor de la Figura 4;

La Figura 7 muestra una vista esquemática en perspectiva de un elemento de transferencia de calor del módulo intercambiador de calor de la Figura 4;

La Figura 8A muestra una vista esquemática de la paleta de la Figura 6 con un modulador de flujo en forma de primeras paletas dispuestas en la dirección opuesta al flujo de aire de la entrada a la paleta;

Figura 8B; muestra una vista esquemática de la paleta de la Figura 6 con un modulador de flujo en forma de segundas paletas dispuestas en la dirección del flujo de aire del escape de la paleta;

La Figura 8C muestra una vista esquemática de la paleta de la Figura 6 con un modulador de flujo en forma de una matriz VIGV;

La Figura 9A muestra una vista en sección axial esquemática a través de una de las paletas del conjunto de paletas del módulo intercambiador de calor de la Figura 4 con el modulador de flujo que forma la porción de escape de la paleta y el modulador en una posición "abierta"; y

La Figura 9A muestra una vista esquemática en sección axial de la paleta de la Figura 9 con el modulador en una posición "cerrada".

Cabe señalar que es posible que los dibujos no estén a escala. Los dibujos pretenden representar sólo aspectos típicos de la divulgación y, por lo tanto, no deben considerarse limitativos del alcance de la divulgación. En los dibujos, la misma numeración representa elementos similares entre los dibujos.

Descripción detallada

La figura 1 ilustra un motor 10 de turbina de gas turbofán convencional que tiene un eje 9 de rotación principal. El motor 10 comprende una entrada 12 de aire y un ventilador 13 propulsor de dos etapas que genera dos flujos de aire: un flujo de aire central A y un flujo de aire de derivación B. El motor 10 de turbina de gas comprende un núcleo 11 que recibe el flujo de aire central A.

El núcleo 11 del motor comprende, en serie de flujo axial, un compresor 14 de baja presión, un compresor 15 de alta presión, un equipo 16 de combustión, una turbina 17 de alta presión, una turbina 18 de presión intermedia, una turbina 19 de baja presión y una boquilla 20 de escape del núcleo. Una góndola 21 rodea el motor 10 de turbina de gas y define un conducto 22 de derivación y una boquilla 18 de escape de derivación. El flujo de aire de derivación B fluye a través del conducto 22 de derivación. El ventilador 13 está unido a la turbina 19 de baja presión y accionado por ésta a través de un eje 26.

En uso, el flujo de aire central A es acelerado y comprimido por el compresor 14 de baja presión y dirigido al compresor 15 de alta presión donde tiene lugar una compresión adicional. El aire comprimido que sale del compresor 15 de alta presión se dirige al equipo 16 de combustión donde se mezcla con combustible y se quema la mezcla. Los productos de combustión calientes resultantes luego se expanden a través de las turbinas 17, 18, 19 de alta presión, presión intermedia y baja presión, y por lo tanto impulsan, antes de ser expulsados a través de la boquilla 20 para proporcionar algo de empuje propulsor. La turbina 17 de alta presión acciona el compresor 15 de alta presión mediante un árbol 27 de interconexión adecuado. El compresor 14 de baja presión acciona la turbina 18 de presión intermedia a través de un árbol 28.

Obsérvese que los términos "turbina de baja presión" y "compresor de baja presión" tal como se usan en el presente documento pueden entenderse como las etapas de turbina de presión más baja y las etapas de compresor de presión más baja (es decir, sin incluir el ventilador 13) respectivamente y/o la turbina y etapas del compresor que están conectadas entre sí por el eje de interconexión 26 con la velocidad de rotación más baja en el motor. En alguna literatura, la "turbina de baja presión" y el "compresor de baja presión" a los que se hace referencia en el presente documento pueden conocerse alternativamente como "turbina de presión intermedia" y "compresor de presión intermedia". Cuando se utiliza dicha nomenclatura alternativa, el ventilador 13 puede denominarse etapa de compresión primera o de presión más baja.

Otros motores de turbina de gas turbofán a los que se puede aplicar la presente divulgación pueden tener configuraciones alternativas. Por ejemplo, tales motores pueden tener un número alternativo de ventiladores y/o compresores y/o turbinas y/o un número alternativo de ejes de interconexión. A modo de ejemplo adicional, el motor de turbina de gas mostrado en la Figura 1 tiene una boquilla 20, 23 de flujo dividido, lo que significa que el flujo a través del conducto 22 de derivación tiene su propia boquilla 23 que está separada y radialmente fuera de la boquilla 20 central del motor. Sin embargo, esto no es limitante, y cualquier aspecto de la presente divulgación también puede aplicarse a motores en los que el flujo a través del conducto 22 de derivación y el flujo a través del motor 11 central se mezclan, o combinan, antes (o en la dirección opuesta al flujo de aire de) un único boquilla, que puede denominarse boquilla de flujo mixto. Una o ambas boquillas (ya sean de flujo mixto o dividido) pueden tener un área fija o variable. Si bien el ejemplo descrito se refiere a un motor turbofán, la divulgación puede aplicarse, por ejemplo, a cualquier tipo de motor de turbina de gas, tal como un rotor abierto (en el que la etapa del ventilador no está rodeada por una góndola) o un motor turbohélice, por ejemplo.

La geometría del motor de turbina 10 de gas turbofán, y sus componentes, está definida por un sistema de ejes convencional, que comprende una dirección axial (que está alineada con el eje 9 de rotación), una dirección radial (en la dirección de abajo hacia arriba en la Figura 1), y una dirección circunferencial (perpendicular a la página en la vista de la Figura 1). Las direcciones axial, radial y circunferencial son mutuamente perpendiculares.

Con referencia a la Figura 2, un motor de turbina de gas turbofán de acuerdo con una primera realización de la divulgación se designa en general con el número de referencia 100. El motor 100 de turbina de gas turbofán comprende, en secuencia de flujo axial, un módulo 110 intercambiador de calor, un conjunto 130 de ventilador, un módulo 140 compresor, un módulo 150 de turbina y un módulo 156 de escape.

En la presente disposición, el conjunto 130 de ventilador comprende dos etapas 131 de ventilador, cada etapa 131 de ventilador comprende una pluralidad de aspas 132 de ventilador. En la presente disposición, cada etapa 131 de ventilador tiene el mismo diámetro 136 de ventilador, la respectiva pluralidad de aspas de ventilador define un diámetro de ventilador de 0.9 m. En una disposición alternativa, las dos etapas 131 de ventilador pueden tener diferentes diámetros 136 de ventilador, cada uno definido por la correspondiente pluralidad de aspas 132 de ventilador. Como se mencionó anteriormente, el diámetro 136 del ventilador (D) está definido por un círculo circunscrito por los bordes delanteros de la pluralidad respectiva de aspas 132 de ventilador.

La Figura 4 muestra una vista en perspectiva del módulo 110 intercambiador de calor y el conjunto 130 de ventilador del motor 100 de turbina de gas turbofán de acuerdo con la primera realización. El módulo 110 intercambiador de calor comprende doce paletas 120 que se extienden radialmente dispuestas en una matriz 122 circunferencial

equiespaciada con un canal 124 que se extiende axialmente entre cada par de paletas huecas adyacentes 120. Las realizaciones alternativas pueden tener más o menos paletas 120 que se extienden radialmente.

Cada una de las paletas 120 es hueca y comprende cuatro elementos 112 de transferencia de calor dispuestos en una configuración de 2x2 que se extiende axialmente a lo largo del interior hueco de la paleta 120, como se muestra en la Figura 6. Las realizaciones alternativas pueden no tener un elemento 112 de transferencia de calor dentro de cada paleta 120 o pueden tener un número diferente de elementos 112 de transferencia de calor en cualquier paleta 120 única.

Cada uno de los elementos 112 de transferencia de calor tiene un área barrida correspondiente, que es el área del elemento 112 de transferencia de calor que entra en contacto con el flujo 104 de aire. En la presente disposición, el área total del elemento de transferencia de calor barrido (A_{HTE}) es la suma del área barrida de cada uno de los elementos 112 individuales de transferencia de calor.

Cada paleta 120 está configurada para permitir que el flujo 104 de aire entrante que pasa a través del módulo 110 intercambiador de calor pase a través de la porción hueca de la paleta 120 y desde allí fluya sobre el respectivo elemento 112 de transferencia de calor. De esta manera se transfiere energía térmica desde el primer fluido 190 al flujo 104 de aire.

En uso, como se ilustra en la Figura 5, un flujo 104 de aire que ingresa al módulo 110 intercambiador de calor se divide entre un conjunto de flujos 106 de aire de paletas a través de cada una de las paletas 120 huecas y un conjunto de flujos 108 de aire de canales a través de cada uno de los canales 124. Cada uno de los flujos 106 de aire de paletas tiene una paleta de flujo de caudal másico de paletas. Cada uno de los flujos 108 de aire del canal tiene un caudal másico de canal Flujo_{Can}.

Un parámetro de Relación de Flujo de Aire de Paleta V_{AR} se define como:

$$V_{AR} = \frac{\text{Flujo}_{\text{PaletaTot}}}{\text{Flujo}_{\text{CanTot}}}$$

dónde: Flujo_{PaletaTot} = caudal másico total de los caudales másicos de las paletas, Flujo_{Paleta}; y Flujo_{CanTot} = caudal másico total de los caudales másicos del canal, Flujo_{Can}.

En la presente realización, el parámetro V_{AR} es 1.0. En otras palabras, en esta disposición el flujo 104 de aire entrante se divide igualmente entre los flujos 106 de aire de paleta y los flujos 108 de aire de canal.

La Figura 6 muestra una sección transversal axial a través de una de las paletas 120 huecas y corresponde a la Sección en "CC" de la Figura 5. Cada una de las paletas 120 huecas comprende, en secuencia de flujo axial, una porción 125 de entrada, una porción 126 de transferencia de calor y una porción 127 de escape.

La porción 125 de entrada comprende un elemento 128 difusor. El elemento 128 difusor toma la forma de un primer conducto 128A que se extiende axialmente. El primer conducto 128A tiene una sección 128B transversal axial que tiene un perfil 128C linealmente divergente. En uso, el elemento 128 difusor actúa para retardar el flujo 104 de aire entrante al flujo 106 de aire de paleta. El elemento 128 difusor tiene un tamaño tal que el caudal másico de paletas Flujo_{Paleta} es menor que el caudal másico del canal Flujo_{Can} por un margen definido por el usuario.

La porción 126 de transferencia de calor aloja los elementos 112 de transferencia de calor. Finalmente, la porción 127 de escape comprende un segundo conducto 127A que se extiende axialmente y que tiene una sección 127B transversal axial que a su vez tiene un perfil 127C linealmente convergente.

La Figura 7 muestra una vista esquemática en perspectiva de una superficie orientada radialmente hacia afuera de una paleta 120 hueca. Como se describió anteriormente, en esta realización cada paleta está provista de cuatro elementos 112 de transferencia de calor dispuestos en una formación de 2x2. Cada uno de los elementos 112 de transferencia de calor tiene una entrada 112A de fluido y una salida 112B de fluido correspondiente. La entrada 112A de fluido proporciona una alimentación de aceite caliente (no mostrado) al respectivo elemento 112 de transferencia de calor. Cada una de las entradas de fluido 112A está provista de una válvula de entrada accionable 112C que se puede conmutar para cortar el flujo de fluido hacia el elemento 112 de transferencia de calor. Además, cada una de las salidas 112B de fluido está provista de una válvula de entrada accionable 112D que también puede controlarse para cortar el flujo de fluido que sale del elemento 112 de transferencia de calor.

Cada una de las válvulas 112C de entrada de fluido está provista de un sensor 112F de presión de fluido que monitorea la presión del aceite que fluye a través de la entrada 112A. En respuesta a una caída detectada en la presión del fluido medida por el sensor de presión 112F, la válvula 112C de entrada puede accionarse para cortar el flujo de aceite a través del respectivo elemento 112 de transferencia de calor. En esta disposición, la válvula 112D de salida también se acciona en respuesta a una pérdida de presión de aceite para aislar de ese modo el correspondiente elemento 112 de transferencia de calor del flujo de aceite restante.

Cada una de las salidas 112B de fluido está provista de un sensor 112E de flujo de fluido. En el caso de una caída en el caudal de fluido detectada por el sensor 112E de flujo, la correspondiente válvula 112D de salida de fluido (y en esta disposición, la correspondiente válvula 112C de entrada de fluido) se puede accionar para cortar el flujo de aceite a través del elemento 112 de transferencia de calor. Además del elemento 128 difusor descrito anteriormente, o como alternativa al mismo, la paleta 120 hueca está provista de un modulador 120A de flujo. El modulador 120A de flujo está configurado para regular activamente el flujo 106 de aire de paletas como una proporción de un flujo 104 de aire total que ingresa al módulo 110 intercambiador de calor en respuesta a un requisito del usuario. En otras palabras, el modulador 120A de flujo proporciona al usuario la capacidad de cambiar activamente el caudal másico de Flujo_{PaletaTot} como proporción del flujo 104 de aire que entra al motor turbofán.

En una disposición, mostrada en la Figura 8A, el modulador 120A de flujo toma la forma de primeras paletas 125A colocadas en la dirección opuesta al flujo de aire de la porción 125 de entrada de la paleta 120 hueca. Las primeras paletas 125A se pueden accionar para restringir el flujo 106 de aire de la paleta en respuesta al requisito del usuario de cambiar la relación de los flujos de aire másicos entre la paleta hueca y el canal.

Las primeras paletas 125A también proporcionan una medida de protección a los elementos 112 de transferencia de calor colocados dentro de la paleta 120 hueca contra daños por objetos extraños causados por desechos u otros objetos que ingresan a la paleta 120 hueca.

La Figura 8B ilustra una disposición alternativa para el modulador 120A de flujo en el que las segundas paletas 127D están colocadas en la dirección del flujo de aire de la porción 127 de escape de la paleta 120 hueca. Estas segundas paletas 127D se pueden accionar para restringir el flujo 106 de aire de la paleta en respuesta al requisito del usuario de cambiar la relación de los flujos de aire másicos entre la paleta 120 hueca y el canal 124.

En otra disposición alternativa, la Figura 8C ilustra un modulador 127E de flujo que toma la forma de la propia porción 127 de escape. En esta disposición, el módulo 110 intercambiador de calor está estrechamente acoplado a una matriz de paletas guía de entrada variable (VIGV) accionables 127E. La configuración de acoplamiento cerrado permite que el conjunto 130 de ventilador "succione" eficazmente el flujo 104 de aire entrante a través de las paletas 120 huecas y los canales 124. Una disposición de este tipo también permite que el conducto 160 de entrada sea más corto y proporciona un motor de turbina de gas turbofán axialmente más compacto.

En las Figuras 9A y 9B se ilustra otra forma alternativa del modulador 120A de flujo. En esta disposición, la porción 127 de escape de la paleta 120 hueca está formada como el modulador 120A de flujo. En otras palabras, la porción 127 de escape está configurada para cambiar su forma en respuesta al requisito del usuario de cambiar la relación de los flujos de aire másicos entre la paleta 120 hueca y el canal 124.

En el ejemplo mostrado en las Figuras 9A y 9B, la porción 127 de escape está formada a partir de un material de aleación con memoria de forma. Cuando los elementos 112 de transferencia de calor están en uso, la temperatura del flujo 106 de aire de paleta aumentará y el modulador 120A de flujo se abrirá para permitir de ese modo un mayor flujo de aire de masa de paleta. A la inversa, cuando los elementos 112 de transferencia de calor no están en uso, el flujo 106 de aire de paleta tendrá una temperatura más baja, provocando que el modulador 120A de flujo se cierre y restrinja el flujo de aire de masa de Flujo_{Paleta}. Por lo tanto, esto reducirá las pérdidas aerodinámicas asociadas con el flujo a través de las paletas 120 huecas cuando no se requiere la capacidad de transferencia de calor de los elementos 112 de transferencia de calor.

El módulo 110 intercambiador de calor está en comunicación fluida con el conjunto 130 de ventilador mediante un conducto 160 de entrada. El módulo 110 intercambiador de calor tiene una longitud axial 115 de 0.4 m, siendo ésta 0.4 veces el diámetro del ventilador de 0.9 m.

El conducto 160 de entrada se extiende entre la cara más en la dirección del flujo de aire de los elementos de transferencia de calor y una cara más en la dirección opuesta al flujo de aire del conjunto de ventilador. En la presente disposición, el conducto 160 de entrada es lineal. Sin embargo, en otras disposiciones el conducto 160 de entrada puede ser curvado o enrollado.

El conducto 160 de entrada tiene una longitud de trayectoria de fluido 164 de 3.6 m, siendo ésta 4.0 veces el diámetro del ventilador de 0.9 m. La longitud de la trayectoria de fluido 164 se extiende a lo largo de un eje 162 central del conducto 160 de entrada.

Como se describió anteriormente, el módulo 110 intercambiador de calor tiene un área de flujo (A_{HEX}) 118. El área 118 de flujo del módulo intercambiador de calor es el área de la sección transversal del módulo 110 intercambiador de calor a través del cual pasa un flujo 104 de aire antes de ser ingerido por el conjunto 130 de ventilador. En la presente disposición, el área 118 de flujo del módulo intercambiador de calor tiene una sección transversal anular y corresponde directamente a la forma del flujo de aire que pasa a través del módulo 110 intercambiador de calor.

El conjunto 130 de ventilador tiene un área de flujo correspondiente ($A_{\text{VENTILADOR}}$) 138. El área 138 de flujo del conjunto de ventilador es el área de la sección transversal del conjunto 130 de ventilador a través de la cual pasa un flujo 104 de aire antes de separarse en un flujo de motor central y un flujo de derivación. El área 138 de flujo del conjunto de ventilador tiene una forma anular ya que corresponde al área anular barrida por las aspas 132 de ventilador.

En la presente disposición, el área 118 de flujo del módulo intercambiador de calor es igual al área 138 de flujo del conjunto de ventilador, y la relación correspondiente de $A_{\text{HEX}}/A_{\text{VENTILADOR}}$ es igual a 1.0.

El módulo 110 intercambiador de calor tiene un diámetro 116 de flujo (E), que es el diámetro del flujo de aire que pasa a través del módulo 110 intercambiador de calor. En la presente disposición, el diámetro 116 de flujo del módulo intercambiador de calor es igual al diámetro 136 del ventilador.

El módulo 110 intercambiador de calor comprende una pluralidad de elementos 112 de transferencia de calor para la transferencia de energía térmica desde un primer fluido 190 contenido dentro de los elementos 112 de transferencia de calor a un flujo 104 de aire que pasa sobre una superficie 113 de los elementos 112 de transferencia de calor antes de la entrada del flujo 104 de aire hacia el interior del conjunto 130 de ventilador. En la presente realización, el primer fluido 190 es un aceite mineral. En otras disposiciones, el primer fluido 190 puede ser un fluido de transferencia de calor alternativo tal como, por ejemplo, un fluido a base de agua o el combustible utilizado por el motor de turbina de gas turbofán.

Los elementos 112 de transferencia de calor tienen una construcción de tubo y aleta convencional y no se describirán más. En una disposición alternativa, los elementos de transferencia de calor pueden tener una construcción diferente tal como, por ejemplo, placa y carcasa.

El motor 100 de turbina de gas turbofán comprende además una carcasa 170 exterior. La carcasa 170 exterior encierra completamente la disposición secuencial del módulo 110 intercambiador de calor, el conducto 160 de entrada, el conjunto 130 de ventilador, el módulo 140 compresor y el módulo 150 de turbina. La carcasa 170 exterior define un conducto 180 de derivación entre la carcasa 170 exterior y los componentes centrales del motor (que comprenden entre otros el módulo 140 compresor y el módulo 150 de turbina). En la presente disposición, el conducto 180 de derivación tiene una sección transversal anular generalmente simétrica en cuanto al eje que se extiende sobre los componentes centrales del motor. En otras disposiciones, el conducto 180 de derivación puede tener una sección transversal anular no simétrica o puede no extenderse alrededor de una circunferencia completa de los componentes centrales del motor.

Con referencia a la Figura 3, un motor de turbina de gas turbofán de acuerdo con una segunda realización de la divulgación se designa en general con el número de referencia 200. A las características del motor 200 de turbina de gas turbofán que corresponden a las del motor 100 de turbina de gas turbofán se les han dado los números de referencia correspondientes para facilitar la referencia.

El motor 200 de turbina de gas turbofán comprende, en secuencia de flujo axial, un módulo 210 intercambiador de calor, un conjunto 130 de ventilador, un módulo 140 compresor y un módulo 150 de turbina.

El conjunto 130 de ventilador, el módulo 140 compresor y el módulo 150 de turbina corresponden directamente a los de la primera realización descrita anteriormente.

El módulo 210 intercambiador de calor comprende una pluralidad de elementos 212 de transferencia de calor y también está en comunicación fluida con el conjunto 130 de ventilador mediante un conducto 260 de entrada. Como en la primera realización, el conducto 260 de entrada se extiende entre la cara más en la dirección del flujo de aire de los elementos de transferencia de calor y una cara más en la dirección opuesta al flujo de aire del conjunto de ventilador.

El conducto 260 de entrada tiene una longitud 264 de recorrido de fluido a lo largo de un eje 162 central del conducto 260 de entrada de 2.4 m, siendo esto 2.7 veces el diámetro del ventilador de 0.9 m.

El módulo 210 intercambiador de calor tiene un área 218 de flujo (A_{HEX}). Como en la primera realización, el área 118 de flujo del módulo intercambiador de calor tiene una sección transversal anular. Sin embargo, en esta disposición los elementos 212 de transferencia de calor no se extienden completamente a través de esa sección transversal del módulo 210 intercambiador de calor que está disponible para el flujo 104. En otras palabras, hay una porción radialmente proximal de la sección transversal del módulo de transferencia de calor a través de la cual no hay elementos 212 de transferencia de calor.

El conjunto 130 de ventilador tiene un área 138 de flujo ($A_{\text{VENTILADOR}}$) que, como se describió anteriormente, tiene una forma anular correspondiente al área anular barrida por las aspas 132 de ventilador.

En la presente disposición, a pesar de que el área 218 de flujo del módulo intercambiador de calor tiene dimensiones diferentes a las del área 138 de flujo del conjunto de ventilador, el área de flujo del módulo 218 intercambiador de calor

es igual al área 138 de flujo del conjunto de ventilador. En cuanto a la primera realización, la relación correspondiente de $A_{\text{HEX}}/A_{\text{VENTILADOR}}$ es igual a 1.0.

5 El módulo 210 intercambiador de calor tiene un diámetro 216 de flujo. El diámetro de flujo del módulo 216 intercambiador de calor es mayor que el diámetro 136 del ventilador.

10 El motor 200 de turbina de gas turbofán comprende además una carcasa 270 exterior. Al igual que con la primera realización descrita anteriormente, la carcasa 170 exterior encierra completamente la disposición secuencial del módulo 210 intercambiador de calor, el conducto 260 de entrada, el conjunto 130 de ventilador, el módulo 140 compresor y el módulo 150 de turbina. La carcasa 270 exterior también define un conducto de derivación anular 180 entre la carcasa 170 exterior y los componentes centrales del motor.

15 En uso, el motor 200 de turbina de gas turbofán funciona de la misma manera que se describe anteriormente en relación con el motor 100 de turbina de gas turbofán de la primera realización.

Se entenderá que la invención no se limita a las realizaciones descritas anteriormente y se pueden realizar diversas modificaciones y mejoras sin apartarse de los conceptos aquí descritos.

20 La invención incluye métodos que pueden realizarse utilizando los dispositivos en cuestión. Los métodos pueden comprender el acto de proporcionar dicho dispositivo adecuado. Dicha prestación podrá ser realizada por el usuario final. En otras palabras, el acto de "proporcionar" simplemente requiere que el usuario final obtenga, acceda, se acerque, posicione, configure, active, encienda o actúe de otro modo para proporcionar el dispositivo requerido en el método en cuestión.

25 Además, cuando se proporciona un rango de valores, se entiende que cada valor intermedio, entre el límite superior e inferior de ese rango y cualquier otro valor declarado o intermedio en ese rango declarado, está abarcado dentro de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un motor (100) de turbina de gas turbofán que comprende, en secuencia de flujo axial, un módulo (110) intercambiador de calor, un conjunto (130) de ventilador, un módulo (140) compresor, un módulo (150) de turbina, y un módulo (156) de escape, el conjunto (130) de ventilador que comprende una pluralidad de aspas (132) de ventilador que definen un diámetro de ventilador (D), el módulo (110) intercambiador de calor está en comunicación fluida con el conjunto (130) de ventilador mediante un conducto (160) de entrada, además el módulo (110) intercambiador de calor comprende una pluralidad de paletas (120) huecas que se extienden radialmente dispuestas en una matriz (122) circunferencial, con un canal (124) que se extiende axialmente entre paletas (120) huecas adyacentes, cada una de las paletas (120) huecas que alojan al menos un elemento (112) de transferencia de calor para la transferencia de calor desde un primer fluido (190) contenido dentro del o cada elemento (112) de transferencia de calor a un flujo (106) de aire de paleta correspondiente que pasa a través de la paleta (120) hueca y sobre una superficie del o cada elemento (112) de transferencia de calor, además cada una de las paletas (120) huecas comprende un modulador (120A) de flujo, el modulador (120A) de flujo está configurado para regular activamente el flujo de aire (106) de las paletas como proporción de un flujo (104) de aire total que ingresa al módulo (110) intercambiador de calor en respuesta a un requisito del usuario.
2. El motor (100) de turbina de gas turbofán como se reivindicó en la reivindicación 1, en el que el flujo (104) de aire que entra al módulo (110) intercambiador de calor se divide entre el conjunto de flujos (106) de aire de paletas a través de cada paleta (120) hueca, cada flujo (106) de aire de paleta que tiene un caudal másico de $\text{Flujo}_{\text{Paleta}}$ y un conjunto de flujos (108) de aire de canal a través de cada canal (124), cada flujo (108) de aire de canal tiene un caudal másico de $\text{Flujo}_{\text{Can}}$, y el modulador (120A) de flujo está configurado para regular activamente una relación entre una suma de los caudales másicos de paletas $\text{Flujo}_{\text{PaletaTot}}$ y una suma de los caudales másicos del $\text{Flujo}_{\text{CanTot}}$.
3. El motor (100) de turbina de gas turbofán como se reivindicó en la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que cada paleta (120) hueca comprende, en secuencia de flujo axial, una porción (125) de entrada, el al menos un elemento (126) de transferencia de calor, y una porción (127) de escape, y una o más primeras paletas (125A) están colocadas en la dirección opuesta al flujo de aire de la porción (125) de entrada, las primeras paletas (125A) están configuradas para restringir el flujo de aire de las paletas (106) en respuesta a los requisitos del usuario.
4. El motor (100) de turbina de gas turbofán como se reivindicó en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que cada paleta (120) hueca comprende, en secuencia de flujo axial, una porción (125) de entrada, el al menos un elemento (126) de transferencia de calor, y una porción (127) de escape, y la porción (127) de escape comprende un material con memoria de forma que está configurado para restringir el flujo de aire de las paletas (106) en respuesta a los requisitos del usuario.
5. El motor (100) de turbina de gas turbofán como se reivindicó en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el diámetro del ventilador D está dentro del rango de 0.3 m a 2.0 m, preferiblemente dentro del rango de 0.4 m a 1.5 m, y más preferiblemente en el rango de 0.7 m a 1.0 m.
6. El motor (100) de turbina de gas turbofán como se reivindicó en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el módulo (110) intercambiador de calor tiene un área de flujo A_{HEX} y el módulo (130) de ventilador tiene un área de flujo $A_{\text{VENTILADOR}}$, y una relación de $A_{\text{VENTILADOR}}$ a A_{HEX} está en el rango de 0.3 a 0.8.
7. El motor (100) de turbina de gas turbofán como se reivindicó en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el módulo (110) intercambiador de calor tiene un diámetro de trayectoria de fluido E, en el que el diámetro de trayectoria de fluido E es mayor que el diámetro del ventilador D.
8. El motor (100) de turbina de gas turbofán como se reivindicó en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, además el motor (100) de turbina de gas turbofán comprende una carcasa (170) exterior, la carcasa (170) exterior encierra la disposición secuencial del módulo (110) intercambiador de calor, conjunto (130) de ventilador, módulo (140) compresor, y módulo (150) de turbina, un conducto (180) de derivación anular se define entre la carcasa (170) exterior y la disposición secuencial del módulo (140) compresor, módulo (150) de turbina y módulo (156) de escape, definiéndose una relación de derivación como una relación entre un caudal másico de aire a través del conducto (180) de derivación y un caudal másico de aire a través de la disposición secuencial del módulo (140) compresor, módulo (150) de turbina, y módulo (156) de escape, y en el que la relación de derivación es inferior a 2.0.
9. El motor (100) de turbina de gas turbofán como se reivindicó en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el conjunto (130) de ventilador tiene dos o más etapas de ventilador (131), al menos una de las etapas de ventilador (131) comprende una pluralidad de aspas (132) del ventilador que definen el diámetro del ventilador D.
10. El motor (100) de turbina de gas turbofán como se reivindicó en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que, en uso, un flujo (104) de aire que entra en el módulo (110) intercambiador de calor con una velocidad media de 0.4 M, se divide entre el conjunto de flujos (106) de aire de paletas que tienen una velocidad media de 0.2 M, y el conjunto de flujos de aire de canal que tienen una velocidad media de 0.6 M.

11. Un método para operar un motor (100) de turbina de gas turbofán, el motor (100) de turbina de gas, comprende en secuencia de flujo axial, un módulo (110) intercambiador de calor, un conducto (160) de entrada, un conjunto (130) de ventilador, un módulo (140) compresor, un módulo (150) de turbina, y un módulo (156) de escape, y en el que el método comprende las etapas de:

(i) proporcionar el conjunto (130) de ventilador, el módulo (140) compresor, y el módulo (150) de turbina;

(ii) colocar el módulo (110) intercambiador de calor en comunicación fluida con el conjunto (130) de ventilador por el conducto (160) de entrada;

(iii) proporcionar al módulo (110) intercambiador de calor una pluralidad de paletas (120) huecas que se extienden radialmente dispuestas en una matriz (122) circunferencial, con un canal (124) que se extiende axialmente a través del módulo (110) intercambiador de calor entre paletas (120) adyacentes huecas, de manera que un flujo (104) de aire que ingresa al módulo (110) intercambiador de calor se divide entre un conjunto de flujos (106) de aire de paletas a través de cada una de las paletas (120) huecas, cada flujo (106) de aire de paleta tiene un caudal másico de paletas $\text{Flujo}_{\text{paleta}}$, y un conjunto de flujos de aire de canales $\text{Flujo}_{\text{Can}}$ a través de cada uno de los canales (124), cada canal de flujo (108) de aire tiene un caudal másico del canal $\text{Flujo}_{\text{Can},i}$;

(iv) proporcionar a cada una de las paletas (120) huecas con al menos un elemento (112) de transferencia de calor, y un modulador (120A) de flujo;

(v) operar el motor (100) de turbina de gas que incluye el control activo del modulador (120A) de flujo para regular una suma de los caudales másicos de $\text{Flujo}_{\text{PaletaTot}}$ como una proporción de un flujo (104) másico de aire total que ingresa al módulo (110) intercambiador de calor en respuesta a un requisito del usuario.

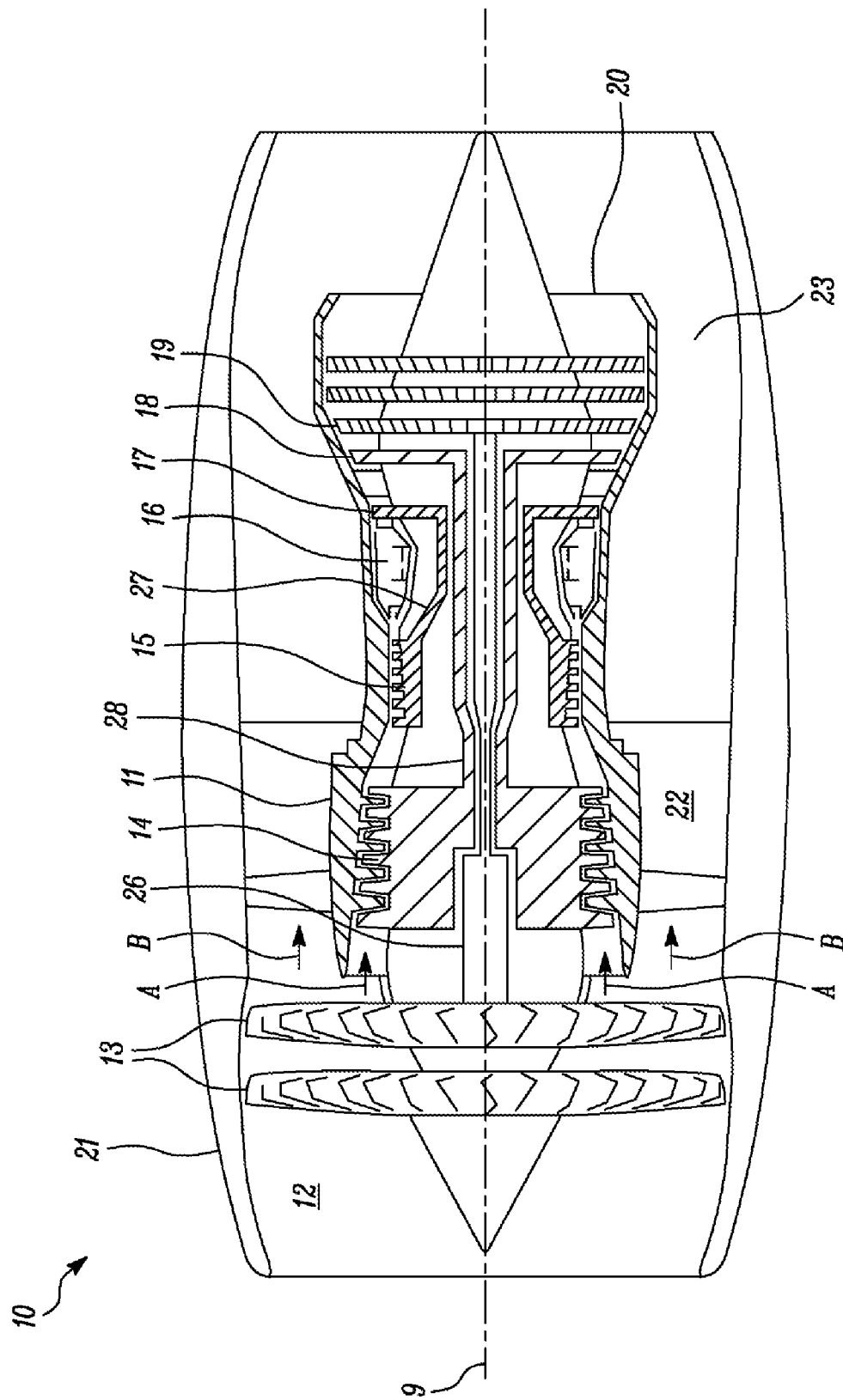


FIG. 1 (TÉCNICA ANTERIOR)

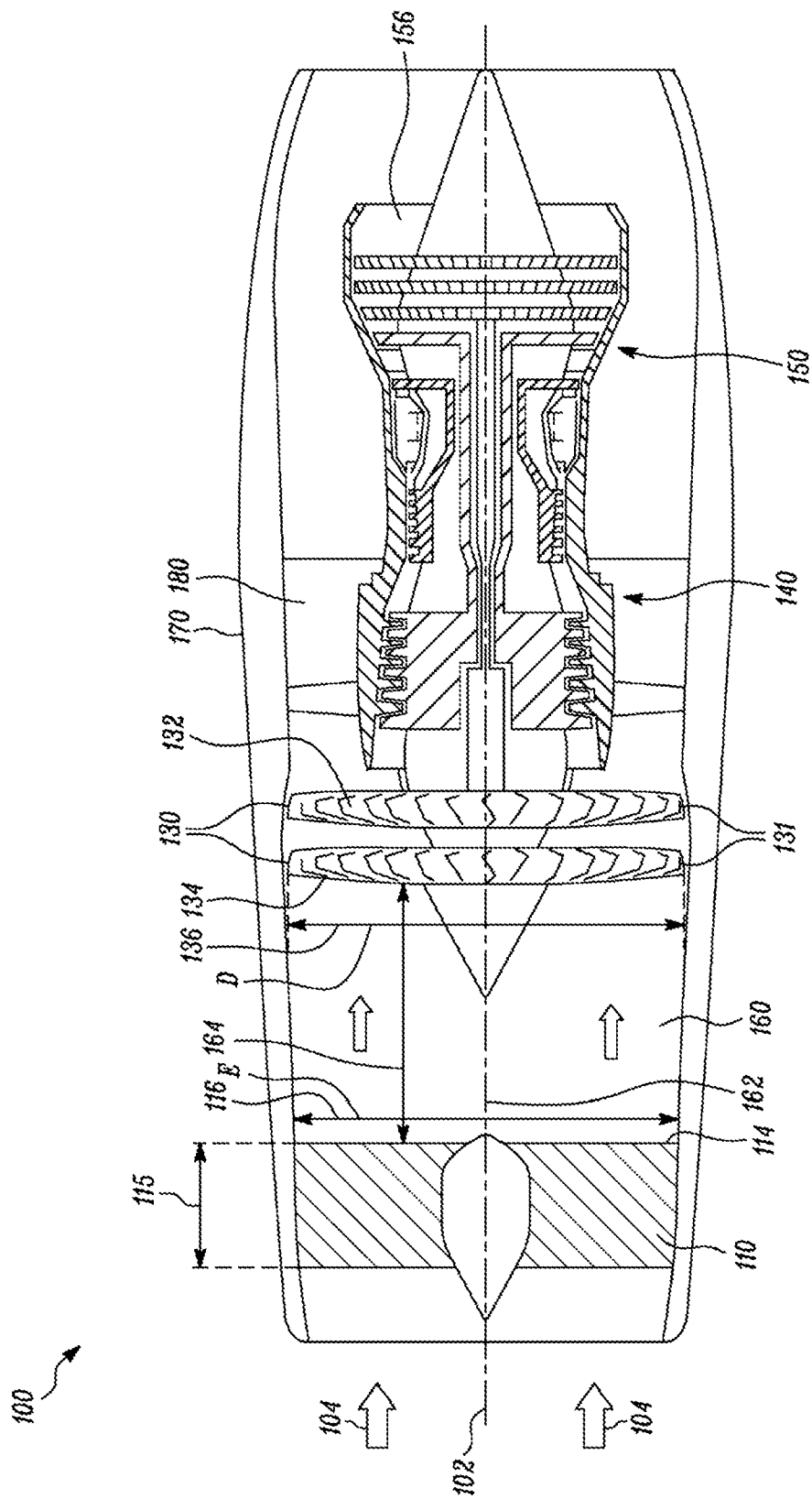


FIG. 2

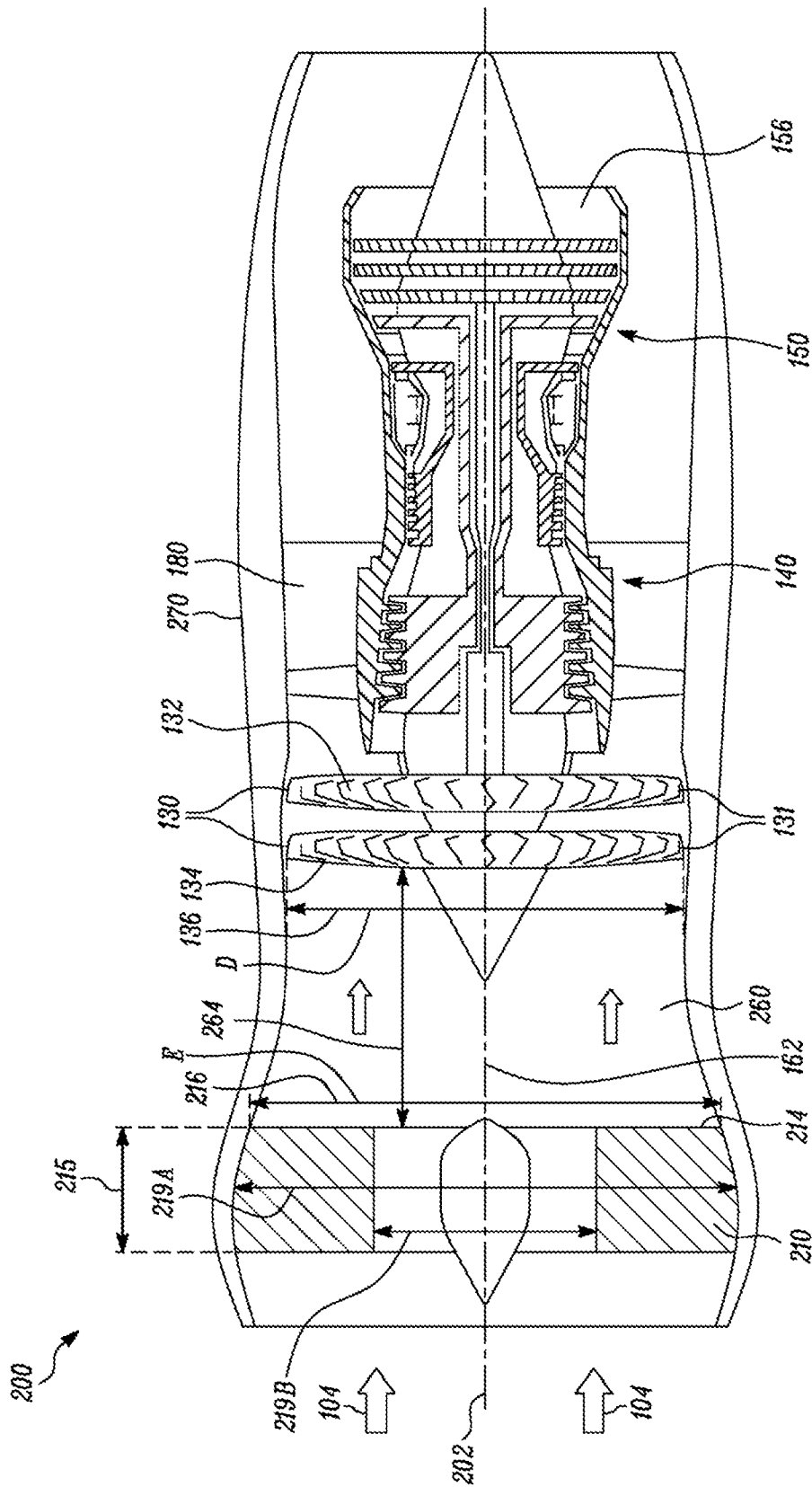


FIG. 3

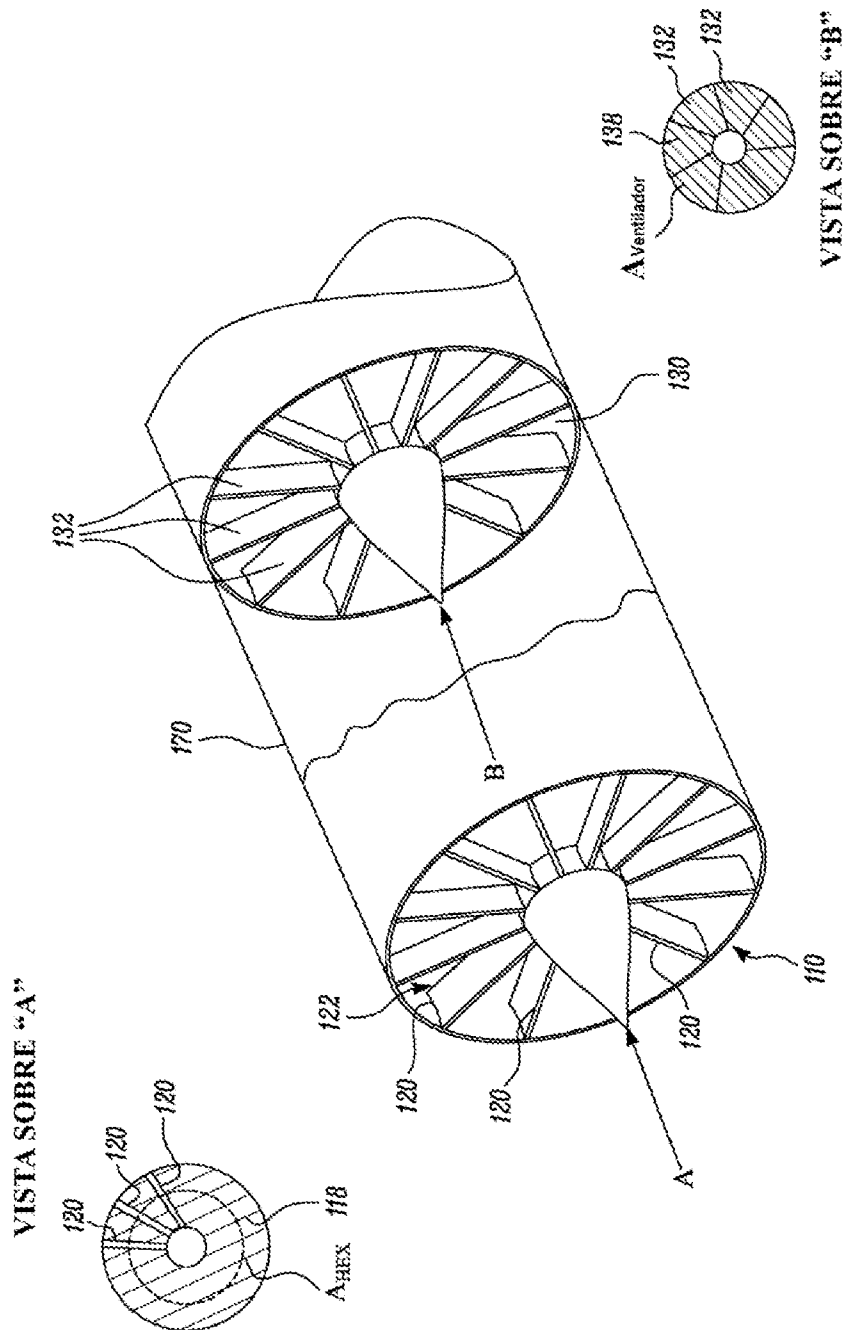


FIG. 4

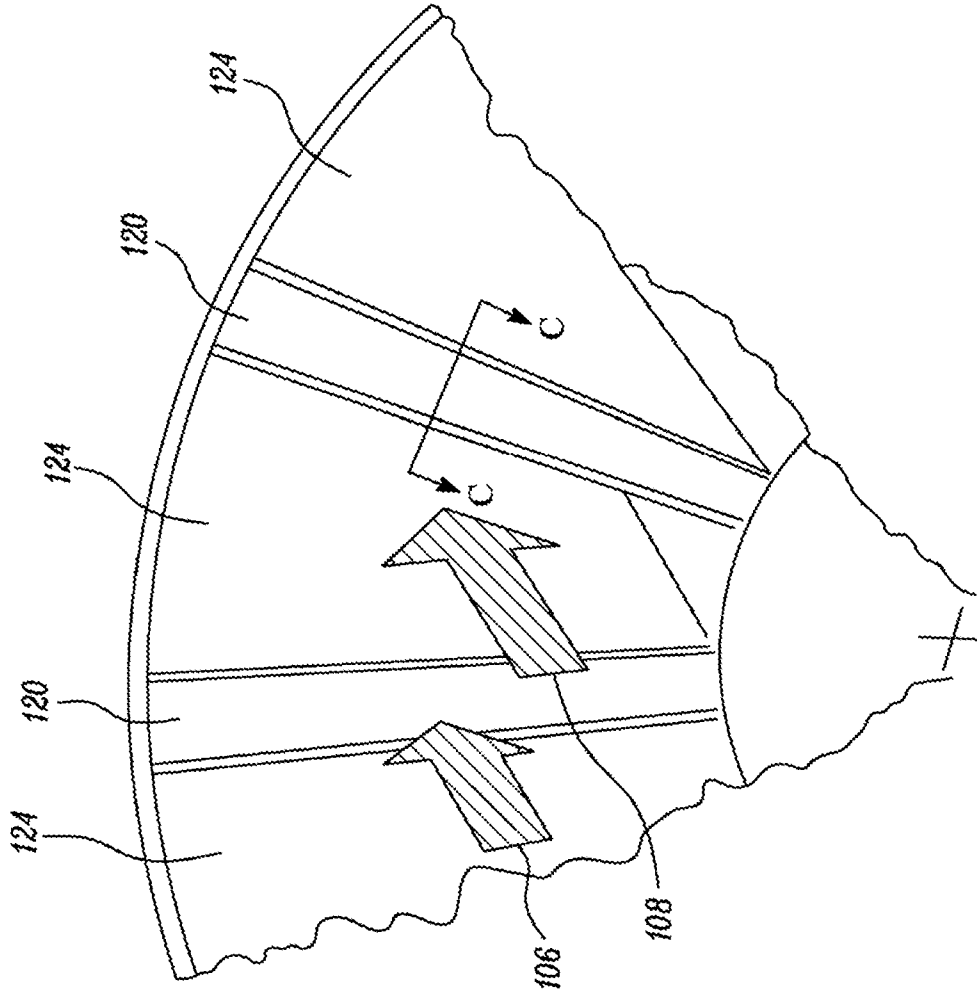
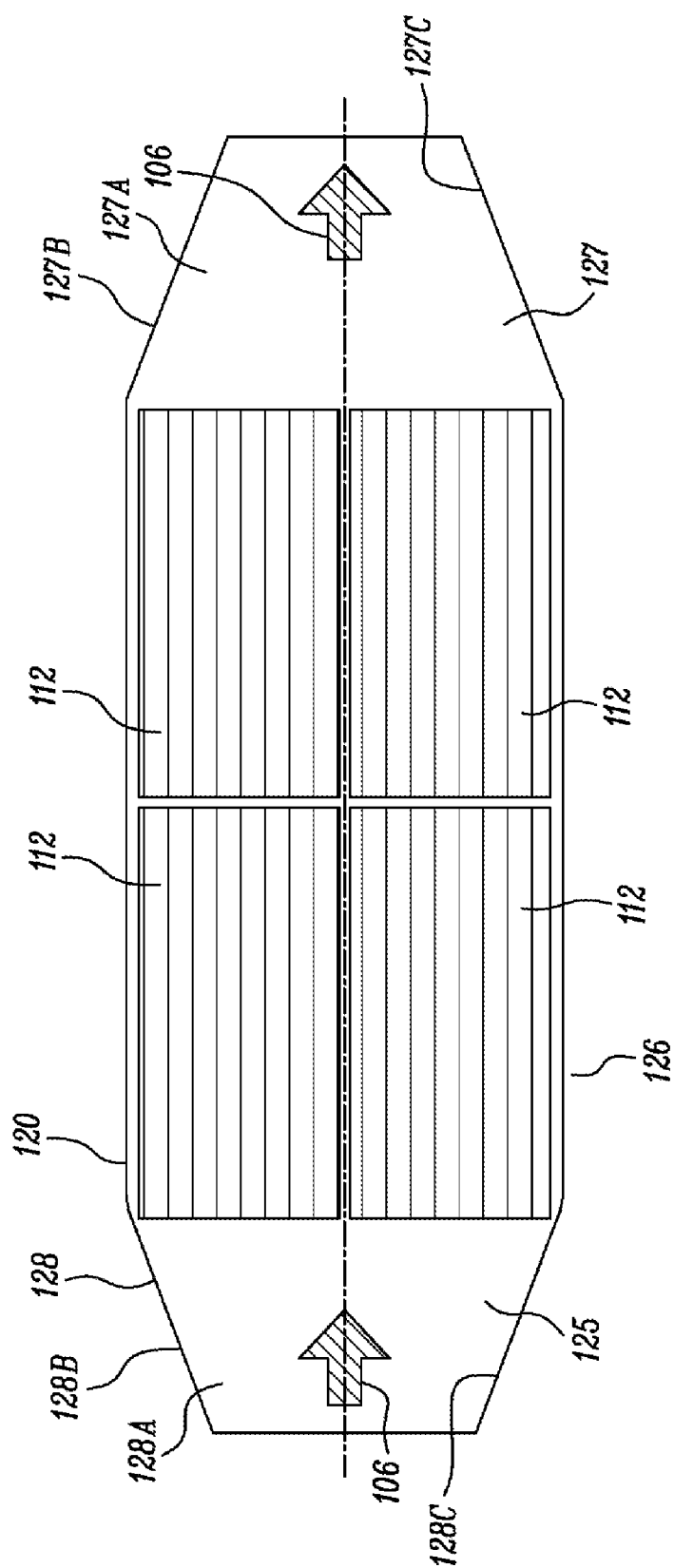


FIG. 5



VISTA SOBRE C-C'

FIG. 6

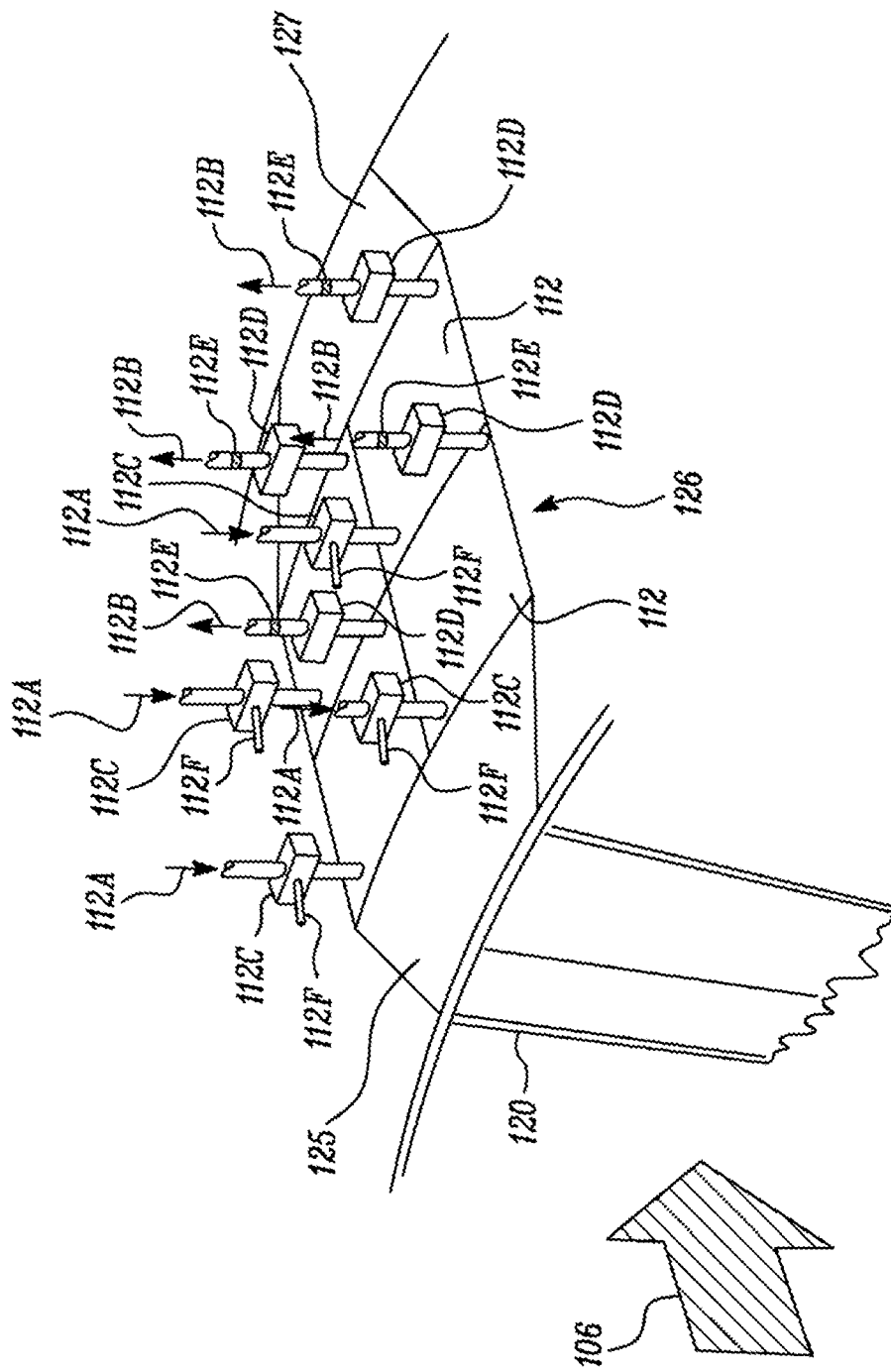


FIG. 7

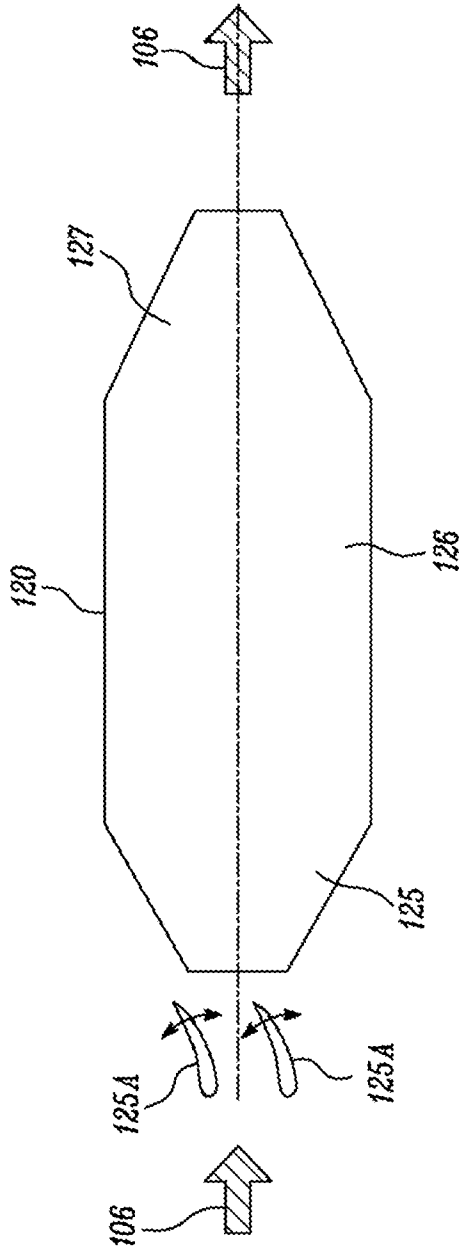


FIG. 8A

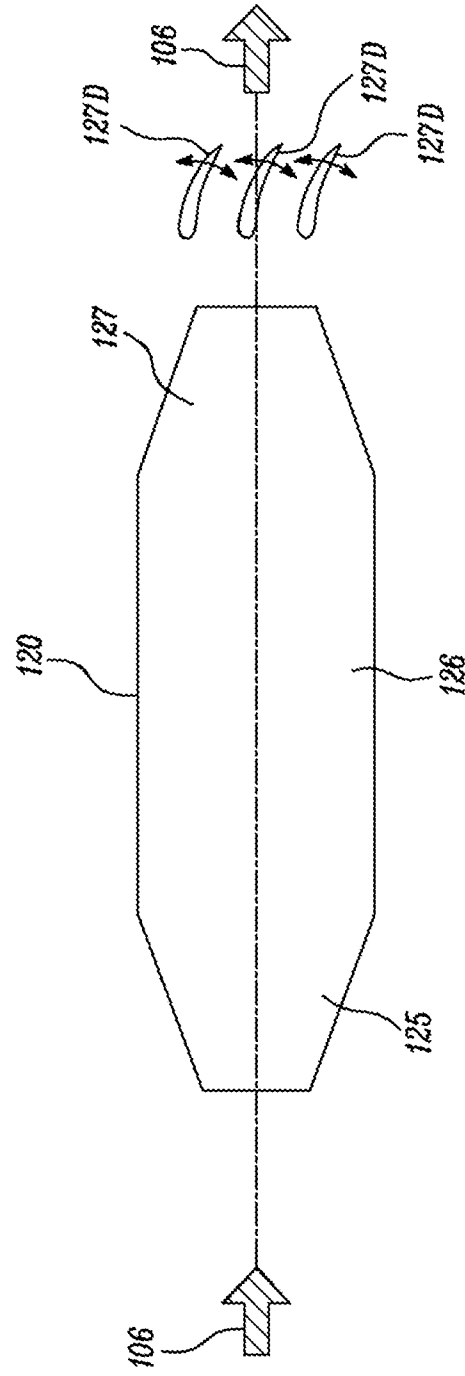


FIG. 8B

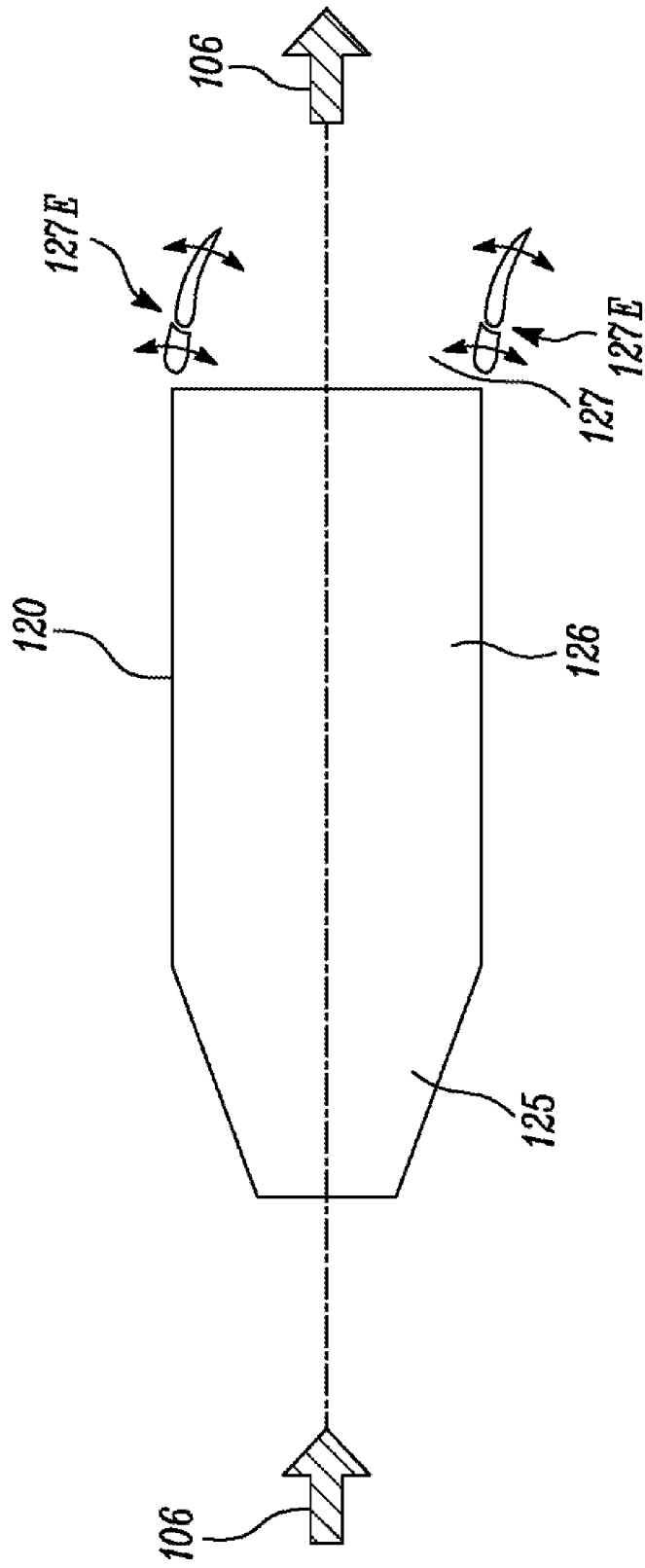


FIG. 8C

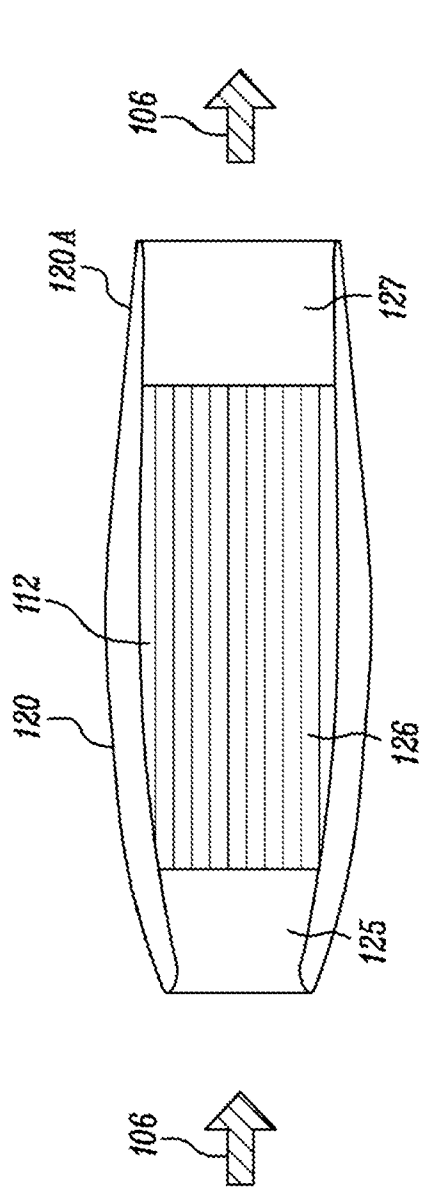


FIG. 9A

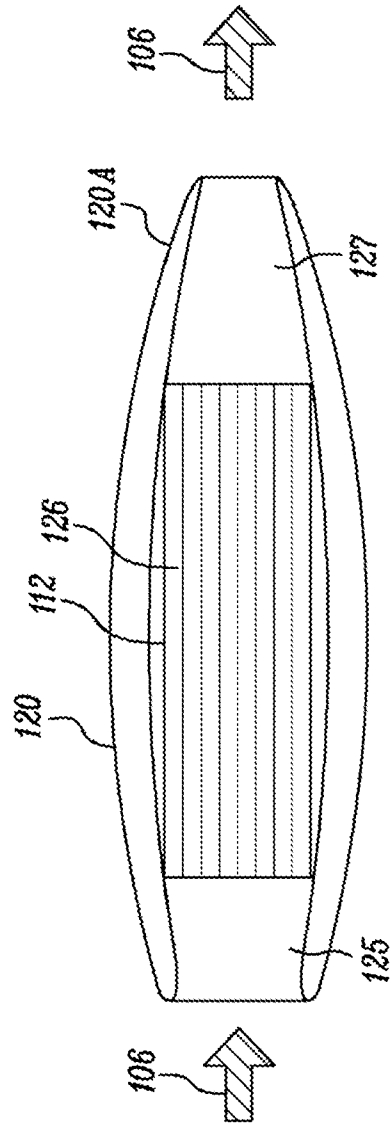


FIG. 9B