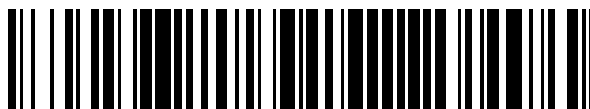


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 694 157**

51 Int. Cl.:

F16L 43/00 (2006.01)
F16L 9/127 (2006.01)
B64D 13/00 (2006.01)
C08G 73/10 (2006.01)
C08K 7/06 (2006.01)
F02C 7/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.09.2015** **E 15382458 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.08.2018** **EP 3147549**

54 Título: **Conducto de sangrado de aeronave en material compuesto**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.12.2018

73 Titular/es:

AIRBUS DEFENCE AND SPACE SA (100.0%)
Avenida John Lennon s/n
28906 Getafe, Madrid, ES

72 Inventor/es:

REDONDO CARRACEDO, FRANCISCO JOSÉ;
TEJEDOR FOGUET, SERGIO;
BAUTISTA DE LA LLAVE, CÉSAR;
MARTÍN MORENO, ZULIMA;
NOGUEROLÉS VIÑES, PEDRO;
LÓPEZ ROMANO, BERNARDO y
DELGADO, SOFÍA

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 694 157 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

Conducto de sangrado de aeronave en material compuesto

Campo de la invención

La presente invención se refiere a conductos no rectos para conducir fluidos a altas temperaturas y presiones hechos de material compuesto y más particularmente a conductos de aire caliente pertenecientes al sistema de sangrado de una aeronave.

Antecedentes

Los conductos de sangrado de aire caliente de una aeronave deben cumplir los siguientes requisitos básicos:

- Condiciones de trabajo en servicio: Temperatura de Funcionamiento 230°C, Presión de Funcionamiento 4 bares
- Estabilidad térmica en las condiciones de trabajo en servicio.
- Estabilidad térmica en caso de excursiones térmicas de 30s-60s a 260°C o 5s a 290°C.
- Sin pérdidas de peso a Temperatura de Funcionamiento durante la vida útil.
- Sin liberación de volátiles de polvo y/o elementos tóxicos a Temperatura de Funcionamiento.
- No degradación de propiedades debido a una exposición a largo plazo.
- Comportamiento apropiado respecto a Fuego/Humo/toxicidad (FST, iniciales de "Fire/Smoke/Toxicity") a Temperatura de Funcionamiento.

Otros requisitos que se deben cumplir son:

- No se permiten deformaciones permanentes o escapes a Presión de Funcionamiento.
- No se permiten deformaciones permanentes o escapes en una prueba de presión a 1,5 x Presión de Funcionamiento.
- No se permiten roturas, deformaciones permanentes o escapes a una presión de rotura de 3 x Presión de Funcionamiento.
- Tolerancia a soldadura/uniones/ montaje.
- Tolerancia a la transmisión de cargas y a las vibraciones.
- Sin toxicidad (durante su manipulación o almacenamiento).

Los conductos de sangrado de aire caliente de una aeronave están hechos de titanio y/o de acero.

Actualmente, los conductos de sangrado de aire caliente de una aeronave están hechos de titanio y/o de acero debido a que son materiales adecuados para cumplir con los requisitos antes mencionados, así como con las propiedades estructurales y de hermeticidad requeridas.

La principal desventaja de los conductos de aire caliente de titanio y/o de acero es el peso.

Una desventaja adicional de los conductos de sangrado de aire caliente de titanio es que su típico espesor delgado les hace susceptibles a la deformación en las operaciones de montaje.

En la técnica anterior se conocen conductos hechos de material compuesto tales como conductos comercialmente disponibles de resinas termoendurecibles, en su mayoría resinas epoxídicas y fenólicas, que se producen en la mayoría de los casos a través de bobinado de filamentos o de apilados manuales de telas. La temperatura de servicio típica de estos conductos oscila entre 120°C-200°C (230°C en el caso de resinas de bismaleimida).

Las industrias de gas y petróleo están contemplando la utilización de tubos de materiales compuestos para la extracción de gas y petróleo en aguas marinas profundas y para la fracturación hidráulica ("fracking"). En este caso, los tubos se fabrican por extrusión o bobinado de filamentos con diferentes matrices termoplásticas según el uso específico: polipropileno (PP), polietileno (PE), poliamida (PA), poliéter-éter-cetona (PEEK), fluoruro de polivinilideno (PVDF).

Las temperaturas de servicio de estos conductos oscilan entre 80°C-200°C. La geometría es simple, recta o con un radio de curvatura suave.

Ninguno de estos conductos son alternativas adecuadas a los conductos de sangrado de aire caliente hechos de titanio/acero. En primer término, sus temperaturas de servicio están por debajo de la temperatura requerida (o en el límite). En segundo término, para cumplir con el resto de los requisitos (tales como Fuego, Humo y Toxicidad (FST)) debe ser empleado un diseño de múltiples capas para agregar estas propiedades lo que penaliza el beneficio en términos de ahorro de peso.

Además, todos los conductos de compuestos comercialmente disponibles son conductos rectos, mientras que los conductos de sangrado de aire caliente tienen geometrías complejas (véase la Figura 1). El documento US 2009/197031 A1 que divulga una tubería que está integrada en el sistema de tuberías de una aeronave caracterizada en que está producida de un material compuesta que comprende una matriz de resina de geopolímero reforzada con fibra. El documento EP 2 246 179 A2 que divulga un material compuesto que comprende una pluralidad de capas de tiras de capas de fibra tejidas o trenzadas juntas. Cada una de la pluralidad de capas de tiras de fibra está hecha de una capa única de fibras unidireccionales. Las fibras están al menos parcialmente incrustadas en una matriz termoplástica. Una parte de este material compuesto tubular está hecha de este material compuesto y de una película interna. Un método de fabricación del material compuesto consiste en tejer o trenzar las tiras de cinta de fibra, especialmente en forma de tubo. Un método de fabricación de una parte compuesta incluye el presurizado de la película dentro del tubo mientras se calienta tanto el tubo como el film hasta su temperatura de formación para unir el film a la cinta de fibra tejida. El documento US 4 934 412 A que muestra un sistema de tuberías para un motor, en el que las paredes de la línea de tuberías se componen de una capa interior resistente de fibra reforzada, curable de resina sintética y de una capa exterior aislante de resina sintética curable reforzada con fibra, unida a la capa interna. Para la producción de las dos capas se utiliza un núcleo extraíble, por ejemplo, compuesto de una aleación de metal de baja fusión. El documento US 2014/045415 A1 que divulga un conducto de salida de un compresor de aire de cabina que incluye una porción de salida, una primera porción de entrada conectada fluidamente a la porción de salida, y una segunda porción de entrada conectada fluidamente a la porción de salida y unida a la primera entrada a través de una superficie curvilínea con un radio de curvatura de entre 2,50 pulgadas (6,35 cm) y unas 2,60 pulgadas (6,60 cm).

Sumario de la invención

La invención proporciona conductos no rectos para conducir fluidos a temperaturas superiores a 280°C y presiones superiores a 4 bares según lo definido en la reivindicación 1. Ventajosamente la resina de alta temperatura está configurada para ser inyectada o infundida en un intervalo de temperatura de 280-290°C y en un rango de presión de 12-13 atm.

En otro aspecto, la invención proporciona un sistema de sangrado de una aeronave que comprende al menos uno de dichos conductos no rectos en el subsistema de aire caliente destinado a reducir el peso del sistema de sangrado mediante la sustitución de conductos hechos actualmente de titanio o acero.

En otro aspecto, la invención proporciona un sistema de propulsión de aeronaves que incorpora el sistema de sangrado mencionado anteriormente. La invención también proporciona un procedimiento para el sangrado de gases calientes en una aeronave según lo definido en la reivindicación 5. Otras características deseables y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención y de las reivindicaciones adjuntas, en relación con las figuras que se acompañan.

Breve descripción de las figuras

La Figura 1 es una vista en perspectiva del sistema neumático de sangrado de aire de una aeronave.

La Figura 2 es una vista en perspectiva de un prototipo de un conducto de sangrado de aire caliente según la invención.

Descripción detallada de la invención

Para conseguir un conducto de sangrado de aire caliente hecho de un material compuesto se requiere encontrar una resina apta para cumplir los requerimientos de servicio que se mencionaron en los Antecedentes y un método de procesamiento adecuado que permita su fabricación.

Como el experto en la técnica entenderá fácilmente hay varias combinaciones posibles con diferentes resinas como posibles candidatas teóricas y los correspondientes métodos de fabricación.

En particular, hay algunas resinas teóricamente apropiadas para aplicaciones de alta temperatura tales como las descritas en US 6,359,107 "Composiciones y métodos para fabricación de resinas de alto rendimiento para procesos de infusión y moldeo por transferencia". Por otra parte, se pueden usar materiales pre-impregnados en procesos de fabricación de bobinado de filamentos para geometrías complejas.

Los inventores han encontrado una combinación adecuada para dicho conducto de sangrado de aire caliente comprendiendo:

- un tejido de fibra de carbono trenzada como refuerzo fibroso;
- una feniletinil-terminada imida como resina;
- un método de inyección/infusión de resina como método de fabricación.

El tejido de fibra de carbono trenzada se seleccionó como refuerzo para asegurar una buena capacidad de adaptación interna para geometrías complejas ("drapping"), y por lo tanto, la estanquidad del conducto, un mejor soporte de la estructura y una mayor conservación de las tolerancias dimensionales de diseño del conducto. Se ha caracterizado y validado la distorsión de la fibra asociada a la geometría compleja. El trenzado (desviación en la orientación original de las fibras en el tejido) se distorsiona debido a que, antes de la inyección, se eliminará el apresto ("sizing") (1-2 hrs. @ 400°C) para evitar problemas de porosidad durante el proceso para eliminar el tejido del apresto. Para evaluar el efecto de la ligera distorsión de las fibras en los conductos de geometría compleja se realizaron ensayos de cortadura (IPSS) reproduciendo la distorsión del trenzado (laminado a $\pm 60^\circ$ en lugar de $\pm 45^\circ$) y se encontró que esto no afecta al comportamiento mecánico del laminado.

La feniletinil-terminada imida fue seleccionada como resina para el prototipo, ya que es una resina que tiene una temperatura de transición vítrea (T_g) de 330°C, una temperatura de servicio en el rango 290-315°C y un comportamiento termo-oxidativo excelente porque no libera volátiles ni pierde peso en condiciones de servicio. Para el estudio de la Estabilidad Termo Oxidativa (TOS, iniciales de "Thermo Oxidative Stability") se envejecieron muestras a la temperatura de servicio (230°C) durante 2000 horas para monitorizar la pérdida de peso (y el cambio dimensional). El comportamiento del material fue bastante bueno y la pérdida total de peso observada después 2000 horas a 230°C estuvo por debajo de 0,8% (sin cambios significativos en las dimensiones, ancho o espesor). Las muestras también se envejecieron a las temperaturas de "excursión" (260 y 290°C) durante 100 horas. La pérdida de peso en estos casos estuvo por debajo de 0.6% y 0.9% respectivamente. La identificación de desgasificación (OI, iniciales de "Outgassing Identification") se llevó a cabo por TG-FTIR. Se hizo una exploración dinámica de 300 a 1000°C (10°C/min) y una exploración isotérmica a 300°C durante 10 horas. No hubo liberación de volátiles por debajo de 300°C (o si sucedió, la cantidad fue tan pequeña que estuvo por debajo del límite de detección del FTIR).

Se seleccionó el método de moldeo por transferencia de resina (RTM) como un método de fabricación conveniente en un entorno industrial dada la complejidad de la geometría y los requisitos de sellado de los conductos de sangrado de aire caliente.

Con el fin de validar la invención, se ha fabricado, como un prototipo, el conducto ilustrado en la Figura 2 que incluye un codo de 90°.

Como tela de fibra de carbono trenzado se utilizó el producto comercial T650-35, comercializado y vendido por A & P Technology.

Como feniletinil-terminada imida se utilizó el producto comercial PETI-330 comercializado y vendido por Ube Industries LDT.

El método RTM se adaptó a la alta viscosidad de la feniletinil-terminada imida (3 órdenes de magnitud mayor que las resinas de inyección estándar, tipo RTM6), a las altas temperaturas del proceso (inyección a 280°C, curado a 370°C) y a

una presión constante de 12 a 13 atm. Se preparó un ensamblaje especial para la fabricación del prototipo para afrontar los requerimientos mencionados así como otros requerimientos.

El análisis estructural se llevó a cabo por un modelo de elementos finitos (ABAQUS), resultando en un espesor del conducto de 1,08 mm (4 capas de tejido de fibra de carbono trenzada).

- 5 La densidad del material del prototipo es de aproximadamente 1.6×10^{-6} kg/mm³. Comúnmente, los conductos de sangrado de aire caliente actuales de una aleación de titanio tienen una densidad 4.5×10^{-6} kg/mm³ y un espesor de 0,7mm. Por lo tanto, el prototipo representa un ahorro de un 45% de peso. A pesar de que esta es una primera aproximación teórica al diseño, que no considera elementos de acoplamiento, articulaciones, terminales, conexiones, y uniones, sí permite asegurar un ahorro de alrededor del 30% del peso.
- 10 El prototipo fabricado cumplió con todos los requisitos. Se realizó una prueba de presión y el conducto sobrepasó la presión de rotura requerida, 12 bares (la prueba se continuó hasta 26 bares).

Aunque la presente invención se ha descrito en relación con varias realizaciones, debe entenderse a partir de lo dicho que pueden hacerse combinaciones de elementos, variaciones o mejoras que están dentro del alcance de la invención que se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un conducto no recto para conducir fluidos a temperaturas superiores a 280°C y presiones superiores a 4 bares hecho de un material compuesto que comprende capas de un tejido de fibra de carbono y una resina de alta temperatura inyectada o infundida en dichas capas, caracterizado por que el tejido de fibra de carbono es un tejido de fibra de carbono trenzada y la resina de alta temperatura es una feniletinil-terminada imida.
2. Un conducto no recto según la reivindicación 1, en el que la resina de alta temperatura está configurada para ser inyectada o infundida en un rango de temperatura de 280-290°C y en un rango de presión de 12 a 13 atm.
3. Sistema de sangrado de una aeronave que comprende uno o más conductos no rectos según cualquiera de las reivindicaciones 1-2.
4. Sistema de propulsión de una aeronave que comprende un sistema de sangrado según la reivindicación 3.
5. Procedimiento para el sangrado de gases calientes en una aeronave usando uno o más conductos no rectos hechos de un material compuesto que comprende capas de un tejido de fibra de carbono y una resina de alta temperatura inyectada o infundida en dichas capas caracterizado por que el tejido de fibra de carbono es un tejido de fibra de carbono trenzada y la resina de alta temperatura es una feniletinil-terminada imida.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que la resina de alta temperatura se inyecta o infunde en un rango de temperatura de 280-290°C y en un rango de presión de 12 a 13 atm.

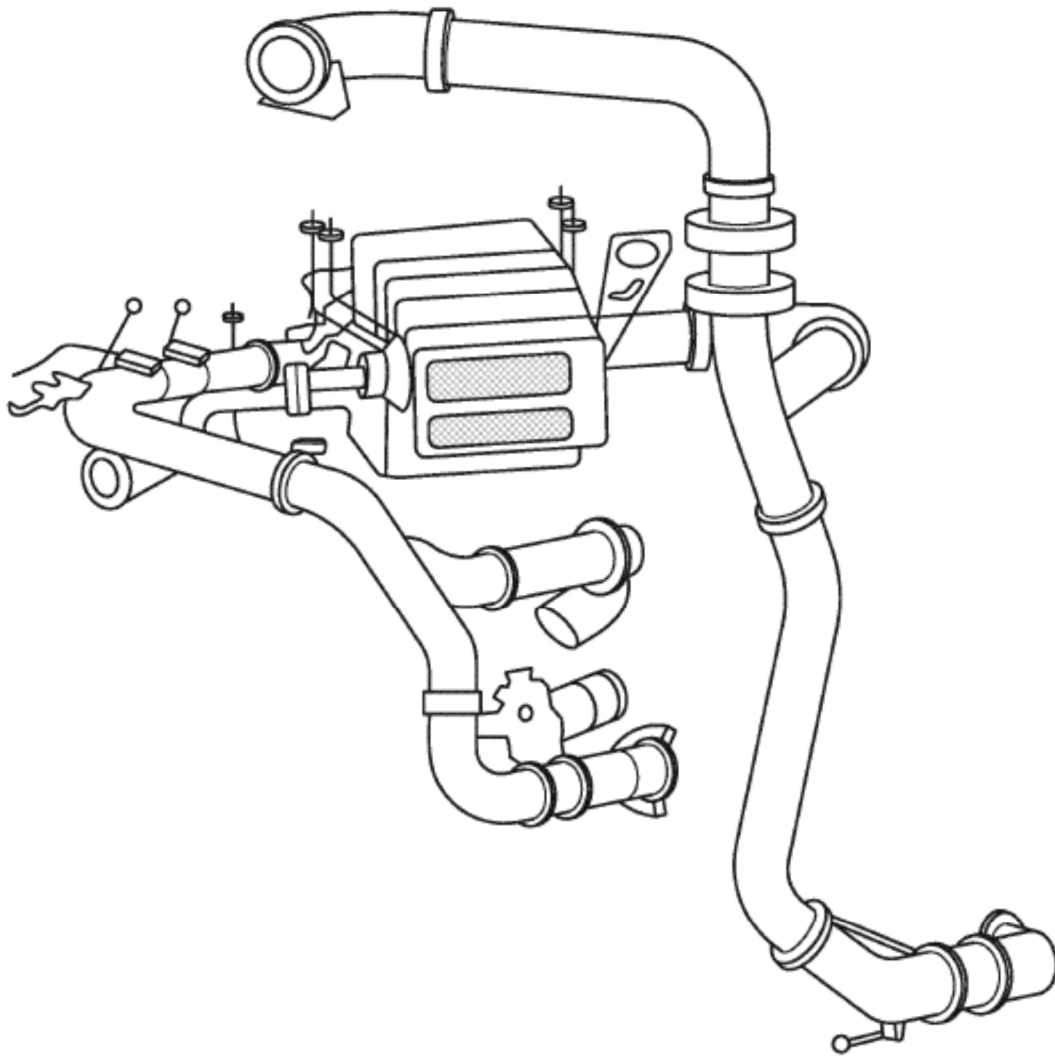


FIG.1

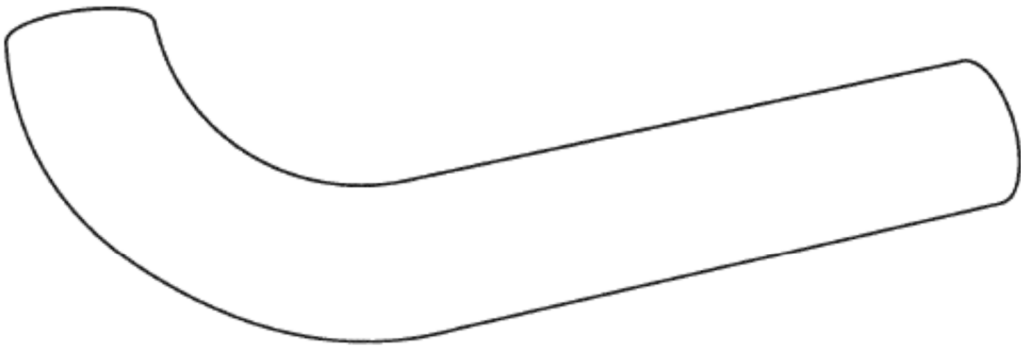


FIG.2