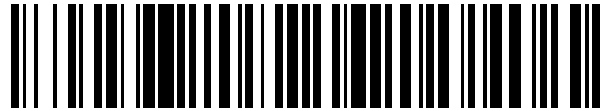


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 544 312**

51 Int. Cl.:

**B64C 1/06**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.07.2013** **E 13177850 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2015** **EP 2692631**

54 Título: **Marco de fuselaje de aeronave con sección evolutiva**

30 Prioridad:

**30.07.2012 FR 1257347**

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

**28.08.2015**

73 Titular/es:

**AIRBUS OPERATIONS (100.0%)  
316 Route de Bayonne  
31060 Toulouse, FR**

72 Inventor/es:

**CAZENEUVE, HÉLÈNE;  
MONTEILLET, FABRICE y  
MARCHIPONT, YANN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 544 312 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).

**DESCRIPCION**

Marco de fuselaje de aeronave con sección evolutiva

- 5 El invento se refiere a un elemento de estructura de marco de fuselaje de aeronave. Tal elemento se muestra en el documento US 1 922 063 A. De manera general, las estructuras de fuselaje de aeronave están compuestas de un revestimiento al cual están fijados, entre otros, elementos de estructura llamados refuerzos o marcos.
- 10 De manera general, tales elementos de estructura se presentan bajo la forma de un perfil que se extiende según una curva definida por una sucesión de radios de curvatura, de tal manera que siga la propia curvatura del revestimiento del fuselaje.
- 15 La sección de estos perfiles, sensiblemente constante, presenta con mucha frecuencia una forma general en L, en U, en Z u otras formas más o menos complejas que constan siempre al menos de un alma y una o dos alas situadas en uno y/u otro extremos del alma.
- 20 Cuando están constituidos de materiales metálicos, (aleaciones de aluminio o de titanio), los marcos están fabricados a partir de perfiles extruidos, y a continuación conformados mediante deformación plástica, por ejemplo mediante estiramiento o rodadura.
- 25 Estos procedimientos de fabricación, particularmente económicos, no son aplicables sin embargo más que a perfiles cuya sección es constante en toda su longitud.
- 30 Así pues, para reducir la masa del fuselaje, es deseable que las dimensiones de la sección sean lo más pequeñas posible fuera de ciertos puntos en donde los esfuerzos sufridos son localmente importantes.
- 35 Por eso, se sabe fabricar un producto intermedio por extrusión y conformación plástica, de sección y/o de espesor mayor que la pieza final, y a continuación mecanizar mediante arranque de material este producto de tal manera que se adapten localmente su sección y su espesor.
- 40 Alternativamente, se sabe igualmente obtener el elemento de estructura mediante desprendimiento de material en una placa de mayor espesor.
- 45 Estos procedimientos de obtención son sin embargo mucho menos económicos, pues necesitan reducir a virutas una gran cantidad de material.
- 50 Con el fin de reducir todavía más la masa de los fuselajes, se sabe igualmente sustituir materiales metálicos por materiales compuestos con refuerzos fibrosos.
- 55 Los perfiles se obtienen así especialmente a partir de fibras apiladas según orientaciones y una secuencia de apilado definidas.
- 60 Un ejemplo de un perfil tal se describe en el documento FR 2 970 753. Este último es fabricado colocando varias capas de fibras secas de orientación definida (pliegues) en un molde que tiene la forma de la sección y la curvatura de la pieza. Las fibras son empapadas a continuación con resina mediante transferencia o por infusión de resina.
- 65 Para perfiles curvos como los marcos de fuselaje, tal procedimiento de obtención necesita adaptar una sección curva con fibras que no presentan ninguna capacidad de deformación plástica, y que no deben arrugarse ni ondularse bajo riesgo de hacer disminuir las características mecánicas del producto así obtenido.
- Esta operación, realizada de forma manual, necesita una cierta destreza por parte del operario y lleva de hecho a costes de producción elevados.
- Alternativamente, los perfiles pueden ser fabricados a partir de fibras previamente impregnadas depositadas sobre un utillaje mediante colocación de fibras.
- Tal operación consiste en realizar un alisado tridimensional por bandas delgadas, por ejemplo con la ayuda de un robot equipado de un cabezal de colocación de fibras.
- Para aplicaciones aeronáuticas, las fibras están constituidas de carbono y la matriz de una resina termoendurecible.
- Habitualmente, los perfiles realizados a partir de esta técnica de fabricación son dimensionados con un criterio en el que prepondera la tolerancia a los daños, dicho de otra manera, la resistencia mecánica residual después del impacto.

Esto es debido especialmente al hecho de que la geometría casi plana del ala en el sentido de extensión del perfil facilita el pandeo de este último, propagándose de esta manera la exfoliación del estratificado después del impacto y provocando su deterioro.

5 Teniendo en cuenta lo anterior, existe pues la necesidad de realizar elementos de estructura de fuselaje de aeronave de masa reducida, que tengan una resistencia residual en compresión después de un fuerte impacto.

10 A estos efectos, el invento se refiere a un elemento de estructura del marco de fuselaje de aeronave que presenta una forma general de perfil alargado que consta de un alma y al menos un ala que tiene una sección en forma de arco de círculo en toda la longitud del perfil excepto al menos en una porción del extremo del perfil cuya dicha sección evoluciona de tal manera que tiene una sección rectilínea perpendicular a la citada alma.

15 La geometría del ala definida por una forma curva tangente al alma permite reducir el pandeo del elemento de estructura, y disminuye así la propagación de la exfoliación del estratificado después del impacto.

La evolución de la sección del ala de una geometría curva a una geometría plana permite conservar un tamaño y una masa óptimos en las zonas de unión entre los elementos de estructura al nivel de los extremos de unión.

20 El elemento de estructura de marco presenta así un alma localmente lo suficiente mente alta como para resistir las sollicitaciones de recalado y a la fatiga en los puntos de unión entre elementos.

En efecto, teniendo en cuenta la importante dimensión de los fuselajes de las aeronaves de transporte comerciales, un marco está constituido de varios elementos de estructura que forman sectores de circunferencia del fuselaje.

25 Estos elementos son ensamblados mediante embridado, dicho de otra manera, por medio de bridas fijadas a los marcos con la ayuda de remaches.

30 Tales uniones deben comportar suficientes fijaciones como para transmitir la carga mecánica que soportan de una pieza a la otra.

35 Así, además del criterio de tolerancia a los daños, el que los materiales elegidos no posean aptitudes para la deformación plástica, ni para la resistencia a los sollicitaciones de recalado (transmisiones de flujo de esfuerzos entre las superficies de dos piezas en contacto en las zonas de ensamblaje en el transcurso de choques) entra igualmente en juego.

Finalmente, para que las fijaciones resistan a la fatiga y al recalado, se deben respetar las reglas de separación entre ellas.

40 Para poder instalar el número de fijaciones adaptado a la absorción de las diferentes cargas en las uniones respetando al propio tiempo las reglas de espaciado entre las citadas fijaciones, el alma del perfil debe ser suficientemente alta (es decir suficientemente larga cuando se coloca en el plano de la sección del perfil).

45 Por otra parte, esta altura no debe ser demasiado importante, bajo riesgo de aumentar la masa de la estructura y reducir el volumen disponible en el interior del fuselaje, reservado a la carga comercial y a la instalación de sistemas.

La sección rectilínea perpendicular al alma en el extremo de unión permite así obtener el mejor compromiso, consistente en aumentar al máximo la altura del alma minimizando la altura total del perfil, es decir para minimizar los radios de curvatura entre la o las alas y el alma.

50 En la práctica, el elemento de estructura de marco tiene dos extremos de unión, la citada sección que evoluciona a lo largo del perfil de tal manera que tiene, en los dos extremos de unión, una sección rectilínea perpendicular a la citada alma.

55 Según una característica, el perfil tiene una altura constante a lo largo del perfil, siendo la altura de la parte del alma en la sección de forma curva del perfil inferior a la altura de la parte del alma en la sección rectilínea perpendicular al alma.

60 Para reforzar el elemento de estructura en ciertos puntos en los que los esfuerzos sufridos son los más importantes, el grosor del elemento puede variar a lo largo del perfil.

La altura del elemento de estructura de marco puede variar igualmente a lo largo del perfil.

Con el fin de adaptarse a la curvatura local del fuselaje, el perfil se extiende según una curva de radio fijo o variable.

Para aligerar el elemento de estructura de marco, es realizado de un material compuesto con refuerzos fibrosos de fibras continuas.

5 Estas fibras son por ejemplo fibras de carbono, que aseguran así una gran resistencia mecánica frente a modos de deformación macroscópicos o primarios del fuselaje.

10 El invento se refiere igualmente a un conjunto de elementos de estructura de marco tales como los descritos anteriormente, que son ensamblados uno con otro por extremos de unión respectivos, evolucionando la sección de forma curva de una o más alas del perfil de los elementos de estructura, a lo largo del perfil de tal manera que tienen, en los citados extremos de unión respectivos, una sección rectilínea y perpendicular al alma.

Esto permite instalar el número de fijaciones adaptado a la absorción de diferentes cargas en las uniones mientras se respetan las reglas de separación de las citadas fijaciones.

15 El invento se refiere igualmente a una aeronave que lleva un elemento de estructura de marco tal como el que hemos mencionado anteriormente de manera breve.

20 Otras características y ventajas aparecerán en el transcurso de la descripción que sigue, dada a título de ejemplo no limitativo y hecha en referencia a los dibujos anexos en los que:

- la figura 1 es una representación esquemática en perspectiva de un modo de realización de una porción de un elemento de estructura con un ala que tiene una sección en arco de círculo de radio constante;
- la figura 2 es una representación esquemática en perspectiva de una porción del extremo de un elemento de estructura, ilustrando la transición entre un ala con una sección en arco de círculo y un ala con una sección rectilínea;
- la figura 3 es una representación esquemática en perspectiva de la porción de extremo de la figura 2 bajo otro ángulo;
- la figura 4 es una representación esquemática en corte del elemento de la figura 2 en la sección según la línea IV-IV; y
- 30 - la figura 5 es una representación esquemática en corte del elemento de la figura 2 en la sección según la línea V-V.

35 En todo lo que sigue, se entenderá por sección una sección transversal al perfil, normal a la dirección longitudinal local en la que se extiende.

El elemento de estructura 1 de fuselaje de aeronave representado parcialmente en las figuras 1, 2 y 3, llamado igualmente marco, presenta una forma general de perfil alargado, que se extiende localmente según una dirección longitudinal.

40 Como está ilustrado en la figura 1, este perfil se extiende según una curva de tal manera que el elemento de estructura 1 pueda adoptar la forma de un fuselaje (no representado) al cual está destinado a estar fijado. Esta curva puede ser de radio fijo o variable.

45 En un modo de realización preferido, este elemento 1 está realizado de un material compuesto con refuerzos fibrosos de fibras continuas, por ejemplo por colocación de fibras impregnadas previamente sobre un utillaje.

Más particularmente, para una aplicación aeronáutica, las fibras son fibras de carbono.

50 El elemento de estructura 1 comprende un alma 2 rectilínea, prolongada aquí, por una parte y por otra en su altura (longitud en el plano de la sección del elemento de estructura), respectivamente por un ala superior 4 y un ala inferior 6 de las que se detallará la forma más adelante.

55 En el marco de integración del elemento de estructura en el fuselaje de una aeronave de forma clásica, el ala superior 4 corresponde al ala situada hacia el interior del fuselaje.

A la inversa, el ala inferior 6 corresponde al ala situada hacia el exterior del fuselaje, es decir al ala más próxima de este fuselaje.

60 Este ala inferior 6 presenta una sección rectilínea, perpendicular al alma 2, y constante en su geometría a todo lo largo del elemento de estructura 1.

Se observará que en los modos de realización particulares presentados en las figuras 1 a 5, el elemento de estructura 1 no presenta arista recta, y por eso la transición del alma 2 al ala inferior 6 presenta una curvatura 6a.

65 Sin embargo, se puede contemplar sustituir la curvatura 6a por una arista en otros modos de realización.

El ala inferior 6 se prolonga, a partir de la curvatura 6a, por una extensión rectilínea inferior 6b que constituye así el "pie" del marco.

5 Como está ilustrado en la figura 1, el ala superior 4 presenta una sección de forma curva, y aquí en forma de arco de círculo.

En la porción de elemento de estructura ilustrado en la figura 1, correspondiente por ejemplo a una porción central de un elemento de estructura, el ala superior 4 tiene así una geometría de doble curvatura.

10 Así, el ala superior 4 presenta en su sección transversal una curvatura de radio constante, formando de esta manera un arco de círculo.

Por otra parte, este ala superior 4, sigue en su dirección longitudinal, la curvatura del perfil.

15 Se puede considerar sin embargo, en otros modos de realización, un perfil rectilíneo e incluso un perfil que tenga varias zonas de curvatura en función de la forma del revestimiento del fuselaje.

En la proximidad de un extremo de unión del elemento de estructura el ala superior 4 varía en sección a lo largo del elemento de estructura 1.

20 Como se puede ver en las figura 2 y 4, en una porción 42 del elemento de estructura 1, el ala superior 4 posee una sección de forma curva, y aquí en forma de arco de círculo.

25 En esta porción 42 del elemento de estructura 1, la sección del perfil presenta así una forma de J.

La sección del ala superior 4 evoluciona a continuación progresivamente, a partir de esta porción 42, de una sección en forma de arco de círculo a una sección rectilínea, situada en un extremo de unión 44.

30 En este extremo de unión 44 del elemento de estructura 1, la sección del perfil presenta así una forma de Z.

Se observará que para el ensamblaje de un conjunto de elementos de estructura, cada elemento de estructura comprende preferentemente dos extremos de unión 44 para unir los elementos de estructura entre sí.

35 Así, el nivel de cada porción del extremo 46 del elemento de estructura 1, la geometría del ala 4 pasa por una sucesión de formas curvas de diferentes radios de curvatura para evolucionar en esta porción del extremo 46 de la forma en J a la forma en Z, e inversamente.

40 El extremo de unión 44 del ala superior 4, que se puede ver con detalle en las figuras 3 y 5, presenta por tanto una sección rectilínea perpendicular al alma 2.

De nuevo, el elemento de estructura 1 al no presentar en el presente modo de realización arista recta, la transición entre el alma 2 y el extremo de unión 44 del ala superior 4 presenta una curvatura 44a.

45 Puede considerarse, sin embargo, una arista que sustituya a la curvatura 44a en otros modos de realización.

El ala superior 4 se prolonga, a partir de la curvatura 44a, por una extensión rectilínea superior 44b.

50 Como se puede constatar especialmente en las figuras 4 y 5, el ala superior 4 se extiende a partir del alma 2 en el sentido opuesto al ala inferior 6.

Sin embargo, en otros modos de realización que los presentados en las figuras 1 a 5, en particular en uno en el que el elemento de estructura es un perfil de sección en C, el ala superior 4 puede extenderse en el mismo sentido que el ala inferior 6 a partir del alma 2.

55 Además, es igualmente considerable que estas dos alas 4 y 6 sean de la misma longitud, o incluso de longitudes diferentes.

60 Se va a describir ahora, en referencia a las figuras 4 y 5, las ventajas de la evolución de la sección del ala superior 4 en la porción del extremo 46 del elemento de estructura 1.

La porción 42 presenta una sección en forma de arco de círculo de radio R que se extiende en un sector  $\alpha$ .

65 Esto permite especialmente hacer al ala superior 4 localmente más resistente a los impactos, permitiendo reducir gracias a su radio el pandeo local.

Más particularmente, estando realizado el elemento de estructura 1, preferentemente, de materiales compuestos con refuerzos fibrosos, tal reducción del pandeo disminuye la propagación de la exfoliación del estratificado.

- 5 El valor del radio R y del sector  $\alpha$  serán elegidos especialmente de tal manera que se obtenga tolerancia a los daños (resistencia mecánica residual después del impacto) y la masa deseada para el elemento de estructura 1.

Esta masa depende igualmente de la altura H del elemento de estructura 1.

- 10 Se observará a estos efectos que en esta porción 42 del elemento de estructura 1, la parte del alma 2a presenta una altura h inferior a la altura H del elemento de estructura 1.

De manera general, cuanto más grande es el radio de curvatura R de la forma curva de la sección del ala superior 4, y más pequeña es la altura h de la parte del alma 2a cuando la altura H del elemento de estructura 1 es constante.

- 15 Preferentemente, esta porción 42 del elemento de estructura 1 de sección de forma curva se extiende sobre la mayor parte del perfil, teniendo únicamente las porciones de los extremos 46 del perfil una sección que evoluciona de tal manera que tiene una sección rectilínea perpendicular al alma 2 en los extremos de unión 44.

- 20 En el extremo de unión 44 del elemento de estructura 1, la sección es rectilínea y perpendicular al alma 2b.

La ventaja principal de esta configuración reside en el hecho de que la altura de la parte del alma 2b tiene sensiblemente por valor la altura H del elemento de estructura 1. Es pues máxima para un tamaño fijo, es decir una altura constante H del perfil.

- 25 Esta parte del alma 2b más alta permite instalar el número de fijaciones adaptado a la absorción de las cargas al nivel de la unión, respetando siempre las eventuales reglas de espaciado de estas fijaciones.

- 30 En el modo de realización presentado en las figuras, el elemento de estructura 1 presenta un grosor y una altura H constantes.

Sin embargo, en otros modos de realización, la altura y/o el grosor del alma 2 del perfil puede, al contrario, variar localmente a lo largo del perfil de tal manera que se adapte a criterios geométricos y dimensionamientos locales, o a requisitos o esfuerzos locales, para permitir colocar más equipamientos, etc.

- 35 Los ejemplos que acaban de ser descritos no son más que modos de realización posibles del invento, que no se limita a ellos.

- 40 Se observará que en los ejemplos descritos anteriormente, el elemento de estructura de fuselaje de aeronave presenta al menos un ala de perfil que tiene una sección de forma curva que evoluciona para tener en los dos extremos del perfil una sección rectilínea perpendicular al alma.

- 45 Se observará que eventualmente el elemento de estructura puede conservar un perfil alargado que tenga un alma y un ala con una sección de forma curva tangente al alma, en uno de los extremos de unión del elemento de estructura o en los dos extremos de unión del elemento de estructura.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Elemento de estructura de marco de fuselaje de aeronave, que presenta una forma general de perfil alargado que comprende un alma (2) y al menos un ala (4, 6), **caracterizado por que** la citada al menos un ala (4) tiene una sección en forma de arco de círculo en la longitud del perfil, excepto en al menos una porción del extremo (46) del perfil en el que la citada sección evoluciona de tal manera que tenga una sección rectilínea perpendicular a la citada alma (2).
- 10 2. Elemento de estructura de marco según la reivindicación 1, **caracterizado por que** consta de dos extremos de unión (44), evolucionando la citada sección de forma curva, a lo largo del perfil, de tal manera que tenga, en los dos extremos de unión (44), una sección rectilínea perpendicular a la citada alma (2).
- 15 3. Elemento de estructura de marco según una de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado por que** el perfil tiene una altura constante (H) a lo largo del perfil, siendo la altura (h) de la parte del alma (2a), en la sección de forma curva del perfil, inferior a la altura (H) de la parte del alma (2b) en la sección rectilínea perpendicular al alma (2).
- 20 4. Elemento de estructura de marco según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado por que** la altura (H) del elemento de estructura (1) varía a lo largo del perfil.
- 25 5. Elemento de estructura de marco según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el grosor del elemento de estructura (1) varía a lo largo del perfil.
6. Elemento de estructura de marco según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el perfil alargado se extiende según una curva de radio fijo o variable.
- 30 7. Elemento de estructura de marco según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** está realizado de un material compuesto con refuerzos fibrosos de fibras continuas.
- 35 8. Conjunto de elementos de estructura de marco de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** los citados elementos de estructura (1) están ensamblados uno con otro por extremos de unión (44) respectivos, evolucionando la sección de forma curva de una o de las alas del perfil de los elementos de estructura a lo largo del perfil de tal manera que tenga, en los citados extremos de unión (44) respectivos, una sección rectilínea y perpendicular al alma (2).
9. Aeronave que comprende un conjunto de elementos de estructura (1) de marco de fuselaje de aeronave según la reivindicación 8.

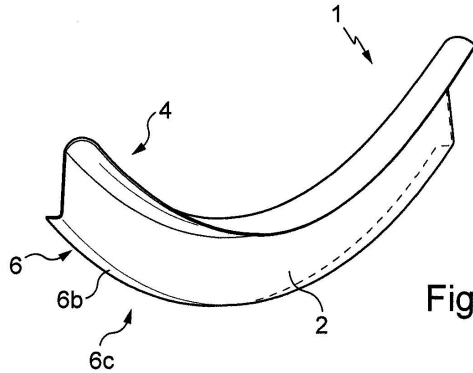


Fig. 1

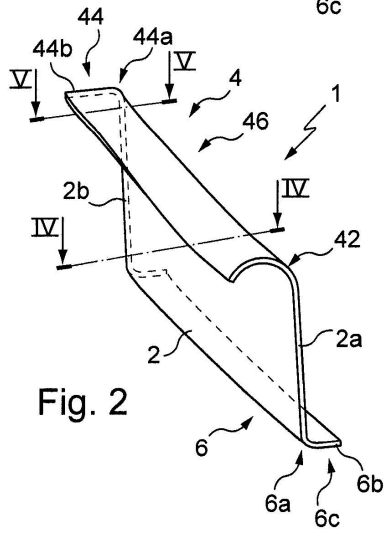


Fig. 2

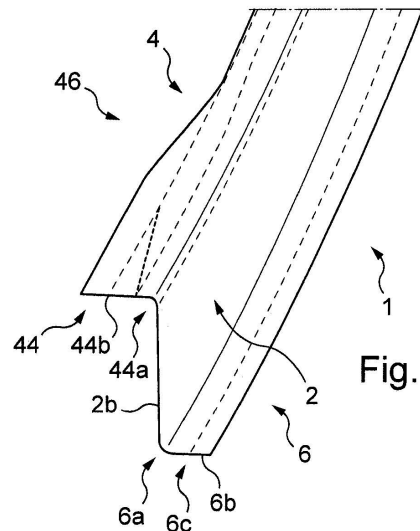


Fig. 3

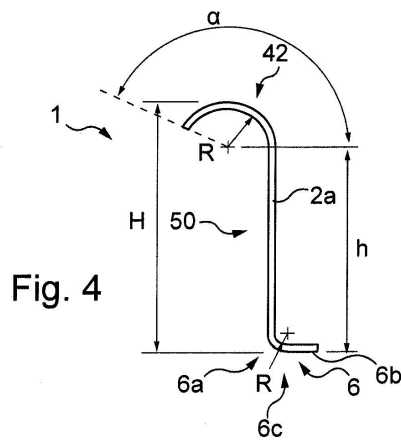


Fig. 4

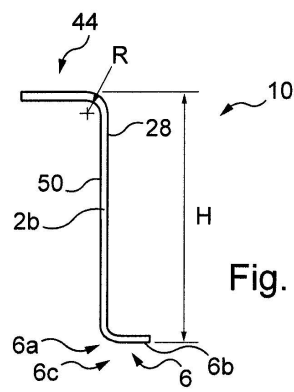


Fig. 5