(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 726 825**

(51) Int. CI.:

B64C 23/06 (2006.01)
B29C 70/22 (2006.01)
B29C 70/32 (2006.01)
B29C 70/30 (2006.01)
B32B 38/18 (2006.01)
B64C 3/18 (2006.01)
B29L 31/30 (2006.01)
B64F 5/10 (2007.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.04.2014 PCT/GB2014/051229**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **23.10.2014 WO14170693**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2014 E 14718721 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2986504**

(54) Título: **Aleta**

(30) Prioridad:

18.04.2013 GB 201307066

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.10.2019

(73) Titular/es:

AIRBUS OPERATIONS LIMITED (100.0%)
Pegasus House, Aerospace Avenue
Filton, Bristol BS34 7PA, GB

(72) Inventor/es:

FONG, TONY;
AXFORD, TIMOTHY y
CHAUSSEE, JULIEN

(74) Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

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

Aleta

Campo de la invención

La presente invención se refiere a una aleta, un ala de aeronave que comprende una aleta, y un método para fabricar una aleta.

Antecedentes de la invención

El crecimiento del tamaño de los dispositivos de punta de ala en la industria de la aviación civil de aeronaves grandes a lo largo de los años, como resultado del impulso para aumentar la eficiencia del ala a través de la reducción de la resistencia aerodinámica, ha generado desafíos técnicos relacionados con la transferencia de carga y una tecnología de unión eficiente entre el dispositivo de punta de ala y el ala. Los métodos existentes de unión de la punta del ala de una aeronave civil grande, como el descrito en el documento US7975965 B2, generalmente se componen de una solución de nervadura longitudinal donde las cargas se transfieren a través de una articulación utilizando el ancho de la cuerda de la sección del ala local.

Una solución innovadora creada para desacoplar las limitaciones de la transferencia de carga a través del ancho de la cuerda local se describe en el documento US 2012/0112005 A1. Esta idea propone un concepto conjunto que utiliza una estructura de 'barra principal' para tener las cargas de la punta del ala primaria y transferirlas al ala mediante un brazo de momento aumentado.

Sin embargo, el dispositivo de punta de ala tiende a ser sobre diseñado, particularmente en el punto de unión, para garantizar las propiedades mecánicas requeridas para el uso de tales medios de sujeción, ya que las metodologías de fabricación actuales hacen que sea difícil adaptar adecuadamente el comportamiento estructural de la barra compuesta.

Sigue siendo difícil fabricar y construir mediante el uso de materiales compuestos la compleja geometría del larguero que permite unir una aleta a un elemento principal del ala. El uso de métodos convencionales, como ensamblar múltiples partes para formar el larguero, es difícil debido a la falta de acceso en la geometría disponible para montar y ensamblar y también es ineficiente debido a que requiere un mayor número de piezas, lo que aumenta el costo y el peso del componente final, o termina por comprometer el diseño estructural para cumplir con las restricciones de fabricación.

En el documento US8061253 se describe un proceso de trenzado conocido para formar una preforma de fibra con forma compleja. El método comprende trenzar una pluralidad de fibras sobre un mandril no cilíndrico para formar una preforma de fibra con una forma de grosor variable. Subsecuentemente, la preforma se aplana y se corta para formar el componente del larguero. El mandril se mueve a una velocidad constante durante el proceso de trenzado.

Como se señaló en JS Tate, AD Kelkar y VA Kelkar, "Failure analysis of biaxial braided composites under fatigue loading", La 15ª Conferencia Europea de Fractura (ECF), en Estocolmo, Suecia, 11-13 de agosto de 2004, cuando se usa un tubo trenzado biaxial para un componente de sección transversal variable, el ángulo de la trenza, el grosor y el peso por área (rendimiento) varían de un punto a otro.

White, Mark L. "Development of Manufacturing Technology for Fabrication of a Composite Helicopter Main Rotor Spar by Tubular Braiding", Vol. 1618. KAMAN AEROSPACE CORP BLOOMFIELD CT, 1981, describe un larguero trenzado para un rotor principal de helicóptero. Cada capa trenzada se diseña para aplicarse a una separación constante (es decir, avance del mandril por revolución de los portadores de trenzas) lo que permite que el ángulo de orientación de la fibra disminuya y el grosor de la capa aumente a medida que el perímetro disminuye a lo largo del larguero que se estrecha.

El documento US 2012/112005 (CHAUSSEE JULIEN) describe una aleta que se une a la punta de un ala por una barra principal que se extiende hasta la punta del ala y se une al larguero trasero. Un larguero inclinado también se extiende para unirse cerca del larguero delantero.

El documento US6743504 (ALLEN GREGORY) describe una estructura compuesta que tiene capas de revestimiento compuesto y al menos dos miembros compuestos rigidizadores/separadores alargados que se intercalan entre las capas de revestimiento. Los miembros compuestos rigidizadores/separadores se disponen generalmente de manera longitudinal a las capas de revestimiento en una relación separada lateralmente. Cada una de las capas de revestimiento se forma al ensamblar una capa de un material de fibra impregnada con resina no curada sobre una superficie de conformación de una plantilla. Cada miembro compuesto rigidizador/separador se forma por un material de fibra impregnada con resina no curada que se coloca sobre un mandril hueco alargado de una tela rígida y se ensambla a una de las capas de revestimiento no curadas. Las plantillas se yuxtaponen para formar un sándwich con

las capas compuestas no curadas ensambladas que luego se moldean al vacío y se cocuran bajo una presión predeterminada y una temperatura predeterminada para hacer que la estructura sea unitaria.

Resumen de la invención

Un primer aspecto de la invención proporciona una aleta que comprende un larguero principal con refuerzos delanteros y traseros del larguero principal que se unen por tapas inferiores y superiores de larguero principal; un larguero frontal con un refuerzo del larguero frontal, una tapa superior del larguero frontal y una tapa inferior del larguero frontal; un revestimiento superior unido a la tapa superior del larguero principal y a la tapa superior del larguero frontal; y un revestimiento inferior unido a la tapa inferior del larguero principal y a la tapa inferior del larguero frontal, caracterizado porque el larguero principal (10) es tubular y tiene una porción de sección decreciente (25) en la que se reduce una altura del larguero principal y un ancho longitudinal del larguero principal se aumenta a medida que se extiende hacia la punta (10b) del larguero principal y en donde el larguero frontal tiene forma de C con las tapas superior e inferior (17, 18) del larguero frontal que terminan en los bordes delanteros.

La aleta puede unirse a la punta del elemento principal del ala de un ala de aeronave, y el larguero puede inclinarse (hacia arriba o hacia abajo) y/o en flecha (delantero o posterior) con relación al elemento principal del ala. Típicamente, el larguero principal tubular de la aleta tiene una porción interior y una porción exterior que se inclina (hacia arriba o hacia abajo) y/o en barrido (hacia adelante o hacia atrás) con relación a la porción interior. Típicamente, el elemento principal del ala comprende un larguero trasero que se une al larguero principal tubular de la aleta (típicamente por uno o más sujetadores tales como tornillos que pasan a través de los dos largueros); y un larguero frontal que se une al larguero frontal de la aleta (también por uno o más sujetadores, como tornillos que pasan a través de los dos largueros). El ala puede ser un ala fija (fijada a un fuselaje de aeronave) o un ala giratoria (para un helicóptero u otro giroavión).

Las tapas superior e inferior del larguero frontal pueden extenderse desde la parte posterior hacia el larguero principal. Sin embargo, un problema con tal disposición es que los revestimientos superior e inferior se deben formar con lengüetas para permitir que un ensamble de revestimiento de borde delantero se una a ellos. Por lo tanto, con mayor preferencia, la tapa superior del larguero frontal se extiende hacia delante alejándose del larguero principal y la tapa del inferior del larguero frontal se extiende hacia delante alejándose del larguero principal. Dichas tapas de larguero que se extienden hacia delante se prefieren, ya que permiten que el revestimiento del borde delantero se una directamente a las tapas de larguero sin tener que formar lengüetas en los revestimientos.

Los revestimientos pueden unirse a los largueros mediante sujetadores, pero con mayor preferencia se unen a los largueros mediante el cocurado, counión o unión secundaria. Un revestimiento de borde delantero puede unirse a las tapas superior e inferior del larguero frontal mediante sujetadores, o unirse mediante cocurado, counión o unión secundaria.

Un aspecto adicional de la invención proporciona un método para fabricar la aleta del primer aspecto, el método que comprende el cocurado conjunto del revestimiento superior con la tapa superior del larguero principal y la tapa superior del larguero frontal; y el cocurado conjunto del revestimiento inferior con la tapa inferior del larguero principal y la tapa inferior del larguero frontal.

Durante el proceso de cocurado, los refuerzos y las tapas del larguero principal se pueden compactar contra una primera pieza dentro del larguero principal. De manera similar, el revestimiento superior, el revestimiento inferior, el refuerzo delantero del larguero principal y el refuerzo del larguero frontal pueden compactarse contra una segunda pieza entre el larguero principal y el larguero frontal. De manera similar, el refuerzo del larguero frontal y las tapas superior e inferior del larguero frontal pueden compactarse contra una tercera pieza en el frente del refuerzo del larguero frontal. Las piezas pueden quitarse después del cocurado o pueden dejarse en el artículo terminado.

Opcionalmente, el larguero principal tubular comprende un larguero compuesto trenzado. El larguero compuesto trenzado puede comprender una pluralidad de capas tubulares de fibras trenzadas, cada capa comprende un primer conjunto de fibras que se enrollan en el sentido de las manecillas del reloj en una primera serie de giros con una separación entre cada par de giros adyacentes, y un segundo conjunto de fibras, las cuales se enrollan en el sentido contrario de las manecillas del reloj en una segunda serie de giros con una separación entre cada par de giros adyacentes, los conjuntos de fibras primero y segundo en cada capa se entrelazan para formar una estructura trenzada; en donde el larguero se extiende longitudinalmente desde el origen hasta una punta, el larguero tiene una porción de sección decreciente que se estrecha hacia dentro hacia la punta, cada capa tiene un perímetro en la porción de sección decreciente que se reduce a medida que se estrecha hacia dentro, y para al menos una de las capas los espaciados del primer y segundo conjunto de fibras aumentan a medida que la capa se estrecha hacia dentro en la porción de sección decreciente. Esto permite variar los ángulos de la fibra dentro del larguero sin una etapa de cambio en las capas y sin detener el proceso de formación.

Hay dos beneficios en aumentar la separación de la fibra (al aumentar las relaciones $S/\omega 1$ y $S/\omega 2$) en la dirección del estrechamiento hacia adentro y en reducir el perímetro. En primer lugar, provoca una reducción en el ángulo de la fibra, lo cual va más allá de lo que se crearía al enrollar las fibras sobre el mandril a una velocidad y espaciado

constantes (como en la técnica anterior). Esto permite adaptar las propiedades estructurales del larguero según sea necesario, por ejemplo, al proporcionar una mayor rigidez a la flexión en la punta que en el origen. Por ejemplo, el primer y el segundo conjunto de fibras pueden tener un ángulo de fibra que cambia en más de 10° o 15° en la porción de sección decreciente. Al mismo tiempo, contrarresta la tendencia del mandril que se estrecha a aumentar gradualmente el peso por área y el grosor de cada capa. Por lo tanto, cada capa puede tener un peso por área o grosor que no cambia en la porción de sección decreciente, o al menos no cambia en más del 10 % o 5 % dentro de la porción de sección decreciente. Típicamente, cada capa también tiene un peso por área o grosor que no cambian en más del 10 % o 5 % en toda la longitud del larguero o la preforma. El hecho de proporcionar un peso por área y/o grosor relativamente constante (a pesar de la forma de sección decreciente del larguero o la preforma) permite modelar y analizar el larguero más fácilmente mediante un diseño realizado por computadora.

La porción de sección decreciente del larguero principal tubular puede extenderse en toda su longitud desde su origen hasta su punta. Alternativamente, el larguero principal tubular tiene una parte interior (que puede no tener una sección decreciente) entre la porción de sección decreciente y el origen. Se pueden proporcionar uno o más orificios de sujeción en la porción interior. El larguero principal tubular puede tener una porción exterior (que puede no tener sección decreciente) entre la porción de sección decreciente y la punta.

Opcionalmente, el larguero principal tubular tiene una línea central que se extiende longitudinalmente desde un origen hasta una punta y al menos parte de la línea central sigue una trayectoria curva que no se encuentra en un solo plano.

Opcionalmente, el larguero principal tubular comprende una pluralidad de capas tubulares de fibras trenzadas, en donde el larguero principal tubular se extiende longitudinalmente desde un origen hasta una punta y tiene una porción de sección decreciente en la que cada capa tiene una altura que se reduce y un ancho que aumenta a medida que se extiende hacia la punta. En un larguero de trenzado convencional de perímetro variable el ángulo de la fibra, el grosor y el peso por área varían a medida que el perímetro varía. Esta forma especial tiene un beneficio particular ya que permite reducir la altura del larguero sin un gran cambio en el perímetro.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de la invención se describirán ahora con referencia a los dibujos acompañantes en los cuales:
la Figura 1a es una vista frontal de una aeronave;
la Figura 1b es una vista en planta de la aeronave;
la Figura 1c muestra una instalación de aleta en la punta del ala izquierda;
la Figura 2 es una vista isométrica de la barra del larguero principal de la aleta;
la Figura 3a es una vista frontal del larguero de la Figura 2;
la Figura 3b es una vista en planta del larguero de la Figura 2;
la Figura 3c es una vista lateral del larguero de la Figura 2;
la Figura 4a es una vista isométrica del larguero de la Figura 2 que denota puntos de referencia para vistas en sección;
la Figura 4b es una vista en sección del larguero de la Figura 4a en la sección A-A y B-B;
la Figura 4c es una vista en sección del larguero de la Figura 4a en la sección C-C;
la Figura 4d es una vista en sección del larguero de la Figura 4a en la sección D-D;
la Figura 5 es un diagrama esquemático de un aparato de trenzado;
la Figura 6 es una vista posterior del anillo de trenzado de carrete;
la Figura 7 es una vista esquemática del mandril que muestra el cambio en el espaciado de la fibra y el ángulo de la fibra en una capa de una preforma;
la Figura 8a muestra parte de la porción interior de una capa que contiene un solo giro;
la Figura 8b muestra parte de la porción exterior de una capa que contiene un solo giro;
la Figura 9 es una vista en sección que muestra una etapa de ensamble de un método de construcción monolítica;
la Figura 10 es una vista en sección que muestra una etapa de curado e infusión de un método de construcción monolítica;
la Figura 11 es una vista en sección de una aleta que sigue la etapa de curado de la figura 10 con las piezas inflables retiradas;
la Figura 12 es una vista en sección de una aleta curada mediante el uso de piezas de espuma;
la Figura 13a es una vista en sección que muestra una primera etapa en la fabricación del borde delantero de la aleta;
la Figura 13b es una vista en sección que muestra una segunda etapa en la fabricación del borde delantero de la aleta;
la Figura 14 es una vista en sección del borde delantero de la aleta de la Figura 13b con un revestimiento del borde delantero que se unen mediante sujetadores; y
la Figura 15 es una vista en sección de un borde delantero de aleta alternativo con un larguero frontal tubular.

Descripción detallada de la(s) realización(es)

Las Figuras 1a y 1b muestran una aeronave 1 con un fuselaje 2 que tiene un par de alas 3,4. La aeronave tiene un eje horizontal delantero/posterior (etiquetado como X) y un eje horizontal interior/exterior (etiquetado Y) que es normal al eje delantero/trasero. Cada ala tiene una aleta y en la Figura 1c se muestra la aleta 5 en la punta del ala izquierda 4. El ala izquierda 4 comprende un elemento principal del ala 6 con una punta 7, y una aleta 5 que se une a la punta. El elemento principal del ala 6 tiene un larguero frontal y uno trasero que se extienden a lo largo de su tramo completo

desde un origen cerca del fuselaje 2 hasta su punta 7. Solo los refuerzos 8,9 de estos largueros se muestran en la Figura 1, pero también tienen tapas de largueros que pueden apuntar hacia adentro (hacia el otro larguero) o hacia afuera. Un tanque de combustible se aloja en el elemento principal del ala 6 entre los refuerzos del larguero 8,9.

La aleta 5 tiene un larguero principal (trasero) 10 y un larguero frontal 11. El larguero principal 10 se extiende desde un origen 10a hasta una punta 10b que no llega hasta la punta 5a de la aleta 5, por lo que no se extiende a lo largo de todo el tramo de la aleta. El larguero frontal 11 se extiende a lo largo de todo el tramo de la aleta desde un origen 11a hasta una punta 11b. El larguero frontal tiene forma de C con un refuerzo de larguero frontal 16, una tapa superior de larguero frontal dirigida hacia adelante 17, y una tapa inferior de larguero frontal dirigida hacia adelante 18.

Como se muestra en la Figura 2, el larguero principal 10 de la aleta es tubular (es decir, que forma una sección transversal cerrada) con refuerzos delantero y posterior 12,13 del larguero principal unidos por tapas superior e inferior 14,15 del larguero principal. Como se muestra en la Figura 1c, un revestimiento superior 19 de la aleta se une a la tapa superior del larguero principal 14 y la tapa superior 17 del larguero frontal, y un revestimiento inferior 20 de la aleta está unido a la tapa inferior 15 del larguero principal y a la tapa inferior 18 del larguero frontal.

Los largueros de la aleta 10,11 tienen porciones interiores que se superponen con y se unen a los refuerzos 8,9 de los largueros en el elemento principal del ala 6. El refuerzo posterior 13 del larguero principal 10 de la aleta se une al refuerzo 9 mediante sujetadores 21, tales como tornillos o remaches que pasan a través de orificios formados en los dos refuerzos. De manera similar, el refuerzo 16 del larguero frontal 11 de la aleta se une al refuerzo 8 también mediante sujetadores 21, tales como tornillos o remaches que pasan a través de orificios perforados en los dos refuerzos.

La aleta 6 tiene tres refuerzos de larguero 12,13,16 (a diferencia de la aleta descrita en el documento US 2012/0112005 A1 que tiene solo dos) pero no tiene refuerzos transversales que vayan longitudinalmente y que conecten los revestimientos superior e inferior (a diferencia de la aleta descrita en US 2012/0112005 A1 que tiene una cantidad de tales nervaduras transversales). La estructura tubular cerrada del larguero principal 10 permite que la aleta maneje las cargas de flexión de manera más eficiente y significa que no se requieren nervaduras transversales. Mientras que el larguero principal 10 maneja las cargas de flexión, el larguero frontal 11 evita que la aleta se doble indebidamente.

La geometría compleja del larguero principal 10 se muestra en detalle en las Figuras 2-4. El larguero 10 se extiende longitudinalmente desde un origen 10a hasta una punta 10b. Tiene una porción central de sección decreciente 25 que se estrecha hacia dentro hacia la punta 10b, una porción interior de sección no decreciente 26 entre la porción de sección decreciente y el origen, y una porción exterior de sección no decreciente 27 entre la porción de sección decreciente y la punta. El refuerzo posterior de la parte interior 26 está perforado con orificios de sujeción 22 para recibir los sujetadores 21.

El larguero tiene una línea central 28 mostrada en líneas discontinuas en las Figuras 3a-c, que se extiende longitudinalmente desde el origen hasta la punta, que pasa a través del centro geométrico del larguero en cada sección a lo largo de su longitud. La línea central 28 es recta en las partes interior y exterior del larguero, pero sigue una trayectoria curva en la parte central de sección decreciente 25. Esta trayectoria curva está doblemente curvada, por lo que no se encuentra en un solo plano y aparece curvada en las dos direcciones de las vistas ortogonales de las Figuras 3a y 3b.

La Figura 3a es una vista frontal del larguero principal 10, visto desde el frente en una dirección paralela al eje delantero-posterior (X) de la aeronave. El ángulo de inclinación de las distintas partes se puede ver en las Figuras 1a y 3a. En la Figura 1a se puede ver que el ángulo de inclinación o anhedral del elemento principal del ala (incluidos sus largueros) es bastante pequeño (del orden de los 10°) y el ángulo de inclinación o anhedral de la línea central 28 del larguero principal 10 de la aleta aumenta continuamente a lo largo de la trayectoria curva en aproximadamente 50°, como se muestra en la Figura 3a.

La Figura 3b es una vista en planta de la aleta, vista verticalmente desde arriba (como la Figura 1b) paralela a un eje Z vertical que se muestra en la Figura 1a. La dirección de visualización de la Figura 3b es ortogonal a la dirección de visualización de la Figura 3a. El ángulo de barrido de las distintas partes se puede ver en las Figuras 1a y 3a. En la Figura 1a puede verse que el ángulo de barrido del elemento principal del ala (incluidos sus largueros) es bastante pequeño, mientras que el ángulo de barrido de la línea central 28 del larguero principal 10 de la aleta aumenta continuamente a lo largo de la trayectoria curva en aproximadamente 15°, como se muestra en la Figura 3b.

Como se muestra en las Figuras 4a-d, la porción de sección decreciente 25 del larguero principal 10 de la aleta tiene un perímetro y una altura que se reducen continuamente a lo largo de su longitud. Por lo tanto, el perímetro del larguero en la sección B-B en la parte interior 26 (Figura 4b) es mayor que en la sección C-C en la porción de sección decreciente 25 (Figura 4c) que a su vez es mayor que en la sección D-D en la parte externa 27 (Figura 4d). De manera similar, la altura del larguero (y de los refuerzos del larguero) en la sección B-B (altura H1) es mayor que en la sección C-C (altura H2), que a su vez es mayor que en la sección D-D (altura H3). Por otro lado, el ancho longitudinal de la porción de sección decreciente del larguero (y el ancho de las tapas de larguero) aumenta a medida que se extiende

hacia la punta del larguero. Por lo tanto, el ancho del larguero en la sección B-B (ancho W1) es menor que en la sección C-C (ancho W2), que a su vez es menor que en la sección D-D (ancho W3).

El larguero principal 10 de la aleta comprende una pluralidad de capas tubulares de fibras trenzadas. El aparato de trenzado que se muestra en las Figuras 5 y 6 produce una preforma trenzada de fibra seca para el larguero principal 10. El aparato comprende un anillo de trenzado 30 de carrete, un anillo de trenzado 31 y un mandril 32. Tenga en cuenta que el mandril solo se muestra en forma esquemática en la Figura 5 y en la práctica tendrá una forma contorneada compleja, según se requiera para formar la línea de molde interior del larguero 10.

El anillo de trenzado 30 de carrete tiene un primer conjunto de carretes 35 mostrado por círculos blancos en la Figura 6, y un segundo conjunto de carretes 36 mostrado por círculos negros. Cada carrete lleva cables de fibra que pueden desenrollarse desde el carrete a través del anillo de trenzado 31 hasta un punto de formación de la trenza en el mandril 32. Así, como se muestra en la Figura 6, el primer conjunto de carretes 35 proporciona un primer conjunto de cables 37 sobre el mandril y el segundo conjunto de carretes 36 proporciona un segundo conjunto de cables 38 sobre el mandril. El primer conjunto de carretes se gira en el sentido de las manecillas del reloj, alrededor de un eje de enrollamiento del anillo de trenzado de carrete a una velocidad de rotación de ω1 revoluciones por segundo y, de manera similar, el segundo conjunto de carretes se gira en el sentido contrario de las manecillas del reloj alrededor del mismo eje de enrollamiento a una velocidad de rotación de ω2 revoluciones por segundo (que normalmente es lo mismo que ω1). A medida que giran alrededor del eje de enrollamiento, los carretes también siguen un movimiento en forma de S 39, de manera que entran y salen de los otros carretes.

Mientras tanto, el mandril se atraviesa en línea recta a una velocidad S, a lo largo del eje de enrollamiento, de modo que los conjuntos primero y segundo de cables 37,38 se enrollan en el mandril 32 y se entrelazan para formar una capa 39 con una estructura trenzada que se muestra en la Figura 5. Luego se repite el proceso (con el mandril moviéndose en avances y retrocesos en direcciones opuestas) para producir una preforma con una pluralidad de capas trenzadas tubulares formadas una encima de la otra.

La Figura 7 es una vista lateral esquemática del mandril 32 y el primer conjunto de cables de una sola capa formada en el mandril. Como en la Figura 5, la forma del mandril 32 es esquemática y se ha simplificado en relación con el larguero de la Figura 1. El primer conjunto de cables se enrolla en el sentido de las manecillas del reloj en una serie de giros con un espaciado P1, P2 entre cada par de giros adyacentes. Cada cable tiene un ángulo de fibra θ1, θ2 en relación con el eje de enrollamiento.

A medida que el cable se enrolla en el mandril de izquierda a derecha en la vista de la Figura 7, el espaciado aumenta y el ángulo de la fibra disminuye automáticamente debido a la reducción del perímetro del mandril en la porción de sección decreciente. La velocidad de recorrido S del mandril varía continuamente de S1 a S2 a medida que el cable se enrolla en la porción de sección decreciente del mandril. La separación y el ángulo de la fibra están relacionados tanto con la relación S/ω1 como con el perímetro del mandril, por lo que este cambio de velocidad S hace que el espaciado aumente y el ángulo de la fibra disminuya en mayor grado que si S/ω1 permaneciera constante. Si el cable se enrolla en el mandril de izquierda a derecha en la vista de la Figura 7 (en la dirección del perímetro decreciente), la relación aumenta con el tiempo durante el enrollamiento y si el cable se enrolla en el mandril de derecha a izquierda en la vista de la Figura 7 (en la dirección del perímetro creciente), la relación disminuye con el tiempo durante el enrollamiento.

La separación del cable varía continuamente de P1 en la porción interior a P2 en la porción exterior y, de manera similar, el ángulo de la fibra varía continuamente de θ1 en la porción interior a θ2 en la porción exterior. En un ejemplo, θ1 es +/-45° y θ2 es +/-25°, por lo que el ángulo de la fibra cambia en 20° en la porción de sección decreciente.

La capa trenzada tiene un grosor y un peso por área, los cuales se relacionan con el espaciado y el ángulo de las fibras. La relación entre estos parámetros se ilustra esquemáticamente en las Figuras 8a y 8b. La Figura 8a muestra parte de la porción interior de una capa que se ha cortado y desplegado para formar un panel rectangular plano con un perímetro C1 y una longitud P1. Este panel contiene una sola vuelta de un cable de fibras con una longitud L1 y un ángulo de fibra θ1 de aproximadamente 45°. El peso por área y el grosor del panel son proporcionales a L1/(P1*C1). La Figura 8b muestra parte de la porción exterior de una capa que se ha cortado y desplegado para quedar plana para formar un panel rectangular plano con un perímetro C2 y una longitud P2 (donde P1<P2 y C1>C2). Este panel contiene una sola vuelta de un cable de fibras con una longitud L2 y un ángulo de fibra θ2 de aproximadamente 25°. El peso por área y el grosor del panel son proporcionales a L2/(P2*C2). Con el fin de lograr un peso por área y grosor constantes para cada capa, la velocidad de alimentación del mandril S se controla durante el enrollamiento, de modo que L1/(P1*C1) = L2/(P2*C2). La velocidad de alimentación del mandril S es inversamente proporcional al perímetro C.

De este modo, se logra una variación continua del ángulo de la fibra mediante una dirección gradual de las fibras en la dirección deseada, mediante variaciones en la geometría del mandril y la velocidad de alimentación del mandril. La velocidad de alimentación del mandril se controla para producir una capa que tiene un grosor y peso por área constantes a lo largo de la longitud de la preforma. El ángulo de la fibra disminuye gradualmente de +/-45° en la porción interior 26 a +/-25° en la porción exterior 27. Como resultado, la porción exterior tiene una mayor rigidez a la flexión

que la porción interior, la rigidez a la flexión es más importante en la punta del larguero que en el origen del larguero. A la inversa, la porción interior tiene una mayor rigidez en torsión y resistencia al agrietamiento cerca de los orificios de los sujetadores, estas propiedades son más importantes en el origen que en la punta porque no hay sujetadores en la punta.

La preforma descrita anteriormente se forma con solo dos conjuntos de fibras en cada capa (en otras palabras, está formada por un trenzado biaxial). Sin embargo, las fibras axiales que se extienden a lo largo de la preforma pueden introducirse para formar una trenza triaxial.

Las Figuras 9-11 muestran un método para fabricar la aleta 5. En la primera etapa que se muestra en la Figura 9 las preformas del revestimiento superior e inferior 19a, 20a se ensamblan con las preformas de larguero 10a, 11a y las preformas de refuerzo 40a. Las preformas 19a, 20a, 10a, 11a, 40a están hechas de fibras secas sin matriz. La preforma de larguero tubular 10a se forma mediante el uso del aparato y el proceso descritos anteriormente en relación con las Figuras 5 y 6. En la siguiente etapa que se muestra en la Figura 10 las piezas inflables 41-43 se insertan como se muestra, la estructura se coloca en una cavidad del molde entre las piezas de molde superior e inferior (no se muestran) y se inyecta resina epoxi líquida en la cavidad del molde para infundir e impregnar las preformas de fibra seca para producir los largueros compuestos 10,11, los revestimientos 19,20 y los refuerzos 40. Luego se aplica presión 44 desde el exterior de la aleta por medio de las piezas de molde, las piezas inflables 41-43 se inflan para aplicar presión desde el interior de la aleta y el ensamble se calienta a medida que se aplica la presión 44 para curar la resina en varias partes compuestas, así como también cocurar conjuntamente los revestimientos con las tapas del larguero y los refuerzos.

Durante el proceso de curado que se muestra en la Figura 10, los refuerzos y las tapas del larguero principal 10 se compactan contra una pieza inflada 42 dentro del larguero principal 10. De manera similar, el revestimiento superior, el revestimiento inferior, la parte delantera del refuerzo del larguero principal y el refuerzo del larguero frontal se compactan contra una pieza inflada 43 entre el larguero principal 10 y el larguero frontal. De manera similar, las partes posteriores de los revestimientos se compactan contra una pieza inflada 41 posterior al larguero principal 10. Después del curado, las piezas inflables 41-43 se desinflan y se retiran del origen de la aleta, y la estructura curada queda como se muestra en la Figura 11.

Alternativamente, las piezas inflables y removibles que se muestran en la Figura 10 pueden reemplazarse por las piezas de curado de espuma 50 que se muestran en la Figura 12. Estas piezas de espuma pueden dejarse dentro del artículo terminado en lugar de retirarse.

Las Figuras 13a y 13b muestran dos etapas en la fabricación del larguero frontal 11. Primero se forma una preforma 11b de larguero frontal tubular (mediante el trenzado o cualquier otro método, como el tendido de cintas o la colocación de fibra). La preforma de larguero frontal tubular 11b tiene refuerzos delantero y posterior 16,51 unidos por tapas superior e inferior del larguero frontal. La preforma de larguero frontal tubular 11b está equipada con una pieza inflable 52 y luego se infunde y se cura junto con las otras partes de la aleta en el proceso que se muestra en la Figura 10 o la 12. Durante este proceso de curado, ambos refuerzos 16,51 y ambas tapas del larguero frontal tubular se compactan contra la pieza inflada 52. Una vez que se completa el curado, la mitad frontal 53 del larguero frontal tubular se corta como se muestra en la Figura 13b y se retira junto con la pieza desinflada 52, y se deja el larguero frontal 11 con forma de C como se muestra.

Finalmente, un revestimiento de borde delantero se une a las tapas superior e inferior del larguero mediante sujetadores, como se muestra en la Figura 14. El revestimiento del borde delantero comprende un panel de revestimiento del borde delantero superior 60 que se une en su borde posterior a la tapa del larguero superior 17 mediante sujetadores 65, un panel de revestimiento del borde delantero inferior 61 que se une en su borde posterior a la tapa inferior 18 del larguero mediante sujetadores 66; y un panel de revestimiento curvado en forma de D 62 que conecta los paneles de revestimiento superior e inferior. Los paneles de revestimiento 60-62 pueden ser partes separadas o pueden formarse juntos como una única pieza integral. Los paneles de revestimiento superior e inferior 60,61 se encuentran al ras con los revestimientos superior e inferior 19,20.

Alternativamente, el revestimiento del borde delantero se puede cocurar conjuntamente con las tapas superior e inferior del larguero sin los sujetadores, como se muestra en la Figura 15. Se proporciona una quinta pieza inflable 70 como se muestra, y durante el proceso de curado la parte delantera del revestimiento del borde delantero 60-62 se compacta y se cura contra esta pieza 70. Las partes posteriores de los paneles de revestimiento de borde delantero 60,61 se compactan contra las tapas superior e inferior del larguero frontal tubular con las que se cocuran conjuntamente. Las piezas 52,70 se retiran, pero la mitad frontal del larguero frontal tubular no se corta. En el caso de la Figura 15, los largueros principal y frontal de la aleta son tubulares en el artículo terminado.

Aunque la invención se ha descrito más arriba con referencia a una o más realizaciones preferidas, se apreciará que puedan realizarse numerosos cambios o modificaciones sin apartarse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una aleta (5) que comprende un larguero principal (10) con refuerzos delanteros y posteriores (12,13) de larguero principal que se unen por tapas superior e inferior (14,15) de larguero principal; un larguero frontal (11) con un refuerzo de larguero frontal (16), una tapa superior (17) de larguero frontal y una tapa inferior (18) de larguero frontal; un revestimiento superior (19) que se une a la tapa superior del larguero principal y la tapa superior del larguero frontal; y un revestimiento inferior (20) que se une a la tapa inferior del larguero principal y la tapa inferior del larguero frontal, caracterizada porque el larguero principal (10) es tubular y tiene una porción de sección decreciente (25) en la que se reduce la altura del larguero principal y se aumenta el ancho longitudinal del larguero principal a medida que se extiende hacia una punta (10b) del larguero principal y en donde el larguero frontal tiene forma de C con las tapas superior e inferior (17, 18) del larguero frontal que se terminan en los bordes delanteros.

2. La aleta de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la tapa superior (17) del larguero frontal se extiende hacia delante y se aleja del larguero principal, y la tapa inferior (18) del larguero frontal se extiende hacia delante y se aleja del larguero principal.

3. La aleta de cualquier reivindicación anterior, en donde el larguero principal comprende una pluralidad de capas tubulares de fibras trenzadas que se impregnan con una matriz.

4. La aleta de cualquier reivindicación anterior, en donde el revestimiento superior se une a la tapa superior del larguero principal y a la tapa superior del larguero frontal; y el revestimiento inferior se une a la tapa inferior del larguero principal y a la tapa inferior del larguero frontal.

5. La aleta de cualquier reivindicación anterior, que comprende además un revestimiento de borde delantero (60-62) que se une a las tapas superior e inferior del larguero frontal.

6. La aleta de cualquier reivindicación anterior, en donde el revestimiento del borde delantero se une a las tapas superior e inferior del larguero frontal.

7. Un ala de aeronave que comprende un elemento principal del ala (6) con una punta; y una aleta, de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que se une a la punta del elemento principal del ala.

8. Un método para fabricar la aleta de acuerdo con la reivindicación 1, el método que comprende el cocurado conjunto del revestimiento superior (19) con la tapa superior del larguero principal y la tapa superior del larguero frontal; y el cocurado conjunto del revestimiento inferior (20) con la tapa inferior del larguero principal y la tapa inferior del larguero frontal.

9. El método de la reivindicación 8, que comprende además durante el cocurado: compactar los refuerzos y las tapas del larguero principal contra una primera pieza (42) dentro del larguero principal; compactar el revestimiento superior, el revestimiento inferior, el refuerzo delantero del larguero principal y el refuerzo del larguero frontal contra una segunda pieza (43) entre el larguero principal y el larguero frontal; y compactar el refuerzo del larguero frontal y las tapas superior e inferior del larguero frontal contra una tercera pieza (52) en el frente del refuerzo del larguero frontal.

10. El método de la reivindicación 8 o 9, que comprende además unir un revestimiento de borde delantero (60-62) a las tapas superior e inferior del larguero frontal.

11. El método de la reivindicación 10, en donde el revestimiento del borde delantero se cura conjuntamente con las tapas superior e inferior del larguero frontal.

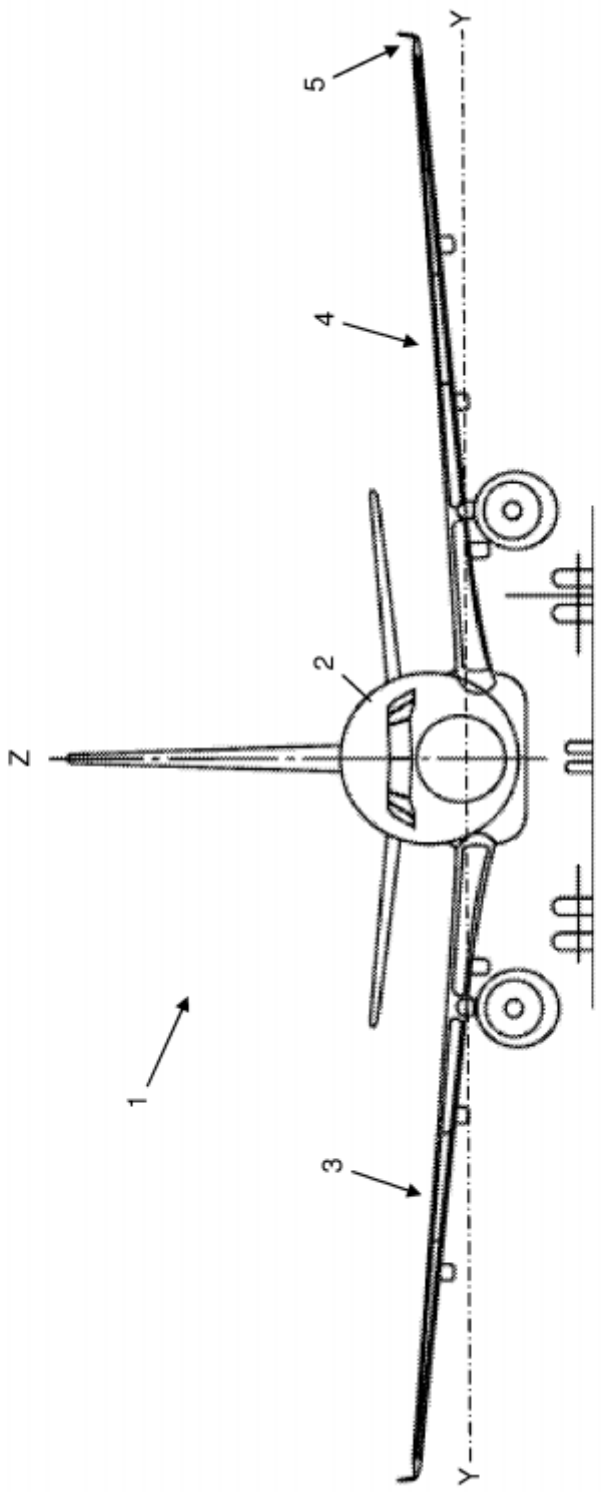


FIGURA 1a

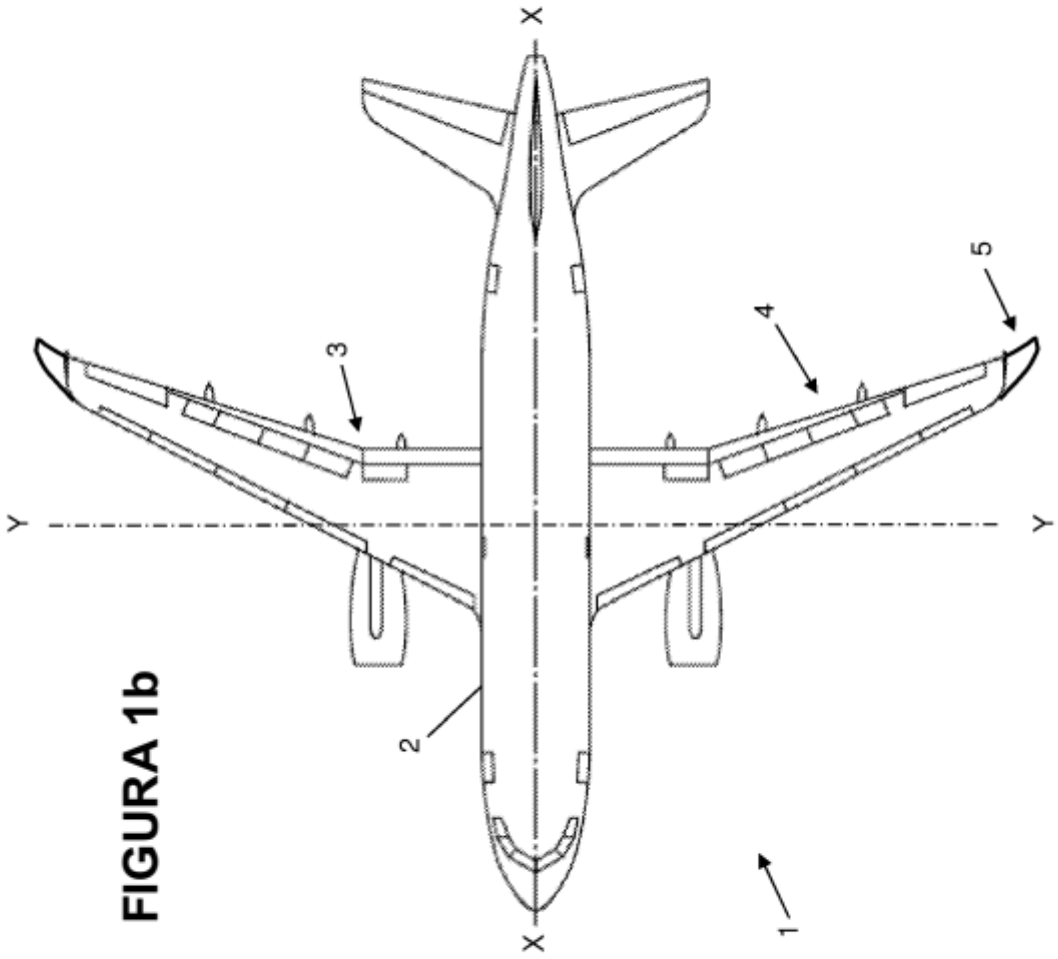


FIGURA 1b

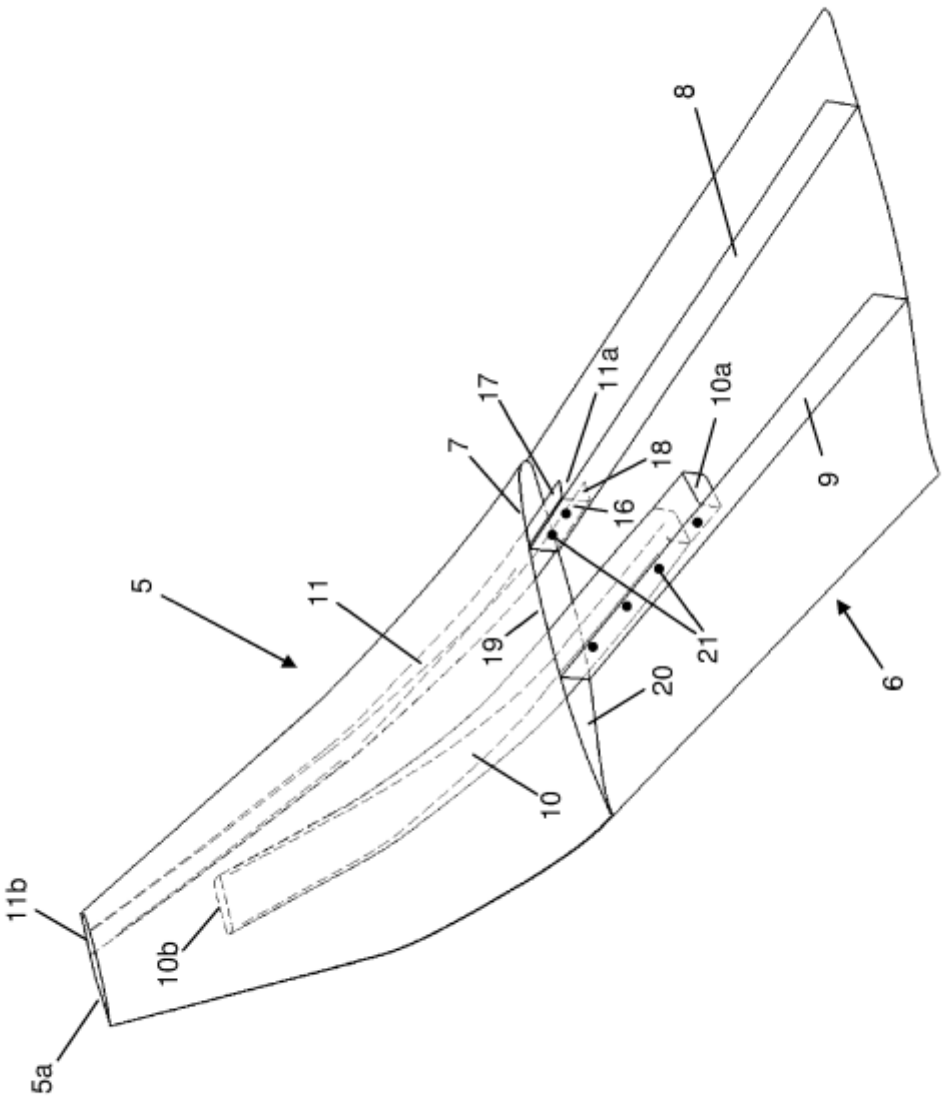


FIGURA 1c

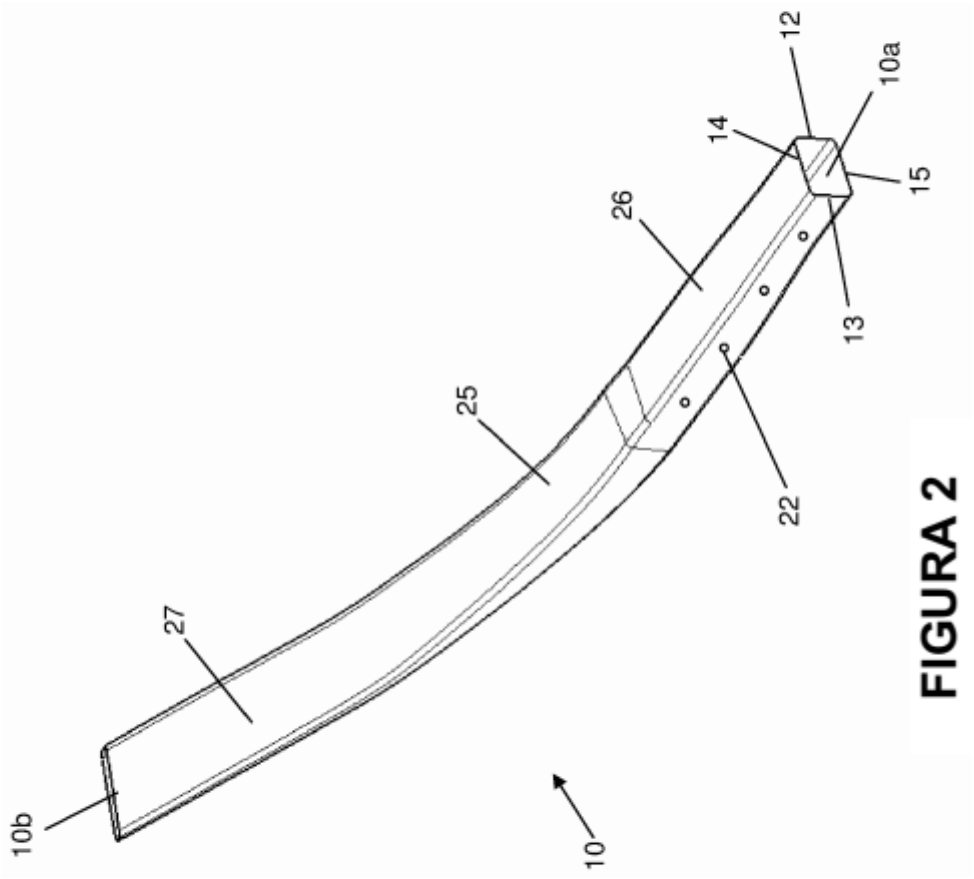


FIGURA 2

FIGURA 3c

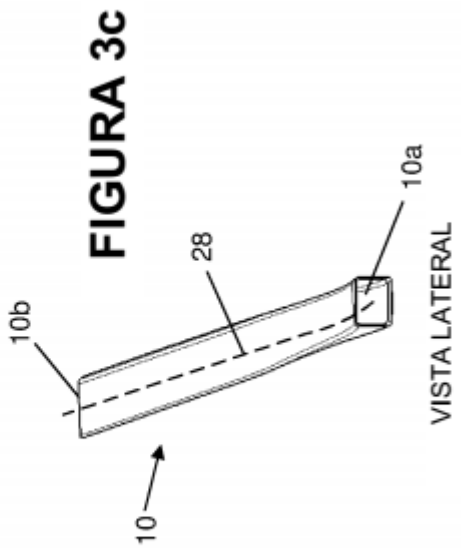


FIGURA 3a

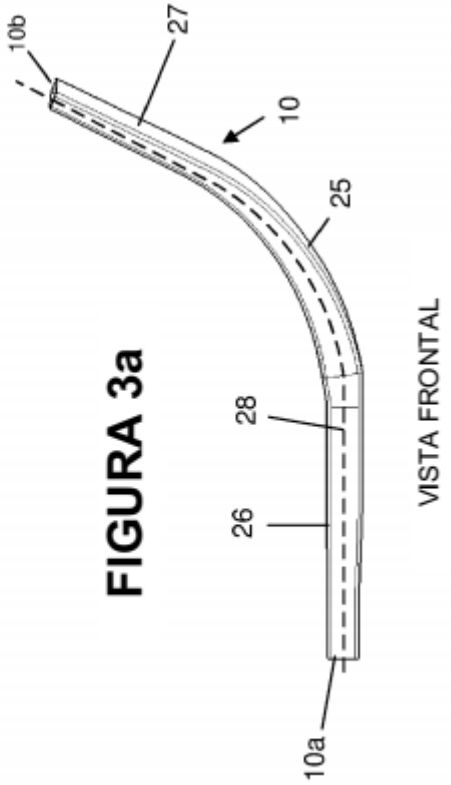


FIGURA 3b

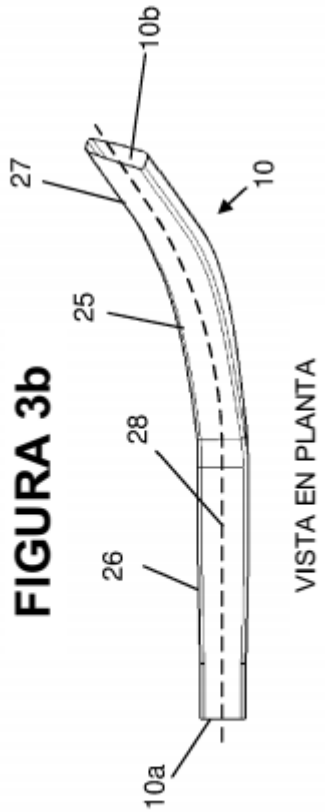


FIGURA 4b

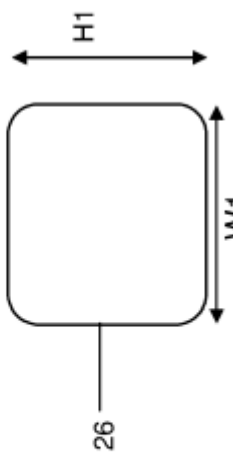


FIGURA 4c

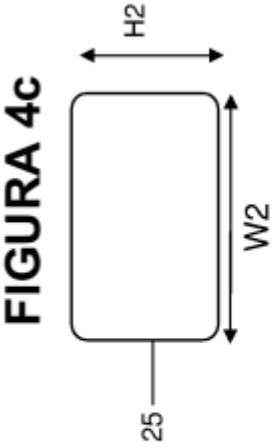


FIGURA 4d

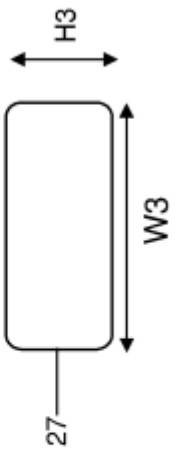
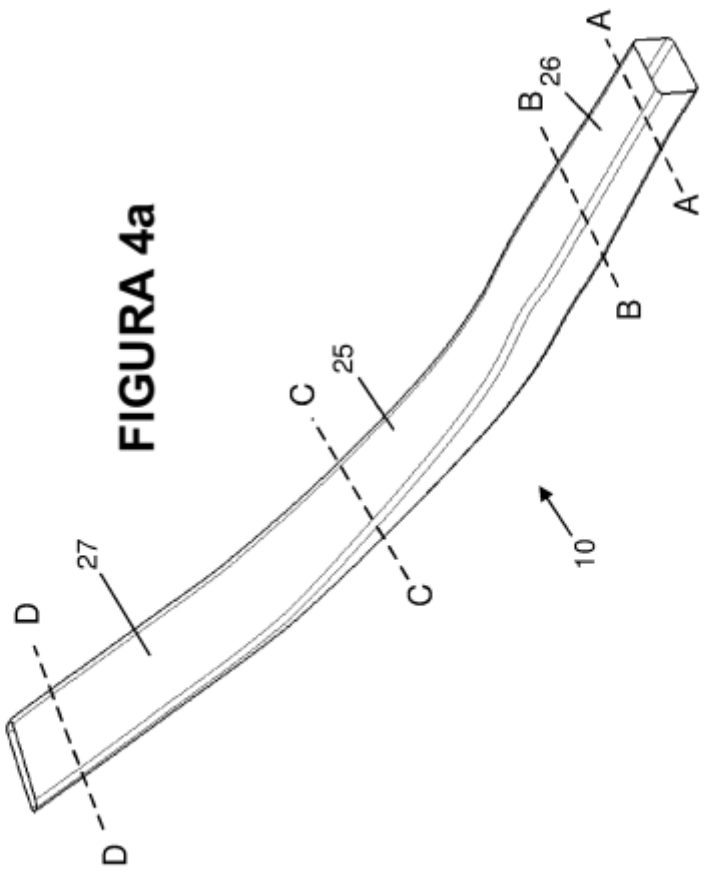


FIGURA 4a



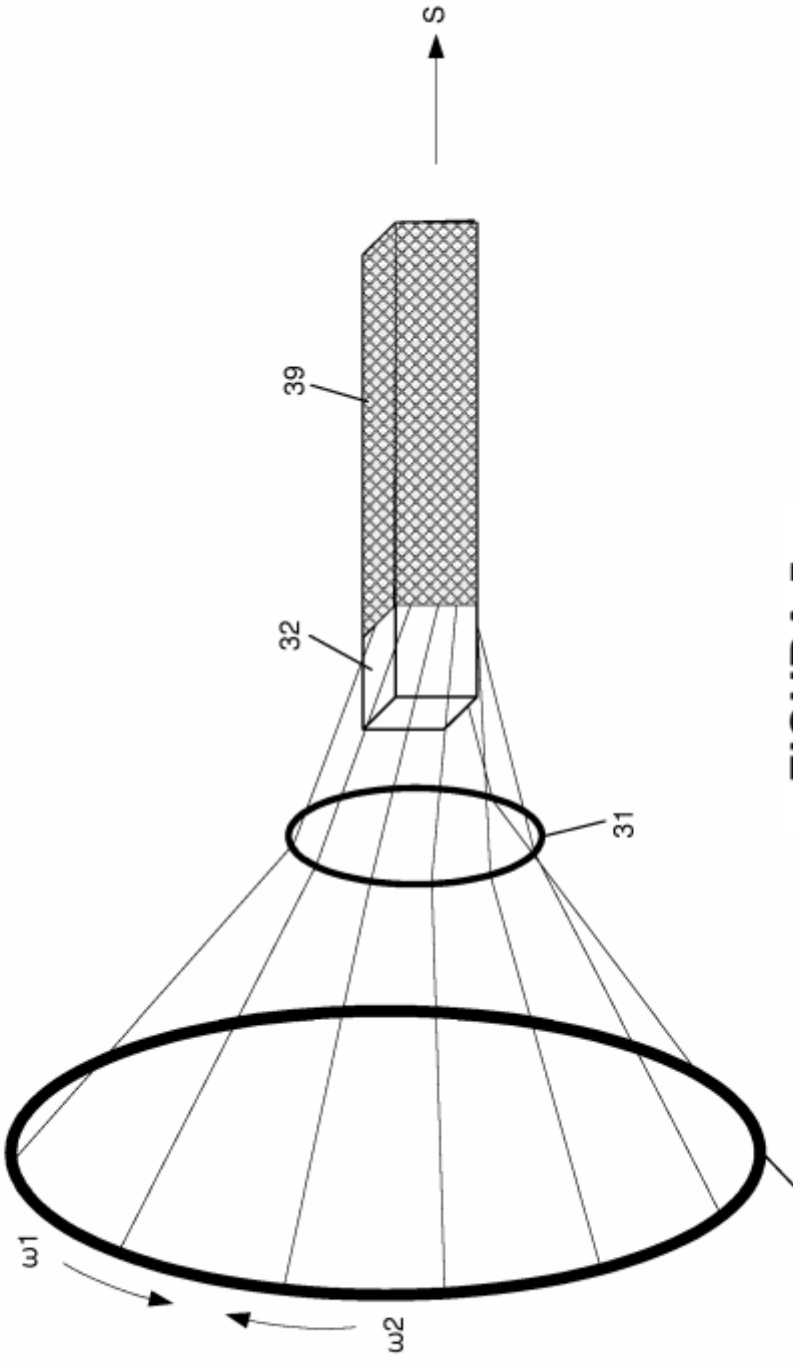


FIGURA 5

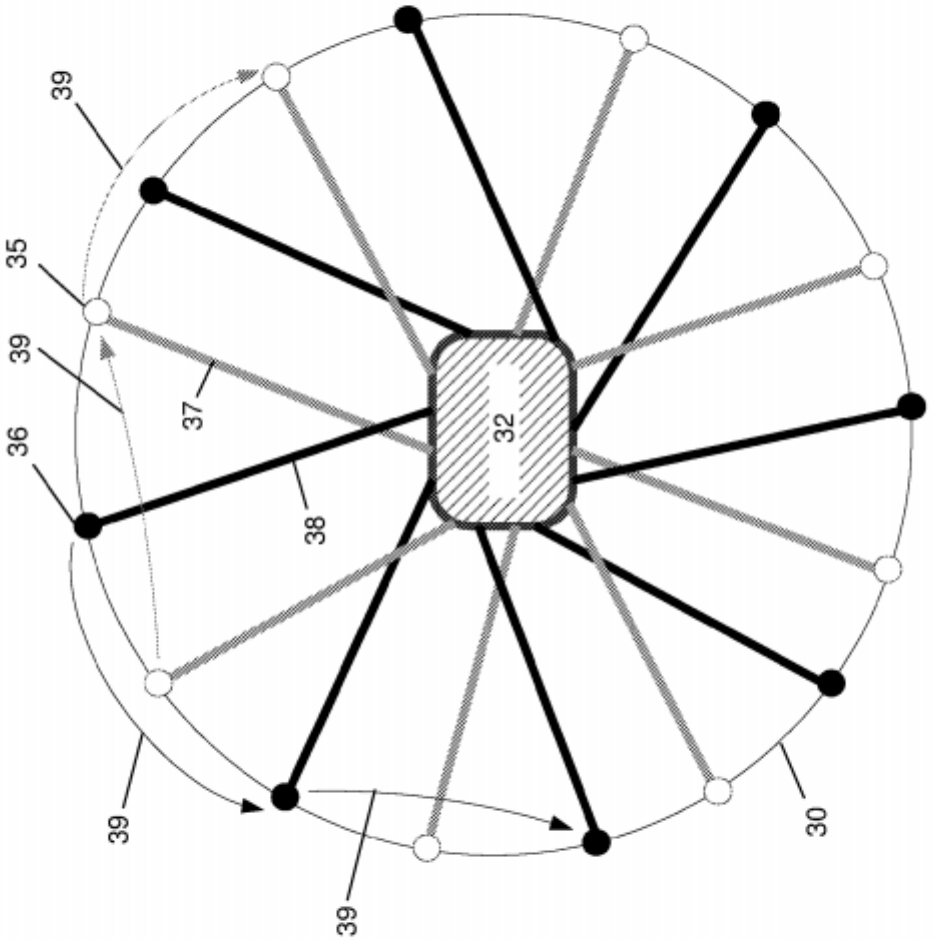


FIGURA 6

FIGURA 7

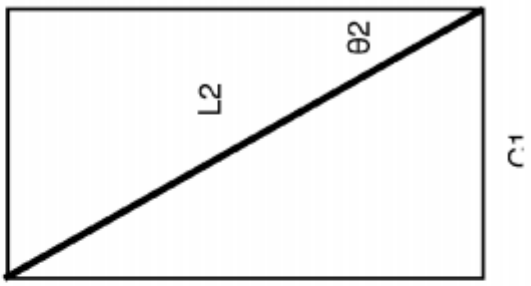


FIGURA 8B

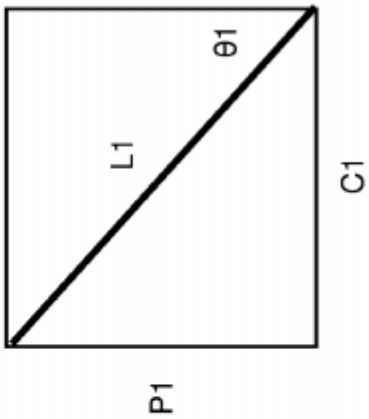


FIGURA 8a

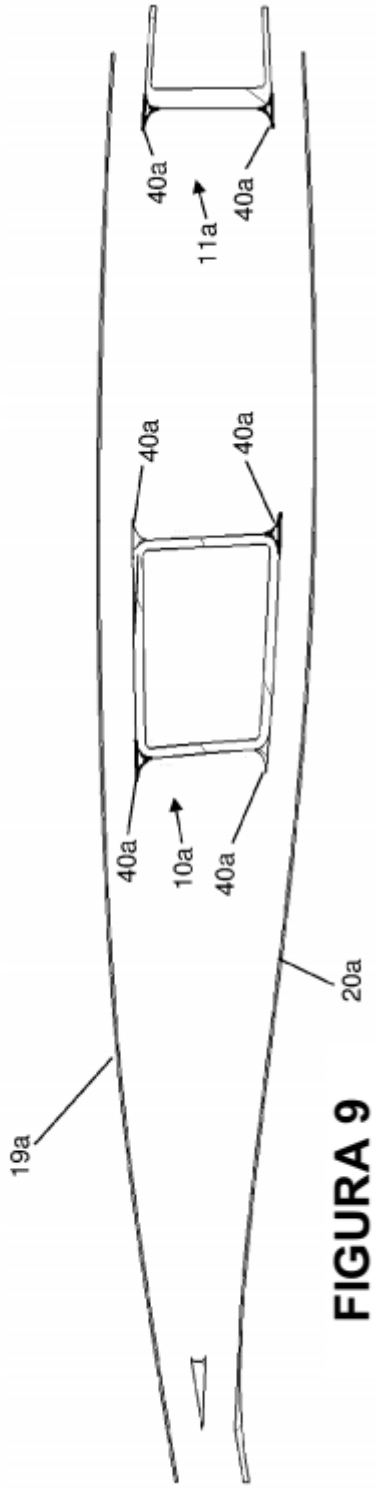


FIGURA 9

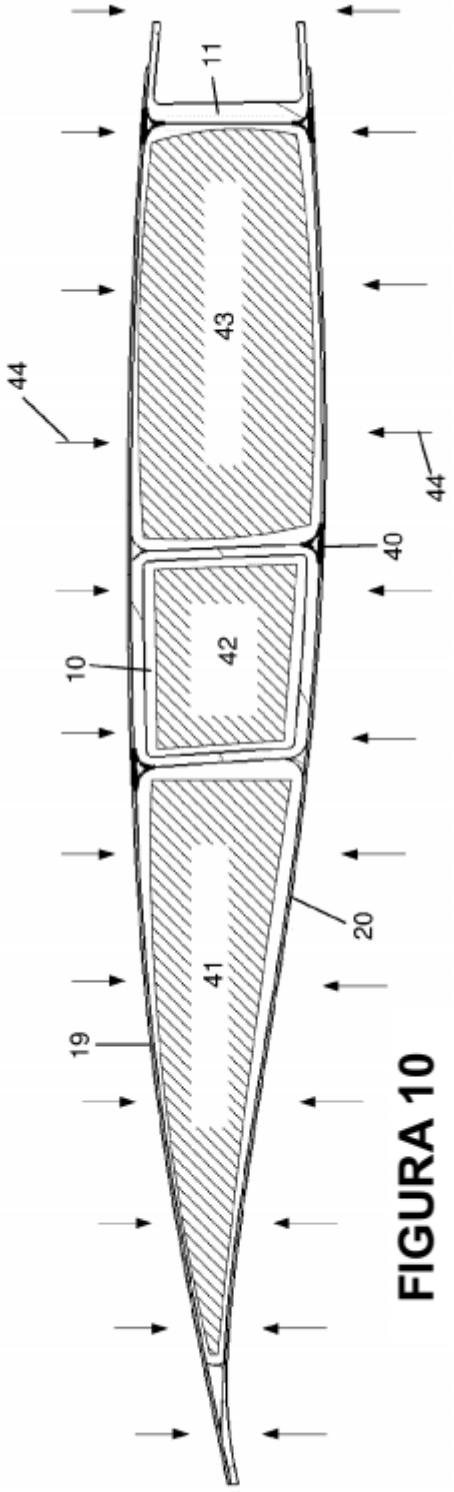


FIGURA 10

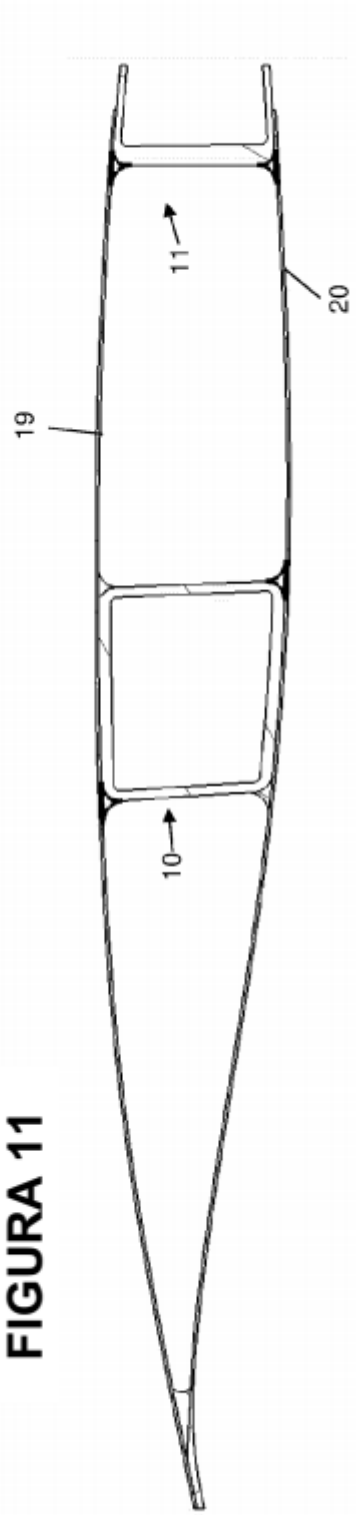


FIGURA 11

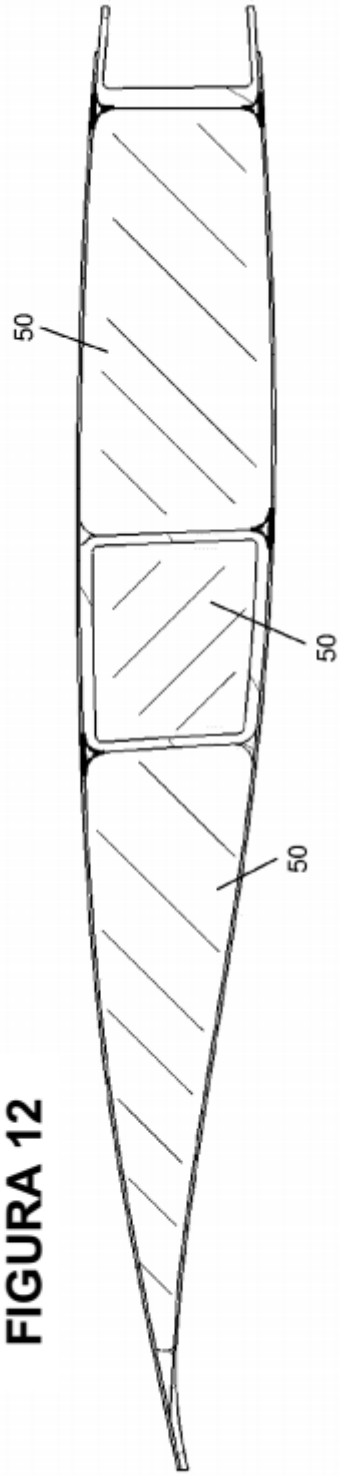


FIGURA 12

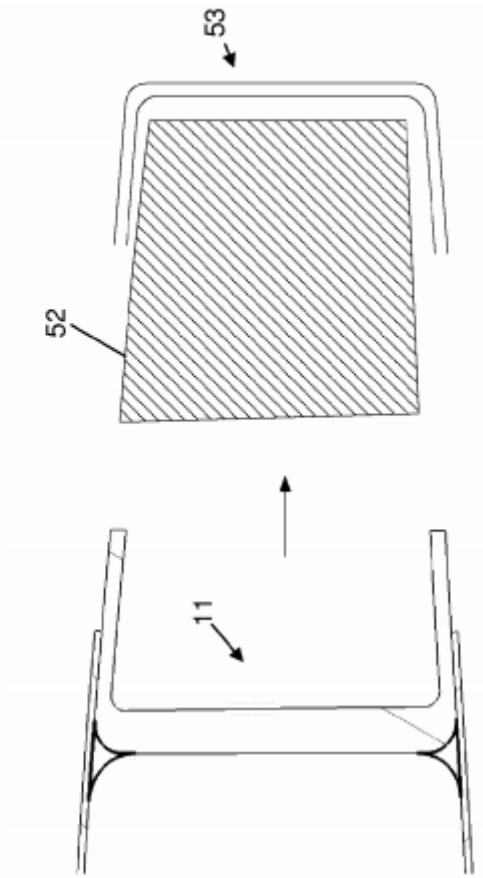


FIGURA 13b

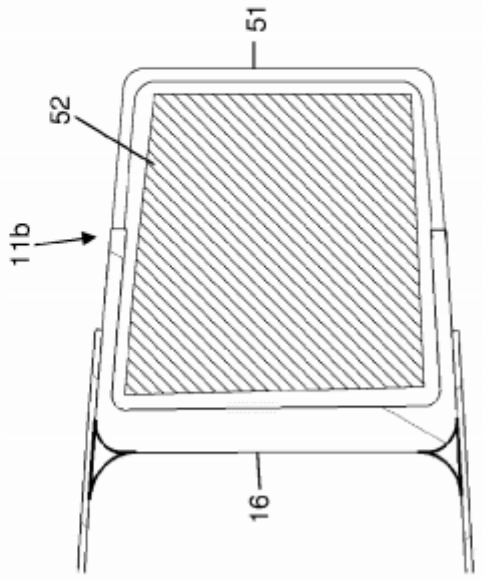


FIGURA 13a

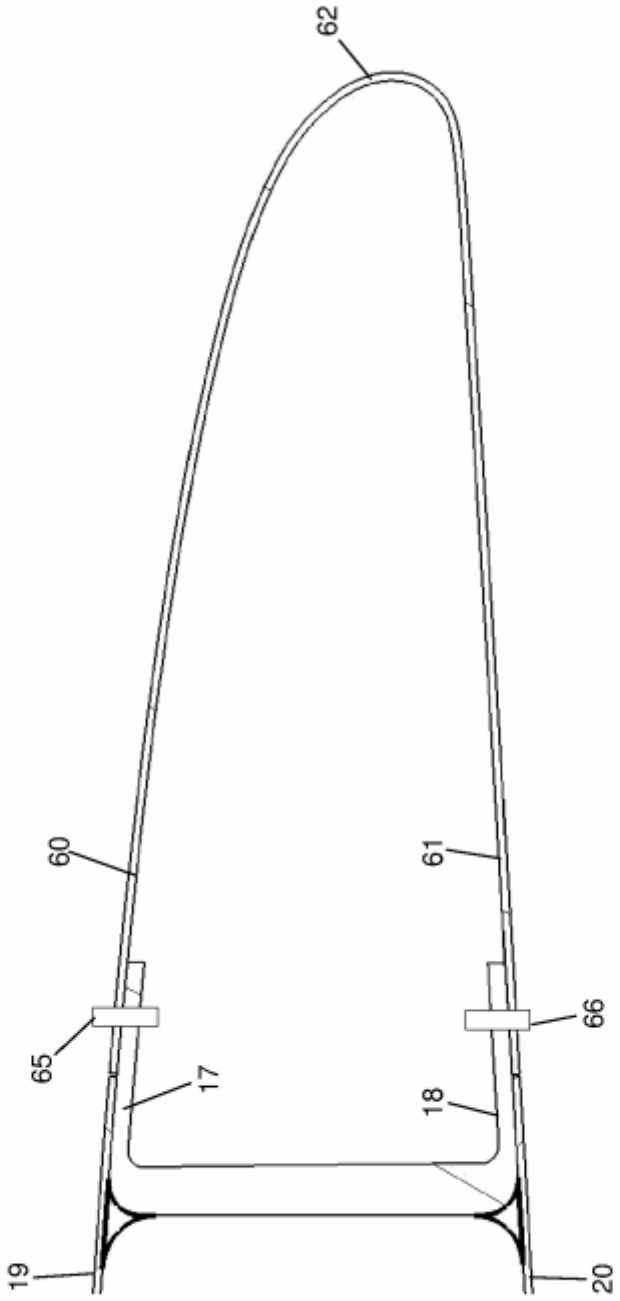


FIGURA 14

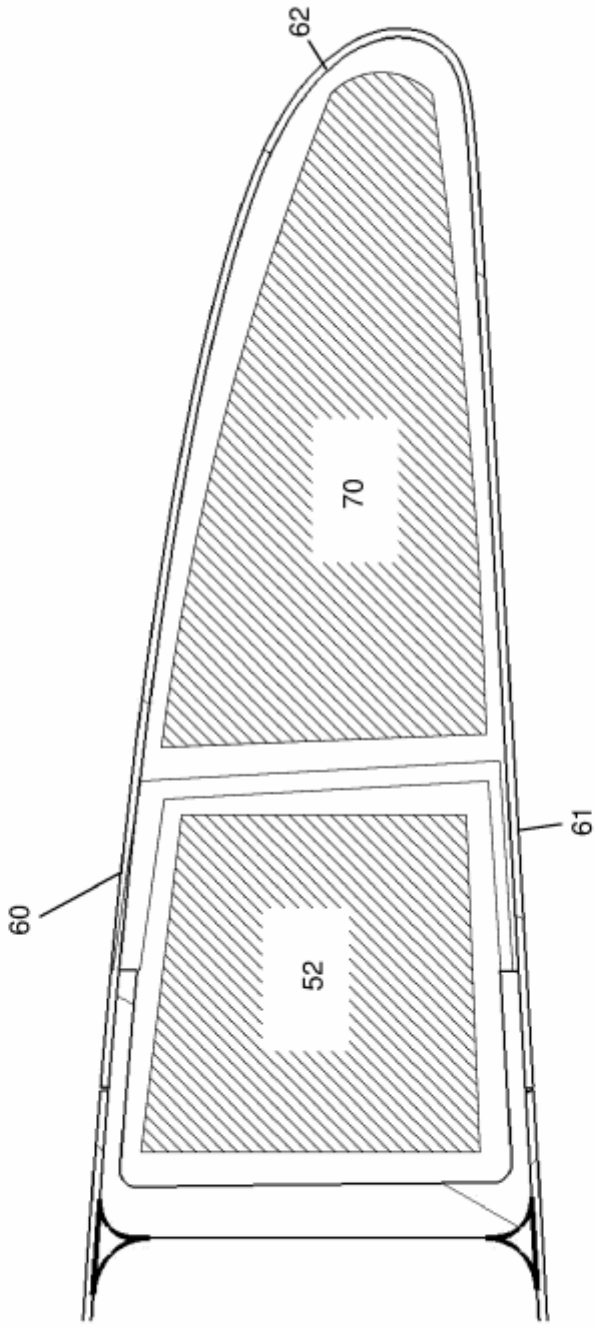


FIGURA 15