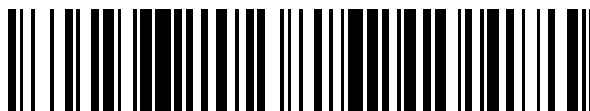


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 678 083**

51 Int. Cl.:

B64C 1/26 (2006.01)

B64C 1/10 (2006.01)

B64C 1/00 (2006.01)

B64C 1/06 (2006.01)

B64C 3/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2014** **E 14179757 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018** **EP 2835310**

54 Título: **Unión de lado de fuselaje de una aeronave**

30 Prioridad:

09.08.2013 US 201313962974

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

08.08.2018

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**HASAN, ZEAID FOUAD;
STULC, JEFFREY F.;
PRATT, PHILIP ROGER;
BACKLUND JR, JAMES A.;
ELLERBECK, NICKOLAS SCOTT y
DEOBALD, LYLE RAY**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 678 083 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

Unión de lado de fuselaje de una aeronave

Antecedentes

5 Un ensamblaje de ala de una aeronave puede incluir una caja de ala central y unas alas que están montadas en voladizo desde unos lados de la caja de ala central. La caja de ala central soporta las cargas de flexión que son aplicadas por cada ala durante el vuelo.

Una "unión de lado de fuselaje" se refiere a aquella porción en la que un ala se une a la caja de ala central. Una unión de lado de fuselaje típica proporciona un empalme en el sentido de la cuerda del ala a la caja de ala central, y esta proporciona una fijación primaria del ala al fuselaje de la aeronave.

10 Debido a la importancia de esta unión, y debido a la compleja distribución de cargas sobre la misma durante el vuelo, es sumamente deseable un diseño robusto.

15 El documento WO 2013/074174 divulga unas tecnologías para reducir el riesgo de desprendimiento entre dos miembros adheridos en áreas de deformación diferente en los miembros. Cuando la diferencia en la deformación entre los dos miembros adheridos se vuelva excesiva, el movimiento de los miembros uno en relación con otro puede dar lugar a que un adhesivo rígido tradicional falle, dando como resultado un desprendimiento o deslaminación en uno o ambos miembros de material compuesto en el punto de deformación diferente. El desprendimiento se puede reducir al mínimo o evitarse mediante la colocación de un material flexible, tal como una lámina delgada de caucho, entre los miembros estructurales en el punto de deformación diferente. La flexibilidad del material puede permitir que el material flexible se deforme lo suficiente para permanecer adherido a ambos miembros estructurales al someterse a un esfuerzo que, de lo contrario, podría desprender o deslaminar los miembros adheridos.

20 El documento US3499622 divulga unas uniones entre el fuselaje y las alas de una aeronave. Un panel de carenado entre un ala y un fuselaje de un aeroplano está constituido por tres elementos de panel en los que el panel intermedio se sujeta en sus extremos a unas costillas de sujeción de unos paneles de extremo respectivos, fijándose la costilla de sujeción de un panel de extremo al ala mientras que la costilla de sujeción del otro panel de extremo se fija al fuselaje.

Sumario

30 De acuerdo con una realización en el presente documento, una aeronave incluye un ala y una caja de ala. El ala se une a la caja de ala en una unión de lado de fuselaje. El ala y la caja de ala incluyen, cada una, un revestimiento inferior y una pluralidad de nervaduras sobre el revestimiento. Los extremos de al menos algunas de las nervaduras en la unión de lado de fuselaje tienen una muesca de alma, una base de sección transversal decreciente que se estrecha en sección transversal en el sentido de la envergadura a un borde afilado en el revestimiento y una capa de sobreenvoltura sobre cada base de sección transversal decreciente respectiva, en donde los extremos de esquina de cada base de sección transversal decreciente respectiva están redondeados.

35 De acuerdo con un ejemplo en el presente documento, un ensamblaje de ala de aeronave comprende una caja de ala central, una primera y una segunda alas y unas cuerdas de empalme para unir las alas a lados opuestos de la caja de ala. La caja de ala central incluye un revestimiento inferior y unas nervaduras sobre el revestimiento. Cada ala incluye un revestimiento inferior y unas nervaduras sobre el revestimiento. Al menos algunas terminaciones de nervadura tienen unas muescas de alma y unas bases que se estrechan en sección transversal en el sentido de la envergadura a un borde afilado en el revestimiento.

40 De acuerdo con otro ejemplo en el presente documento, una viga para una aeronave comprende una base y un alma. El alma tiene una muesca y la base se estrecha en sección transversal a un borde afilado en un extremo de la nervadura. La base de sección transversal decreciente se extiende en sentido longitudinal hacia abajo a partir de la muesca a un ángulo de entre 10 y 15 grados.

45 De acuerdo con otra realización en el presente documento, un método comprende maquinar una nervadura de aeronave que tiene un alma y una base de sección transversal decreciente. El maquinado incluye formar una muesca de redistribución de cargas en el alma en un extremo de la nervadura, y formar un estrechamiento en sección transversal longitudinal en la base en el extremo de la nervadura. El estrechamiento en sección transversal va de la altura completa de la base a un borde afilado a un ángulo de entre 10 y 15 grados. El método comprende adicionalmente redondear los extremos de esquina de la base de sección transversal decreciente. El método comprende adicionalmente adherir una capa de sobreenvoltura de material compuesto a una superficie del estrechamiento en sección transversal.

Estas características y funciones se pueden lograr independientemente en diversas realizaciones o se pueden combinar en otras realizaciones. Se pueden ver detalles adicionales de las realizaciones con referencia a la descripción y los dibujos siguientes.

Breve descripción de los dibujos

- 5 La figura 1 es una ilustración de una aeronave.
- La figura 2A es una ilustración de una unión de lado de fuselaje superior de una aeronave.
- La figura 2B es una ilustración de una unión de lado de fuselaje inferior de una aeronave.
- La figura 3 es una ilustración de las cargas en cuestión para el revestimiento y las nervaduras en la unión de lado de fuselaje inferior.
- 10 La figura 4 es una ilustración de un primer ejemplo de una nervadura que tiene una muesca de alma y una base de sección transversal decreciente.
- La figura 5 es una ilustración de un segundo ejemplo de una nervadura que tiene una muesca de alma y una base de sección transversal decreciente.
- 15 La figura 6 es una ilustración de un tercer ejemplo de una nervadura que tiene una muesca de alma y con una capa de sobreenvoltura sobre una base de sección transversal decreciente.
- La figura 7 es una ilustración de una nervadura que incluye un fideo que tiene una base de sección transversal decreciente.
- La figura 8 es una ilustración de la base de sección transversal decreciente de la nervadura de la figura 7.
- La figura 9 es una ilustración de un método de fabricación de la nervadura de la figura 7.
- 20 La figura 10 es una ilustración de una cuaderna de mamparo y una viga transversal de un fuselaje.

Descripción detallada

- 25 Se hace referencia a la figura 1, que ilustra una aeronave 110 que incluye un fuselaje 120, un ensamblaje de ala 130 y un conjunto de cola 140. En algunas realizaciones, tales como la realización que se ilustra en la figura 1, el ensamblaje de ala 130 incluye una caja de ala central 132 y unas alas 134 que están montadas en voladizo desde lados opuestos de la caja de ala central 132. La caja de ala central 132 soporta las cargas que son aplicadas por cada ala 134 durante el vuelo. La caja de ala central 132 también puede proporcionar otras funciones, tales como almacenar un depósito de combustible central, y proporcionar un alojamiento para un tren de aterrizaje.

- 30 La caja de ala central 132 y las alas 134 incluyen, cada una, unos largueros frontal y posterior que se extienden en una dirección en el sentido de la envergadura, unas costillas que se extienden entre los largueros en una dirección en el sentido de la cuerda, un revestimiento superior e inferior que cubre los largueros y las costillas, y unas nervaduras superiores e inferiores para rigidizar el revestimiento superior e inferior. Las nervaduras también se extienden en una dirección en el sentido de la envergadura.

- 35 Cada ala 134 se une a la caja de ala central 132 en una unión de lado de fuselaje. Las figuras 2A y 2B ilustran un ejemplo de una unión de lado de fuselaje. La figura 2A ilustra una porción superior de la unión de lado de fuselaje (la "unión de lado de fuselaje superior"), y la figura 2B ilustra una porción inferior de la unión de lado de fuselaje (la "unión de lado de fuselaje inferior"). La unión de lado de fuselaje superior es crítica frente a compresión, y la unión de lado de fuselaje inferior es crítica frente a tracción. A medida que el ala 134 se flexiona hacia arriba, los elementos de la unión de lado de fuselaje superior 210 se unen de forma forzada, mientras que los elementos en la unión inferior 250 se separan por tracción. Las uniones superior e inferior se pueden conectar por medio de costillas de lado de fuselaje.
- 40

- 45 Haciendo referencia a la figura 2A, la unión de lado de fuselaje superior 210 incluye una cuerda de empalme 220. El revestimiento de ala superior 232 y las nervaduras superiores 234 de un ala 134 se afianzan a un lado hacia el exterior de la cuerda de empalme 220. El revestimiento de ala superior 236 y las nervaduras superiores 238 de la caja de ala central 132 se afianzan a un lado hacia el interior de la cuerda de empalme 220. La cuerda de empalme 220 también se afianza al revestimiento 222 del fuselaje 120 y también a una costilla de lado de fuselaje 245.

Haciendo referencia a la figura 2B, la unión de lado de fuselaje inferior 250 incluye la cuerda de empalme 220. El revestimiento de ala inferior 242 y las nervaduras inferiores 244 del ala 134 se afianzan al lado hacia el exterior de la cuerda de empalme 220. El revestimiento de ala inferior 246 y las nervaduras inferiores 248 de la caja de ala central 132 se afianzan al lado hacia el interior de la cuerda de empalme 220. En el ejemplo que se ilustra en la figura 2B, las faldillas de cubierta (en lo sucesivo en el presente documento, "cubiertas") 244a y 248a de las nervaduras inferiores 244 y 248 se afianzan a la cuerda de empalme 220 y el revestimiento inferior 142, 246 se afianza a la cuerda de empalme 220. Una placa de empalme externa 260 también se puede usar para afianzar el revestimiento inferior 142, 246 a la cuerda de empalme 220.

Las faldillas de base (en lo sucesivo en el presente documento, "bases") 244b y 248b de las nervaduras inferiores 244, 248 se unen (por ejemplo, se afianzan, se adhieren) al revestimiento inferior 142, 246. Hay una separación entre el extremo de cada base 244b y la cuerda de empalme 220, y hay una separación entre el extremo de cada base 248b y la cuerda de empalme 220.

La nervadura inferior 244 en el ala 134 incluye un alma 244c entre su cubierta 244a y la base 244b. El extremo del alma 244c tiene una muesca de alma 244d, y el extremo de la base 244b se estrecha en sección transversal en el sentido de la envergadura a un borde afilado en el revestimiento de ala inferior 242.

La nervadura inferior 248 en la caja de ala central 132 incluye un alma 248c entre su cubierta 248a y la base 248b. El extremo del alma 248c tiene una muesca 248d, y el extremo de la base 248b se estrecha en sección transversal en el sentido de la envergadura a un borde afilado en el revestimiento inferior 146.

Las bases de sección transversal decreciente 244b y 248b transfieren las cargas de forma más gradual desde las nervaduras inferiores 244 y 248 al revestimiento inferior 142 y 246 para reducir las discontinuidades geométricas abruptas en sentido transversal en los extremos de nervadura. Las bases de sección transversal decreciente 244b y 248b evitan que las nervaduras inferiores 244, 248 se deslaminen del revestimiento inferior 142, 246.

La muesca de alma 244d en la nervadura inferior 244 del ala 134 desempeña un papel diferente del de la muesca de alma 248d en la nervadura inferior 248 de la caja de ala central 132. Debido a una diferencia en la alineación de centroide entre tanto el lado de ala como el lado de caja de ala, las cargas tienden a redistribuirse de forma diferente, dando lugar a unos momentos secundarios en la terminación de nervadura así como la cubierta de nervadura. Las muescas de alma 244d en las nervaduras inferiores 244 del ala 134 redistribuyen las cargas verticales de desprendimiento por tracción. Las muescas de alma 248d en las nervaduras inferiores 248 de la caja de ala central 132 ponen los extremos de base de nervadura a compresión, lo que evita que esas nervaduras inferiores 248 se despeguen del revestimiento inferior 146. Debido a que estas muescas de alma 244d y 248d realizan unas funciones diferentes, las muescas de alma 244d en las nervaduras inferiores 244 del ala 134 pueden tener unas formas diferentes de las de las muescas 248d en las nervaduras inferiores 248 de la caja de ala central 132.

Las figuras 2A y 2B ilustran solo una nervadura superior singular 234 y una nervadura inferior singular 244 para el ala 134, y solo una nervadura superior singular 238 y una nervadura inferior singular 248 para la caja de ala central 132. No obstante, el ala 134 incluye unas nervaduras superiores e inferiores adicionales 234 y 244 que están separadas entre sí a lo largo de la dirección en el sentido de la cuerda, y la caja de ala central 132 incluye unas nervaduras superiores e inferiores adicionales 238 y 248 que están separadas entre sí a lo largo de la dirección en el sentido de la cuerda. Algunas o la totalidad de las nervaduras inferiores 244 en el ala 134, y algunas o la totalidad de las nervaduras inferiores 248 en la caja de ala central 132 pueden tener la muesca de alma y la base de sección transversal decreciente. Una o ambas de estas características se pueden excluir de una nervadura 244 o 248 en donde sea apropiado.

La cuerda de empalme 220 en la unión de lado de fuselaje inferior 250 no se limita a un tipo de cuerda en forma de doble signo más. Por ejemplo, la cuerda de empalme 220 podría ser una cuerda en forma de signo más en una sola pieza o una cuerda en T.

La figura 3 ilustra las cargas en cuestión para el revestimiento inferior 142 y la nervadura 244 en la unión de lado de fuselaje inferior 250 para el ala 134. La carga axial total en la nervadura se divide entre una pestaña 223 de la cuerda de empalme (la carga Ru_a) y el revestimiento 242 (la carga RI_a). El mecanismo principal para el desprendimiento en la línea de adhesión entre el revestimiento 242 y la nervadura 244 es la excentricidad local que se desarrolla en la terminación de nervadura. La base de sección transversal decreciente 244b ayuda a gestionar la excentricidad local en la línea de adhesión. Un momento (M_{ss}) que se desarrolla a partir de la excentricidad de esfuerzo cortante singular de la fijación de la pestaña 223 es la fuente principal para las cargas verticales de desprendimiento por tracción en el alma 244c. La muesca de alma 244d reduce las cargas máximas verticales de desprendimiento por tracción mediante la redistribución de las cargas en el alma de nervadura 244c.

La muesca de alma no se limita a geometría particular alguna, siempre que la muesca de alma se extienda más allá del extremo de la base. La curvatura de la muesca puede ser simple o compuesta. En las figuras 4 y 5 se ilustran unas muescas diferentes que tienen una curvatura simple.

5 A continuación se hace referencia a la figura 4, que ilustra un primer ejemplo de una nervadura 410 que tiene una base de sección transversal decreciente 420 y un alma 430 con una muesca 440. Se puede hacer referencia a este tipo de muesca 440 como muesca "en boca de pez". El estrechamiento en sección transversal de la base 420 comienza a partir de la muesca 440 y termina en un borde afilado 450. Esta nervadura 410 se puede usar o bien en el ala o bien en la caja de ala.

10 A continuación se hace referencia a la figura 5, que ilustra un segundo ejemplo de una nervadura 510 que incluye una base de sección transversal decreciente 520 y un alma 530 que tiene una muesca de alma 540. La muesca de alma 540 es aproximadamente semicircular. En el presente ejemplo, el estrechamiento en sección transversal de la base 520 no comienza en la muesca de alma 540. En su lugar, el alma 530 desciende de la muesca de alma 540 a una base de altura completa. El estrechamiento en sección transversal de la base 520 comienza a partir de la altura completa y termina en un borde afilado 550. Esta nervadura 510 se puede usar o bien en el ala o bien en la caja de ala.

La curvatura no se limita a la curvatura simple que se ilustra en las figuras 4 y 5. Otros ejemplos de una curvatura simple incluyen, pero no se limitan a, una curvatura cóncava y parabólica.

20 En algunas realizaciones, la curvatura puede ser compuesta. Un ejemplo de una muesca de alma que tiene una curvatura compuesta se proporciona en la publicación de los Estados Unidos 20110284693 del cesionario de la presente solicitud.

25 Se hace referencia una vez más a la figura 4, que define el ángulo del estrechamiento en sección transversal como el ángulo (α) que está formado por la superficie de sección transversal decreciente 420a y la superficie inferior 420b de la base de sección transversal decreciente 420. El ángulo (α) del estrechamiento en sección transversal no se limita a ángulo particular alguno. No obstante, los solicitantes de la presente invención han hallado que un ángulo (α) de entre 10 y 15 grados es el más eficaz en la reducción de las excentricidades en sentido transversal en una terminación de nervadura.

El estrechamiento en sección transversal no se limita a un estrechamiento en sección transversal recto. En algunas realizaciones, el estrechamiento en sección transversal puede ser redondeado o compuesto.

30 En algunas realizaciones, las bases de sección transversal decreciente de las nervaduras en el ala pueden tener unos ángulos diferentes de los de las bases de sección transversal decreciente de las nervaduras en la caja de ala central. En otras realizaciones, los ángulos pueden ser los mismos.

35 A continuación se hace referencia a la figura 6, que ilustra otro ejemplo de una nervadura 610 que tiene una base de sección transversal decreciente 620 y un alma 630 con una muesca 640. En el presente ejemplo, no obstante, una capa de sobreenvoltura 650 se adhiere a la superficie de sección transversal decreciente de la base de sección transversal decreciente 620. La capa de sobreenvoltura 650 se puede fabricar de chapa de metal u hojas de fibras de refuerzo que se impregnan previamente con resina. La capa de sobreenvoltura 650 puede cubrir la totalidad de la superficie de sección transversal decreciente o una porción sustancial de la misma. La capa de sobreenvoltura 650 sirve para impedir que el extremo de la base de sección transversal decreciente 620 se despegue del revestimiento.

40 Las nervaduras no se limitan a sección transversal particular alguna. Por ejemplo, las nervaduras tienen una sección transversal en forma de H o en forma de T.

45 A continuación se hace referencia a la figura 7, que ilustra una sección transversal de un ejemplo de una nervadura 710 que tiene una cubierta 715, una base de sección transversal decreciente 720 (no se muestra el estrechamiento en sección transversal) y un alma 730 con una muesca (no se muestra la muesca). La nervadura 710 de la figura 7 tiene una sección transversal en forma de H, que está formada por unas vigas de perfil en U unidas alma con alma 740. Las almas de las vigas 740 se pueden adherir entre sí por medio de adhesivo. Las faldillas de cubierta de las vigas 740 se pueden adherir a una placa de cubierta 750 para formar la cubierta 715 y las faldillas de base de las vigas 740 se pueden adherir a una placa de base 760 para formar la base 720. La nervadura 710 incluye adicionalmente unas estructuras que se conocen como "fideos". Un fideo de cubierta 770 es un material de relleno entre las porciones redondeadas de las faldillas de cubierta, y un fideo de base 780 es un material de relleno entre las porciones redondeadas de las faldillas de base. El extremo del fideo de base 780 se adapta al estrechamiento en sección transversal de la base 720 (el estrechamiento en sección transversal del fideo de base 780 no se muestra en la figura 7).

A continuación se hace referencia adicional a la figura 8, que ilustra la base de sección transversal decreciente 720 de la nervadura 710 (mirando desde arriba la superficie de sección transversal decreciente 720a de la base de sección transversal decreciente 720). Los extremos de esquina 725 de la base de sección transversal decreciente 720 están redondeados o carenados. Los extremos de esquina redondeados o carenados 725 evitan que aparezcan grietas y den lugar a que la nervadura 710 se desprenda del revestimiento.

A continuación se hace referencia a la figura 9, que ilustra un método de fabricación de la nervadura 710 de la figura 7. En el bloque 910, las vigas de perfil en U 740, las placas de cubierta y de base 750 y 760, y los fideos de cubierta y de base 770 y 780 se adhieren entre sí para formar una viga en H. Estos elementos 740 - 780 se pueden fabricar de metal, material compuesto reforzado con fibras o una combinación de los dos.

En el bloque 920, se forma la muesca de alma, y un extremo de la base 720 se estrecha en sección transversal, por ejemplo, mediante maquinado. Durante el estrechamiento en sección transversal de la base 720, también se estrecha en sección transversal el fideo de base 780. Además, las esquinas de extremo 725 de la base de sección transversal decreciente 720 se pueden maquinar con el fin de ser redondeadas o carenadas.

En el bloque 930, una capa de sobreenvoltura se adhiere a la superficie de sección transversal decreciente. Por ejemplo, se corta tela para las hojas de la capa de sobreenvoltura, y se coloca adhesivo entre la superficie de sección transversal decreciente de la faldilla de base y una superficie de contacto de la capa de sobreenvoltura sin curar. La nervadura 710, que incluye la capa de sobreenvoltura, se calienta bajo presión.

Un ensamblaje de ala en el presente documento no se limita a una caja de ala central. El uso de la muesca de alma y la base de sección transversal decreciente puede ser beneficioso para las nervaduras sometidas a unas cargas de desprendimiento por tracción elevadas.

Las alas del ensamblaje de ala pueden tener un dihedro y una flecha. No obstante, un ensamblaje de ala en el presente documento no se limita a esto.

Una nervadura en el presente documento no se limita a un ensamblaje de ala. Las nervaduras que tienen bases de sección transversal decreciente y muescas de alma también se pueden usar en el conjunto de cola y el fuselaje de una aeronave.

Con referencia una vez más a la figura 1, el conjunto de cola 140 incluye unos estabilizadores horizontal y vertical 142 y 144. Cada estabilizador 142 y 144 incluye una caja de torsión y al menos un ala unida a la caja de torsión. El ala y la caja de torsión incluyen, cada una, un revestimiento y una pluralidad de nervaduras sobre el revestimiento. Los extremos de al menos algunas de las nervaduras en la unión del ala con la caja de torsión tienen una muesca de alma y una base de sección transversal decreciente.

A continuación se hace referencia a la figura 10, que ilustra un fuselaje 120 que incluye una cuaderna de mamparo 1010 y una viga transversal 1020. No se ilustran vigas transversales 1020 y cuadernas de mamparo 1010 adicionales del fuselaje 120. Una plataforma de presión 1030 se afianza a las vigas transversales 1020.

Cada viga transversal 1020 se une a una cuaderna de mamparo 1010 por medio de un herraje de cubierta 1050. Las cubiertas de la cuaderna de mamparo 1010 y la viga transversal 1020 se afianzan al herraje de cubierta 1050. La base de la viga transversal 1020 se afianza a un herraje de base 1060. La viga transversal 1020 se muestra como que tiene una muesca 1022 y una base de sección transversal decreciente 1024.

REIVINDICACIONES

1. Un aeronave (110) que comprende un ala (134) y una caja de ala (132), el ala unida a la caja de ala en una unión de lado de fuselaje (250), incluyendo el ala y la caja de ala, cada una, un revestimiento inferior (242, 246) y una pluralidad de nervaduras (244, 248) sobre el revestimiento, teniendo los extremos de al menos algunas de las nervaduras en la unión de lado de fuselaje una muesca de alma (244d, 248d), una base de sección transversal decreciente (720) que se estrecha en sección transversal en el sentido de la envergadura a un borde afilado en el revestimiento y una capa de sobreenvoltura (650) sobre cada base de sección transversal decreciente respectiva, en donde los extremos de esquina (725) de cada base de sección transversal decreciente respectiva están redondeados.
2. La aeronave (110) según la reivindicación 1, en la que cada base de sección transversal decreciente (720) se extiende a partir de la muesca (244d, 248d).
3. La aeronave según cualquier reivindicación anterior, que comprende adicionalmente una cuerda de empalme (220), en la que las bases de nervadura se unen al revestimiento inferior; y en la que las nervaduras incluyen adicionalmente unas cubiertas (244a, 248a) que se unen a la cuerda de empalme.
4. La aeronave (110) según cualquier reivindicación anterior, en la que cada base de sección transversal decreciente (720) se estrecha en sección transversal a un ángulo de entre 10 y 15 grados con respecto al revestimiento inferior (242, 246).
5. La aeronave (110) según cualquier reivindicación anterior, en la que la muesca (244d, 248d) tiene una curvatura simple.
6. La aeronave (110) según cualquier reivindicación anterior, en la que la muesca (244d, 248d) es una muesca en boca de pez.
7. La aeronave (110) según cualquier reivindicación anterior, en la que las nervaduras (244, 248) y el revestimiento (242, 246) se fabrican de materiales compuestos reforzados con fibras.
8. La aeronave (110) según cualquier reivindicación anterior, en la que cada capa de sobreenvoltura incluye material compuesto reforzado con fibras.
9. La aeronave (110) según cualquier reivindicación anterior, en la que al menos algunas de las nervaduras (244, 248) incluyen unas vigas unidas alma con alma (740) y unos fideos (780) entre las bases de las vigas unidas alma con alma, en la que los fideos se estrechan en sección transversal para corresponderse con el estrechamiento en sección transversal de cada base de sección transversal decreciente (720).
10. La aeronave (110) según cualquier reivindicación anterior, en la que la caja de ala (132) es una caja de torsión de un estabilizador.
11. La aeronave (110) según cualquier reivindicación anterior, en la que la caja de ala (132) es una caja de ala central de un ensamblaje de ala (130).
12. Un método que comprende maquinar una nervadura de aeronave (244, 248) que tiene un alma (244c, 248c) y una base de sección transversal decreciente (720), incluyendo el maquinado:

formar una muesca de redistribución de cargas (244d, 248d) en el alma en un extremo de la nervadura;
formar un estrechamiento en sección transversal longitudinal en la base en el extremo de la nervadura, yendo el estrechamiento en sección transversal de la altura completa de la base a un borde afilado a un ángulo de entre 10 y 15 grados;
redondear los extremos de esquina (725) de la base de sección transversal decreciente; y
adherir una capa de sobreenvoltura de material compuesto (650) a una superficie del estrechamiento en sección transversal.
13. El método según la reivindicación 12, en el que el maquinado incluye adicionalmente formar unos extremos de esquina redondeados o carenados (725) en la base de sección transversal decreciente (720) en el extremo de la nervadura (244, 248).

FIG. 1

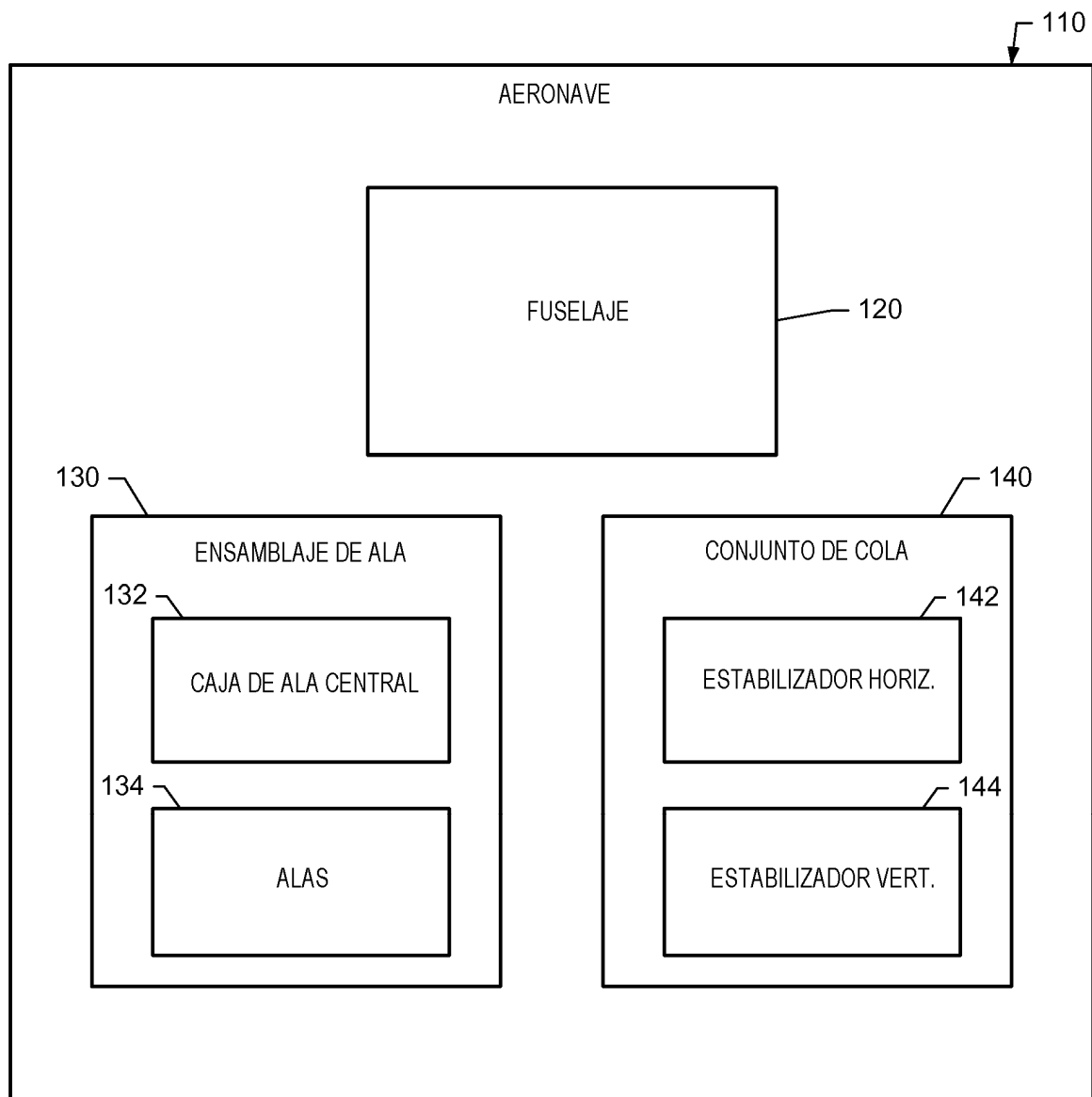


FIG. 2A

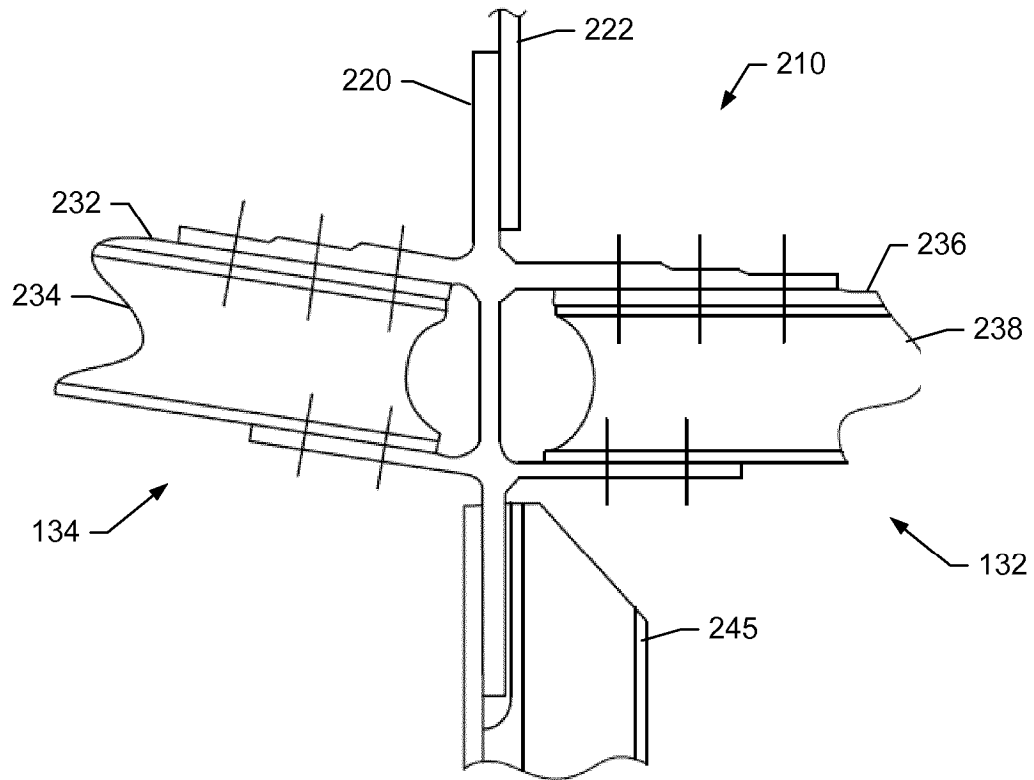


FIG. 2B

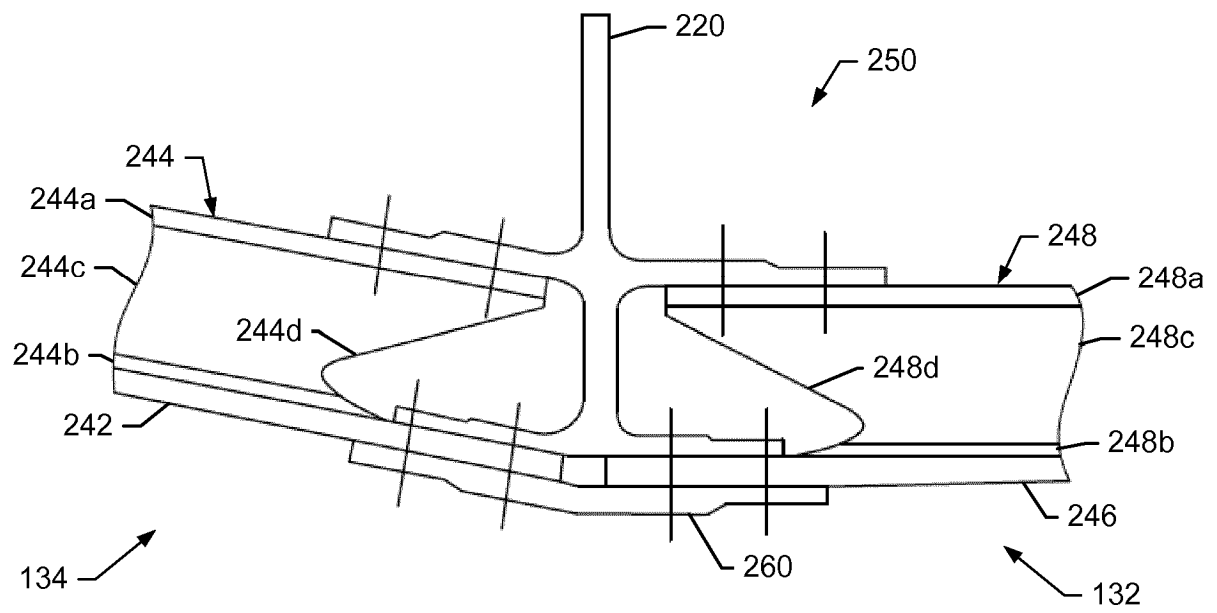


FIG. 3

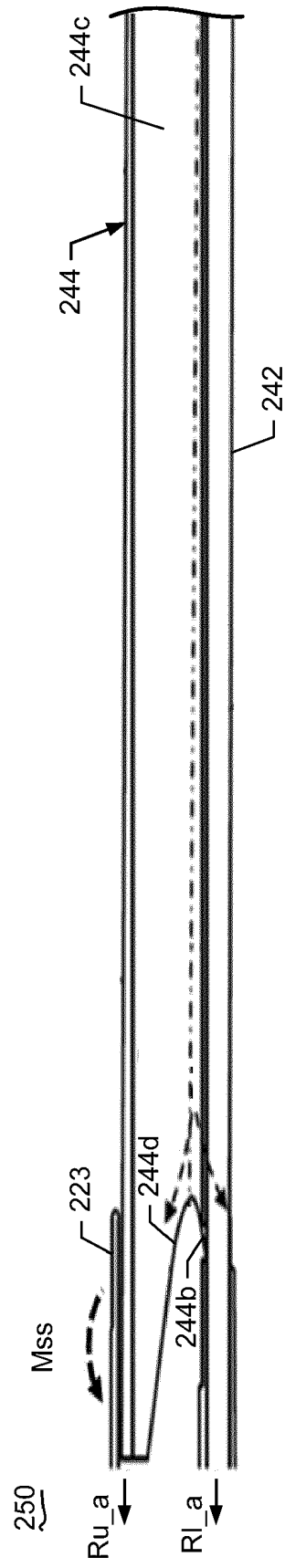


FIG. 4

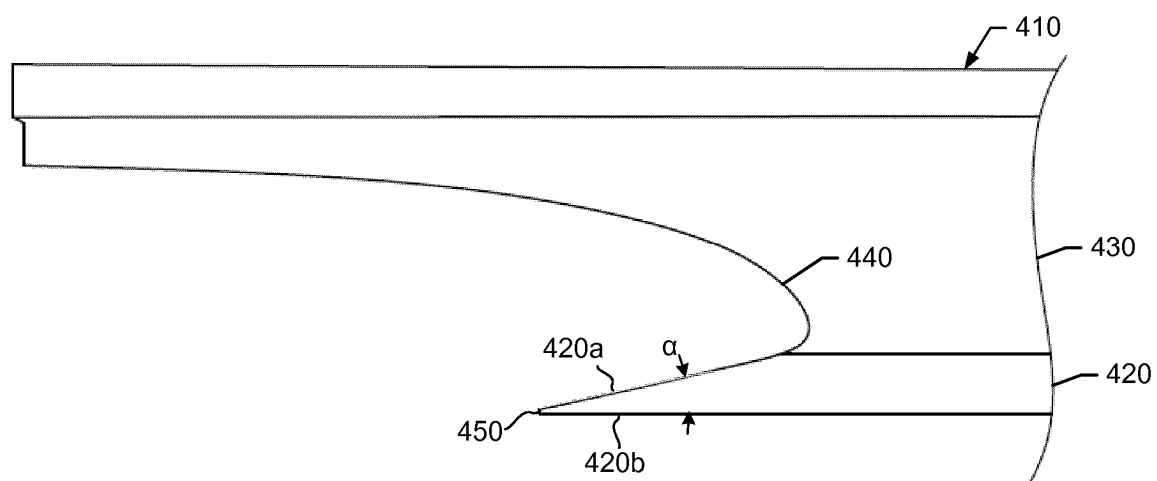


FIG. 5

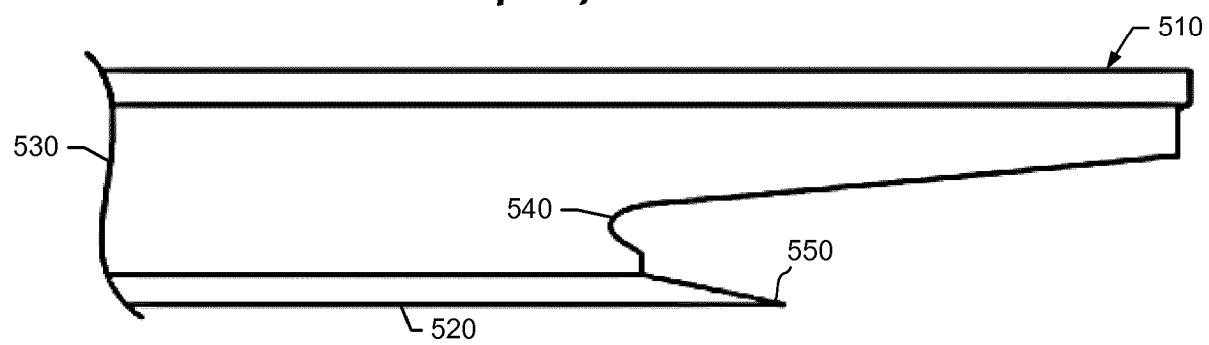


FIG. 6

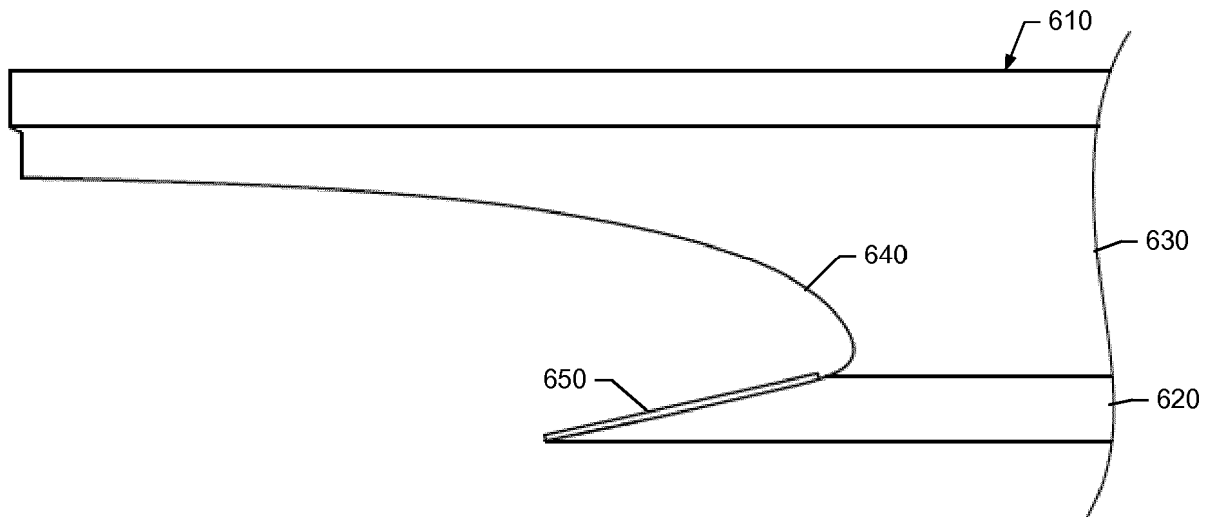


FIG. 7

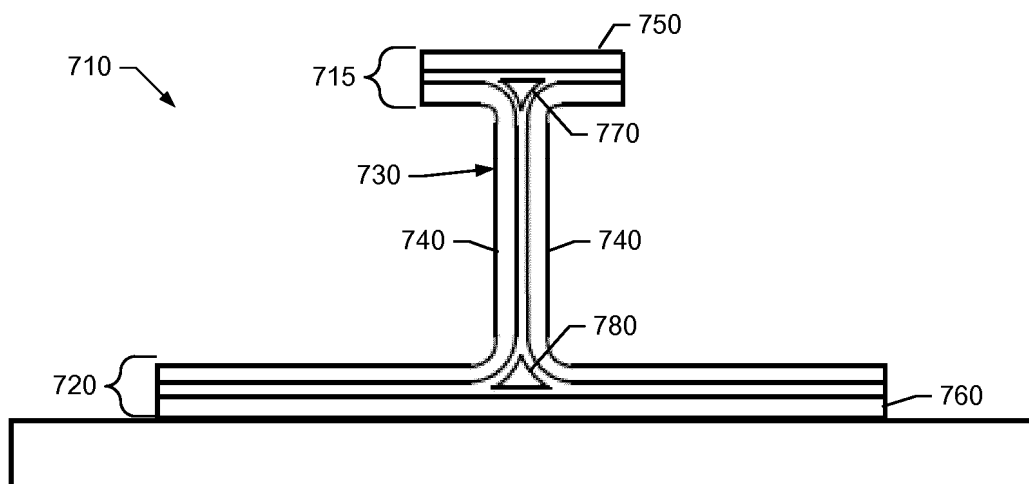


FIG. 8

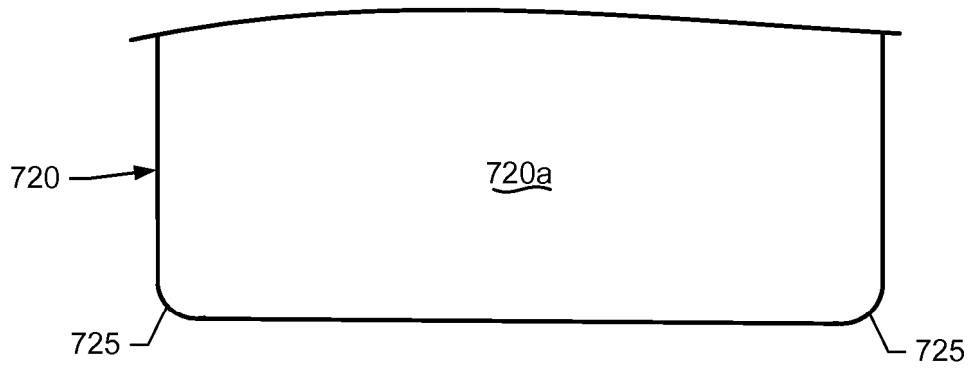


FIG. 9

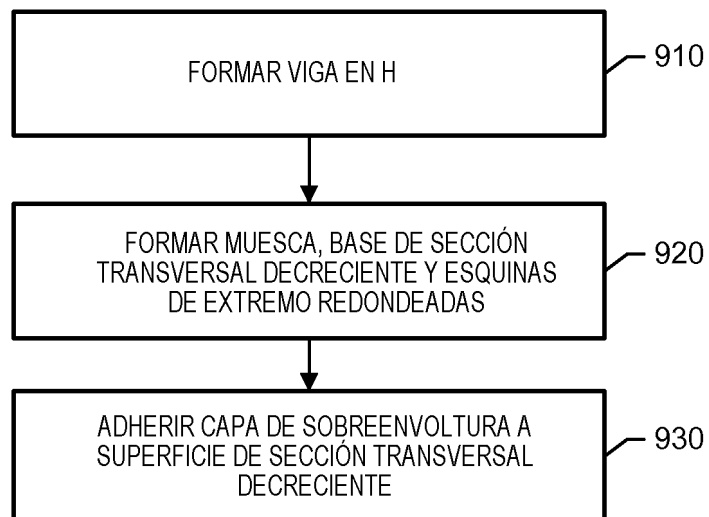


FIG. 10

