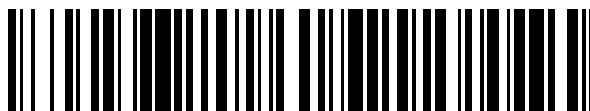


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 286**

51 Int. Cl.:

B64C 1/06 (2006.01)

B64C 1/12 (2006.01)

B64C 3/18 (2006.01)

B64C 3/20 (2006.01)

B64C 3/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.11.2015 E 15196742 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018 EP 3045384**

54 Título: **Estructuras de ala de material compuesto laminado**

30 Prioridad:

15.01.2015 US 201514598002

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

25.04.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**CHARLES, JORDAN;
SAMPEDRO-THOMPSON, WILLIAM M.;
WATKINS, JESSICA L;
ROACHE, RYAN CHRISTOPHER;
GAMBLE, MICHAEL JOHN;
DOWNEY, TYLER W;
CHOY, WENDELL C. K. y
SANTINI, GREGORY M**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 665 286 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

Estructuras de ala de material compuesto laminado

Campo

5 Esta divulgación se refiere a estructuras de ala de material compuesto laminado. Más específicamente, las realizaciones divulgadas se refieren a sistemas y métodos para reforzar un ala, tales como la de un ensamblaje de ala de aeronave, la de un ensamblaje estabilizador horizontal de aeronave, y/o del control de la superficie de un ensamblaje de cajón de torque.

Introducción

10 Es deseable que las estructuras de las aeronaves sean capaces de reaccionar a las cargas en una variedad de direcciones diferentes. Por ejemplo, es deseable que un ala de una aeronave sea capaz de reaccionar a las cargas aerodinámicas que se imponen sobre el ala durante el vuelo. Tales cargas aerodinámicas incluyen cargas de flexión que reaccionan por la estructura del cajón de ala del ala o componentes de esta.

15 En general, una estructura de cajón de ala de una aeronave incluye un panel superior rígido, un panel inferior rígido, un larguero frontal que conecta los bordes anteriores de los paneles, un larguero trasero que conecta los bordes posteriores de los paneles y costillas internas que proporcionan forma y soporte y conectan a los paneles y los largueros. En general, las cargas de flexión reaccionan por los largueros, y por los larguerillos que refuerzan los paneles. Normalmente, las costillas mantienen la forma aerodinámica de las alas y/o ayudan a distribuir las cargas impuestas sobre las alas.

20 En algunas aplicaciones, uno o más de los elementos mencionados anteriormente se pueden construir a partir de uno o más materiales compuestos. Los materiales compuestos son materiales duros y ligeros creados combinando dos o más componentes diferentes. Por ejemplo, un material compuesto puede incluir fibras y resinas. Las fibras y resinas se pueden combinar para formar un material compuesto curado. Un tipo común de material compuesto utilizado en la construcción de aeronaves es material compuesto, de fibra de carbono. Las formas comunes de compuesto de fibra de carbono incluyen material compuesto termoestable preimpregnado, compuesto termoestable de fibra seca y
25 material compuesto termoplástico.

Típicamente, un panel rígido inferior de un ala de fibra de carbono es un ensamblaje unido que incluye un revestimiento laminado de fibra de carbono con agentes de rigidez de laminado de fibra de carbono unidos al revestimiento. Sin embargo, las secciones transversales reforzadas (o larguerillo) tienen principalmente forma de 'I' o 'T', y las costillas generalmente deben emplear 'pies' individuales que se extienden a horcajadas sobre las bandas verticales de los
30 agentes de rigidez y se unen al revestimiento. Esta complicada interfaz entre costillas a paneles se requiere normalmente ya que las costillas generalmente no se pueden unir a las respectivas pestañas superiores (libres) de los agentes de rigidez de fibra de carbono, ya que los agentes de rigidez de fibra de carbono se caracterizan por varias cargas individuales que están unidas y tienen tendencia a separarse bajo cargas inducidas por las costillas. Además, las pestañas superiores normalmente se extienden significativamente desde el revestimiento del ala inferior hacia el interior del cajón de ala, dando como resultado una menor holgura interna (por ejemplo, para realizar mantenimiento) y un perfil vertical exterior aumentado, que puede ser indeseable en algunas aplicaciones.
35

Además, en general es difícil construir larguerillos con forma de "I" o larguerillos con forma de "T" curvos. Por ejemplo, tales larguerillos de hoja curva pueden tener una pluralidad de radios asociados que se extienden en diferentes planos. Además, las características estructurales de tales larguerillos curvos de hoja pueden dar como resultado que estos larguerillos sean más susceptibles a las cargas de vuelo.
40

Resumen

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un ala y un método para reforzar un ala según se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.

45 Aquí se divulgan ejemplos de aparatos, métodos y sistemas, que pueden abordar los problemas mencionados anteriormente, entre otros.

En un aspecto, un ala puede incluir un revestimiento de ala, un primer larguerillo de material compuesto laminado, una costilla y al menos un sujetador. El revestimiento del ala puede tener una superficie interior con una longitud que se extiende generalmente paralela a la dirección del ala en dirección de envergadura. La mayoría del primer larguerillo se puede caracterizar por una pluralidad apilada de capas en general planas de material de refuerzo unidas estructuralmente como una pila a la superficie interior y que se extiende generalmente paralela a la superficie interior y a la dirección de envergadura a lo largo de una porción sustancial de la superficie interior. El primer larguerillo puede
50

- tener una sección transversal trapezoidal generalmente sólida cuando se ve en un plano que es generalmente perpendicular a la dirección de envergadura tal que una primera capa de la pluralidad apilada de capas en general planas proximales a la superficie interior tiene un ancho mayor que la de una segunda capa de la pluralidad apilada de capas en general planas que están más lejos de la superficie interior que la primera capa. La costilla puede estar
- 5 posicionada adyacente a la superficie interior, y puede extenderse generalmente perpendicular a la dirección de la envergadura. La costilla puede incluir una pestaña de costilla, y puede estar conformada para definir un pasadizo entre la pestaña de costilla y la superficie interior. El primer larguerillo puede pasar a través del pasadizo de manera que la sección transversal trapezoidal esté interconectada con la pestaña de costilla. El sujetador puede extenderse a través del revestimiento del ala, la sección transversal trapezoidal y la pestaña de la costilla.
- 10 En otro aspecto, un método de endurecimiento de un ala puede incluir un paso de posicionamiento de una costilla adyacente a una superficie interior de un revestimiento de ala inferior de material compuesto laminado de ala, de manera que la costilla está orientada generalmente perpendicular a una dirección de la envergadura del ala. El ala puede incluir un larguerillo formado por material compuesto laminado mediante una pila ahusada de capas en general
- 15 planas de material de refuerzo unidas estructuralmente a la superficie interior y que se extienden generalmente paralelas a la superficie interior y a la dirección de envergadura a lo largo de una porción sustancial de la superficie interior. El método puede incluir además un paso de acoplamiento funcional de la costilla al revestimiento del ala inferior y el larguerillo al menos en parte extendiendo al menos un sujetador a través del revestimiento del ala inferior, a través del apilamiento ahusado de capas en general planas, y a través de una pestaña de la costilla, reforzando así el ala.
- 20 Las características, funciones y ventajas se pueden lograr independientemente en diversas realizaciones de la presente divulgación, o se pueden combinar en otras realizaciones más, cuyos detalles adicionales se pueden ver con referencia a la siguiente descripción y dibujos.
- Breve descripción de los dibujos
- 25 La Fig. 1 es una vista superior semiesquemática de una aeronave con una porción de un revestimiento del ala superior retirado revelando un revestimiento del ala inferior, una pluralidad de larguerillos y una pluralidad de costillas.
- La Fig. 2 es una vista superior semiesquemática similar a la Fig. 1, pero con una porción del fuselaje y una porción mayor del revestimiento del ala superior retirado para mostrar una realización de ala de tres piezas.
- La Fig. 3 es una sección transversal semiesquemática de la realización del ala de tres piezas tomada en un plano normal a un eje alargado del fuselaje, con las costillas retiradas de la vista.
- 30 La Fig. 4 es una sección transversal semiesquemática del ala tomada a lo largo de la línea 4-4 en la Fig. 2 que muestra una de las costillas acopladas a los larguerillos.
- La Fig. 5 es una vista semiesquemática de una región de la Fig. 4, que muestra un sujetador que se extiende a través del revestimiento del ala inferior, a través de una sección transversal trapezoidal de uno de los larguerillos, y a través de una pestaña de costilla de la costilla. Cabe señalar que las fibras de solo unas pocas capas que forman el larguerillo se representan esquemáticamente.
- 35 La Fig. 6 es una vista en perspectiva que muestra la costilla de la Fig. 4 y una costilla adicional acoplada a la pluralidad de larguerillos.
- La Fig. 7 es una vista en perspectiva de una porción exterior del revestimiento del ala inferior y dos transiciones del larguerillo curvo.
- 40 La Fig. 8 es una vista superior semiesquemática similar a la Fig. 2, pero que muestra una realización de ala de una sola pieza.
- La Fig. 9 es una sección transversal semiesquemática de la realización del ala de una sola pieza tomada en un plano normal al eje alargado del fuselaje.
- La Fig. 10 es una vista en perspectiva inferior de una porción central de la realización del ala de una sola pieza.
- 45 La Fig. 11 es una vista plana superior del revestimiento del ala inferior, la pluralidad de larguerillos y la pluralidad de costillas en la porción central de la realización del ala de una sola pieza.
- La Fig. 12 es un diagrama de flujo que representa un método ilustrativo de reforzamiento de un ala.

La Fig. 13 es un diagrama esquemático que muestra una pluralidad de capas de revestimiento de alas que se apilan sobre una membrana de revestimiento.

La Fig. 14 es un diagrama semiesquemático que muestra una pluralidad de capas de larguerillos apiladas que se cortan para formar una pluralidad de pilas trapezoidales.

- 5 La Fig. 15 es un diagrama semiesquemático que muestra las pilas trapezoidales colocadas en las capas de revestimiento de ala apiladas para formar una pluralidad de larguerillos.

Descripción

Visión general

10 A continuación se describen y se ilustran en los dibujos asociados diversas realizaciones. A menos que se especifique lo contrario, una realización y/o sus diversos componentes pueden contener, pero no están obligados a contener, al menos una de las estructuras, componentes, funcionalidades y/o variaciones descritas, ilustradas y/o incorporadas aquí. Además, las estructuras, componentes, funcionalidades y/o variaciones descritas, ilustradas y/o incorporadas aquí en conexión con las presentes enseñanzas pueden, pero no se les requiere, ser incluidas en otras realizaciones similares. La siguiente descripción de diversas realizaciones tiene meramente naturaleza de ejemplo y de ninguna manera pretende limitar la divulgación, su aplicación o usos. Adicionalmente, las ventajas proporcionadas por las realizaciones, como se describe a continuación, son de naturaleza ilustrativa y no todas las realizaciones proporcionan las mismas ventajas o el mismo grado de ventaja.

20 Aquí se divulgan agentes de rigidez (o larguerillos) de fibra de carbono, con secciones transversales respectivas que pueden permitir interfaces de costilla a panel mejoradas. En una realización, los agentes de rigidez de fibra de carbono pueden tener cada uno una sección transversal que es de forma sólida y trapezoidal. En algunas realizaciones, los larguerillos pueden estar curvos para permitir un ala curva de punta a punta (o región de punta a región de punta). La altura de cada agente de rigidez trapezoidal sólido puede ser de aproximadamente 3.81 cm (1.5 pulgadas), mientras que los agentes de rigidez de fibra de carbono con forma de "I" o "T" preexistentes tienen normalmente una altura de aproximadamente 7.62 cm (3 pulgadas). Esta altura reducida de los agentes de rigidez trapezoidales sólidos puede permitir una interfaz de costilla a panel por lo cual la superficie de unión de costilla a agente de rigidez es una superficie de cuerda continua con sujetadores que se atornillan directamente a través de la superficie de unión de costilla (por ejemplo, una pestaña de costilla), el agente de rigidez trapezoidal sólido y el revestimiento del ala.

25 Adicionalmente, los agentes de rigidez de fibra de carbono tradicionales requieren normalmente múltiples subcomponentes (por ejemplo, cargas y fibras) formados usando herramientas complejas, mientras que los agentes de rigidez trapezoidales sólidos divulgados en este documento pueden tener una única forma general que se acumula capa por capa.

30 Además, una ventaja significativa de la estructura de fibra de carbono es que permite la construcción de un ala relativamente delgada (por ejemplo, en una dirección vertical), especialmente cerca de la punta del ala. Sin embargo, los agentes de rigidez de fibra de carbono preexistentes tienen secciones transversales (por ejemplo, secciones transversales con forma de "I" o "T") que son sustancialmente altas, por ejemplo, como se describió anteriormente. Cuando estos agentes de rigidez altos se emplean en los paneles superior e inferior (por ejemplo, en revestimientos de ala superior e inferior), estos agentes de rigidez altos pueden casi toparse (por ejemplo, entrar en contacto) uno con otro cerca de la punta del ala, donde el cajón de ala es sustancialmente delgado. Esto deja muy poco espacio dentro del cajón del ala para que mecánicos o robots accedan a la porción exterior del ala para realizar operaciones de ensamblaje y mantenimiento de rutina. Como resultado, los paneles superior e inferior normalmente se separan cuando se ensamblan en una distancia significativa, de modo que se puede lograr un acceso de alcance adecuado en el cajón de ala. Por lo tanto, la altura de estos agentes de rigidez de fibra de carbono preexistentes limita lo delgada que puede ser el ala en la parte exterior del ala.

35 Ejemplos de antecedentes de tales sistemas y métodos preexistentes se divulgan en las siguientes patentes U.S y solicitudes de patentes U.S: US8763253; EP2336021; US8540921; US7897004; US20140248462; y US20120292446. El documento EP2336021, por ejemplo, muestra en las Figs. 2 y 3A un ala 124 que comprende un revestimiento 12 de ala que tiene una superficie interior con una longitud que se extiende generalmente paralela a una dirección de la envergadura del ala 124; un material compuesto laminado generalmente hueco en el primer larguerillo 26; una costilla 22 colocada adyacente a la superficie interior y que se extiende generalmente perpendicular a la dirección de envergadura, la costilla 22 que incluye una pestaña 24 de costilla y que está conformada para definir un pasadizo entre la pestaña 24 de costilla y la superficie interior del revestimiento 12, donde el primer larguerillo pasa a través del pasadizo de manera que está interconectado con la pestaña 24 de costilla; y al menos un sujetador que se extiende a través de la parte del larguerillo y la pestaña 24 de costilla. En algunas realizaciones de las presentes enseñanzas, un agente de rigidez (por ejemplo, un larguerillo compuesto laminado) puede tener una sección transversal (por ejemplo, una sección transversal trapezoidal sólida, como se describió anteriormente) con una altura que es

5 aproximadamente la mitad de la altura de secciones transversales en forma de 'I' o de 'T' de agentes de rigidez de fibra de carbono preexistentes. Esta reducción en la altura del agente de rigidez puede permitir un ala más delgada, ya que la separación efectiva entre los paneles superior e inferior puede aumentar debido a la disminución de la altura de la sección trasversal trapezoidal (por ejemplo, en comparación con la altura de secciones transversales con forma de 'I' o 'T' preexistentes).

10 En algunas realizaciones, solo se puede formar y curar una única forma de fibra de carbono (por ejemplo, que incluya capas de revestimiento de ala y capas de larguerillo), que puede ser una mejora con respecto a procesos de fabricación de agente de rigidez preexistentes donde, por ejemplo, se forman cuatro o más formas, ensamblado y curado. En algunas realizaciones, los costes de herramientas para la fabricación de los agentes de rigidez y la necesidad de retrabajo pueden reducirse significativamente, por ejemplo, como resultado de las secciones transversales de agente de rigidez divulgadas (por ejemplo, sólido y trapezoidal). Además, en algunas realizaciones, los agentes de rigidez divulgados pueden permitir más opciones para unir los agentes de rigidez al revestimiento del ala, lo que también puede abrir un espacio comercial de fabricación (por ejemplo, proporcionar una mayor holgura dentro del cajón de ala).

15 Además, un larguerillo (o agente de rigidez) de material compuesto laminado (por ejemplo, fibra de carbono) con una sección transversal trapezoidal sólida, en lugar de una carga de fibras como se incluye en los agentes de rigidez tradicionales, puede reducir significativamente los problemas de desacoplamiento del larguerillo donde terminan los agentes de rigidez (por ejemplo, agotamiento) y/o donde los agentes de rigidez pasan a través de las costillas tradicionales, lo que puede mejorar las capacidades de carga del agente de rigidez. Debido a que las cargas del larguerillo están normalmente asociadas con el grosor del cajón de ala, la reducción de los problemas de desacoplamiento puede permitir un cajón de ala más delgado con un rendimiento aerodinámico mejorado.

20 Además, las costillas preexistentes normalmente emplean un número relativamente grande de sujetadores que se extienden a través de las costillas y a través de las bases de los agentes de rigidez preexistentes para proteger las fibras asociadas al desacoplamiento. Las presentes enseñanzas permiten un número reducido de sujetadores, debido a que los larguerillos de material compuesto laminado con secciones transversales sólidas eliminan una fibra y, por lo tanto, necesitan un diseño de sujetador menos complicado porque no hay fibras que evitar cuando se penetra el larguerillo con un sujetador. Dicha construcción también puede dar como resultado (o permitir) interfaces de costillas simplificadas.

25 Por ejemplo, en una realización de las presentes enseñanzas, un panel de tensión de una aeronave puede incluir una pluralidad de agentes de rigidez de laminado de matriz de fibra de carbono sólidos individualmente capa por capa acoplados operativamente a un revestimiento laminado de una matriz de fibra de carbono. Cada uno de los agentes de rigidez de laminado de matriz de fibra de carbono sólido puede tener una sección transversal respectiva que es principalmente de forma trapezoidal. Una estructura de costilla puede estar operativamente acoplada al panel de tensión extendiendo uno o más elementos de sujeción mecánicos a través de la estructura de costilla, a través de uno o más de los agentes de rigidez de laminado de matriz de fibra de carbono sólido, y a través del revestimiento de laminado de fibra de carbono. Una interfaz de costilla del panel de tensión puede ser principalmente una superficie controlada. En algunas realizaciones, los agentes de rigidez y el revestimiento pueden co-curarse. En algunas realizaciones, los agentes de rigidez se pueden curar, y luego el revestimiento se puede curar sobre los agentes de rigidez curados (por ejemplo, en un método de cunión). En algunas realizaciones, el revestimiento puede curarse, y luego los agentes de rigidez se pueden curar sobre el revestimiento curado (por ejemplo, en un método de cunión inverso).

30 En otro ejemplo, un ala puede comprender un larguerillo, un larguero, una costilla, un revestimiento de ala y al menos un sujetador. El larguerillo puede ser un material compuesto laminado que incluye una pluralidad de capas que son sustancialmente paralelas a una superficie del revestimiento del ala. El larguerillo puede tener una sección transversal trapezoidal, y puede estar unido estructuralmente al revestimiento del ala de manera que la capa adyacente al revestimiento del ala sea más ancha que la capa más alejada del revestimiento del ala. El larguerillo puede pasar a través de un pasadizo en la costilla. El pasadizo puede tener una altura de pasadizo que no sea más de 3.81 a 5.08 cm (1.5 a 2) pulgadas del revestimiento del ala. La altura del pasadizo puede ser sustancialmente la misma altura que la altura de la sección transversal del larguerillo trapezoidal. El al menos un sujetador puede extenderse a través de una pestaña de costilla de la costilla, a través del larguerillo, y a través del revestimiento del ala. En algunas realizaciones, el larguerillo puede ser continuo desde el ala hasta un ala adyacente (por ejemplo, extendiéndose desde un lado opuesto del fuselaje de una aeronave).

35 Las realizaciones divulgadas pueden proporcionar una estructura de ala ligera y eficiente con una facilidad de fabricación mejorada y menos partes que las estructuras de ala conocidas que usan materiales compuestos. Por ejemplo, algunas realizaciones pueden proporcionar una eliminación de las uniones del ala hacia el cuerpo del larguerillo.

Algunas realizaciones pueden permitir un coste reducido de la estructura de la aeronave, y/o requisitos simplificados de fabricación. Por ejemplo, se pueden usar formaciones de capas múltiples para formar paneles de tensión,

reduciendo así el tiempo de flujo. Los larguerillos de estos paneles de tensión pueden tener formas contorneadas que se simplifican en comparación con las configuraciones preexistentes de larguerillo de material compuesto, permitiendo de este modo métodos de tendido de material más rápidos, por ejemplo, permitiendo el uso de productos generales (por ejemplo, preimpregnado de más de 30 cm), colocación (AFP) automática de fibra, mecanizado (NTLM) de laminado neto y otros métodos como infusión de resina o métodos termoplásticos.

Además, algunas realizaciones pueden eliminar rellenos de radio, una carga de base separada, y/o la necesidad de mantener un radio durante el tendido y curado del larguerillo. Entre otros beneficios, las realizaciones divulgadas pueden requerir menos repetición de trabajo y reparaciones, pueden simplificar el tendido descentrado, pueden simplificar las interfaces de costilla, pueden proporcionar una instalación más conveniente (por ejemplo, ensamblaje de ala), y/o pueden reducir una cantidad de sujetadores, tapones, y/o sellos

Ejemplos, componentes y alternativas

Los siguientes ejemplos describen aspectos seleccionados de realizaciones de ejemplo, así como sistemas y/o métodos relacionados. Estos ejemplos están destinados a la ilustración y no deben interpretarse como limitativos de todo el alcance de la presente divulgación. Cada ejemplo puede incluir una o más invenciones distintas y/o contextuales o información, función y/o estructura relacionada.

Ejemplo 1:

Este ejemplo describe una aeronave 100 ilustrativa; véanse Figs. 1-7.

Como se muestra en la Fig. 1, la aeronave 100 puede incluir un par de alas 104 (por ejemplo, en una configuración de realización de ala de tres piezas, como se muestra en las Figs. 2 y 3, o en una configuración de realización de ala de una pieza, como se muestra en las Figs. 8-11, que se describirán adicionalmente con más detalle a continuación, un fuselaje 108, una sección 112 de cola y una o más unidades 116 de propulsión.

Cada una de las alas 104 puede extenderse hacia fuera desde el fuselaje 108 desde una porción 104a interna respectiva a una porción 104b externa respectiva, por ejemplo, en una dirección generalmente paralela a una dirección D1 de envergadura de alas 104. Las alas 104 (o cada una de las alas 104) pueden incluir superficies 118 de control, un revestimiento 120 de ala inferior, un revestimiento 124 de ala superior, un larguero 128 frontal, un larguero 132 trasero, una pluralidad de larguerillos 136 y una pluralidad de costillas 140.

Los larguerillos 136 y el revestimiento 120 de ala inferior (entre otros componentes de las alas 104) pueden estar hechos de material compuesto laminado que incluye capas generalmente planas y mutuamente paralelas, como se describirá a continuación en más detalle. Los larguerillos 136 pueden estar estructuralmente unidos al revestimiento 120 de ala inferior, y pueden extenderse generalmente paralelos a la dirección D1 de envergadura, como se muestra. Los largueros 128, 132 pueden conectar respectivamente los bordes anterior y posterior de los revestimientos 120, 124 para formar un cajón de ala (como puede verse en la Fig. 4) del ala 104. Se puede formar una pluralidad de orificios 142 en el revestimiento 120 de ala inferior, y se pueden configurar para permitir el acceso selectivo a un interior del cajón de ala.

Las costillas 140 pueden extenderse generalmente en perpendicular a la dirección D1 de envergadura. Las porciones inferiores de las costillas 140 pueden acoplarse a los larguerillos 136 y/o al revestimiento 120 de ala inferior, y las porciones superiores de las costillas 140 pueden acoplarse al revestimiento 124 del ala superior, reforzando así el cajón de ala (por ejemplo, junto con los larguerillos 136), como también se describirá a continuación con más detalle.

Como se muestra, la sección 112 de cola puede incluir estructuras de ala (o similar a ala), tales como estabilizadores 144 horizontales, y un estabilizador 148 vertical. En algunas realizaciones, uno o más larguerillos, similares a larguerillos 136, tales como un larguerillo de tablón, pueden estar estructuralmente unido a una superficie interior de un revestimiento de cualquiera de los estabilizadores 144, 148 (por ejemplo, o a un panel de tensión del empenaje de una aeronave si así se incluye). Por ejemplo, los larguerillos de material compuesto laminados que tienen respectivas secciones transversales trapezoidales sólidas (por ejemplo, similares a las que se muestran en la Fig. 5, que se describirán a continuación con más detalle) pueden unirse estructuralmente a una superficie interior de un revestimiento de ala superior de estabilizadores 144 horizontales, y acoplado a una o más costillas asociadas. En algunas realizaciones, uno o más larguerillos, similares a los larguerillos 136, pueden estar estructuralmente unidos a un panel de tensión de un cajón de torque asociada con una superficie 118 de control respectiva.

La Fig. 2 muestra una configuración ilustrativa de larguerillos 136 y costillas 140 en un ejemplo de la realización de ala de tres piezas. Como se muestra, el revestimiento 120 de ala inferior puede incluir una porción 120a del costado de estribor, una porción 120b central, y una porción 120c del costado de babor. La porción 120a del costado de estribor se puede conectar a la porción 120b central mediante una primera unión 152 del costado del cuerpo (por ejemplo, y una pluralidad de sujetadores). La porción 120c del costado de babor se puede conectar a un lado opuesto de la

porción 120b central mediante una segunda unión 156 del lado del cuerpo. Mientras que las uniones 152, 156 se muestran generalmente alineadas con los lados laterales del fuselaje 108, en otras realizaciones, estas uniones pueden estar ubicadas en otros lugares adecuados, tales como fuera de los respectivos lados laterales del fuselaje 108.

5 En la realización mostrada, nueve de los larguerillos 136, a saber, larguerillos 136a-i, se extienden a lo largo de la porción 120a. De forma similar, nueve de los larguerillos 136, a saber, larguerillos 136j-r (por ejemplo, generalmente indicados colectivamente aquí), pueden extenderse a lo largo de la porción 120b y pueden estar generalmente alineados respectivamente con porciones internas de larguerillos 136a-i. De manera similar, nueve de los larguerillos 136, a saber, larguerillos 136s-z y 136zz, pueden extenderse a lo largo de la porción 120c. Como se muestra, las porciones internas de los larguerillos 136s-z, 136zz pueden estar generalmente alineadas respectivamente con los larguerillos 136j-r.

15 Una pluralidad de costillas 140, algunas de las cuales están indicadas respectivamente en 140a, 140b, 140c, se pueden colocar en la porción 120a adyacente. De manera similar, otras pluralidades de costillas 140, algunas de las cuales están indicadas respectivamente en 140d, 140e, 140f, 140g, pueden colocarse adyacentes a las porciones 120b, 120c respectivas, como se muestra.

Más específicamente, como se puede ver en las Figs. 2 y 3, el revestimiento 120 de ala inferior puede tener una superficie 160 interior (véase la Fig. 2) y una superficie 164 exterior opuesta (véase la Fig. 3). La superficie 164 exterior puede definir una superficie exterior inferior del ala 104. La superficie 160 interior puede tener una longitud L1 (véase la Fig. 3) que se extiende generalmente paralela a la dirección D1 de envergadura. Cada uno de los larguerillos 136 puede ser un larguerillo de material compuesto laminado. La mayoría de cada larguerillo de material compuesto laminado se puede caracterizar por una pluralidad apilada de capas en general planas de material de refuerzo (por ejemplo, que se describirá a continuación en más detalle con referencia a la Fig. 5). Cada pluralidad apilada de capas en general planas se puede unir estructuralmente como una pila a la superficie 160 interior y puede extenderse generalmente paralela a la superficie 160 interior y a la dirección D1 de envergadura a lo largo de una porción sustancial de la superficie 160 interior (por ejemplo, a lo largo de una porción sustancial de la longitud L1). Como tales, los larguerillos 136 pueden parecerse a tabloncillos (y/o referirse a ellos).

30 Por ejemplo, cómo se puede ver en la Fig. 2 con referencia a la Fig. 3, los larguerillos 136c, 136d, 136f, 136g pueden extenderse a lo largo de una mayoría de la superficie 160 interior asociada con la porción 120a de lado de estribor del revestimiento 120 de ala inferior. De forma similar, los larguerillos 136u, 136v, 136x, 136y pueden extenderse a lo largo de una mayoría de la superficie 160 interior asociada con la porción 120c del costado de babor del revestimiento 120 de ala inferior. Además, cada uno de los larguerillos 136j-r puede extenderse a lo largo de la mayoría de la superficie 160 interior asociada con la porción 120b central del revestimiento 120 de ala inferior.

35 Los extremos de salida de cada uno de los larguerillos 136 pueden tener un espesor que se estrecha hacia la superficie 160 interior, lo que puede mejorar la integridad de la pila asociada de material de refuerzo unido estructuralmente. Por ejemplo, como se muestra en la Fig. 3, el larguerillo 136f puede tener extremos 170a, 170b de salida opuestos. El extremo 170a puede estar dispuesto cerca de una primera punta 104c de ala del ala 104 (por ejemplo, del ala 104 lateral de estribor) y puede tener un espesor que se estrecha hacia la superficie 160 en una dirección alejada del extremo 170b, como se muestra. El extremo 170b puede estar dispuesto cerca de la unión 152, y puede tener un grosor que se estrecha hacia la superficie 160 en una dirección que se aleja del extremo 170a.

40 De forma similar, el larguerillo 136x puede tener extremos 174a, 174b de salida opuestos. El extremo 174a puede estar dispuesto cerca de una segunda punta 104d de ala (por ejemplo, la punta 104c de ala opuesta) del ala 104 (por ejemplo, del ala 104 del lado de babor) y puede tener un espesor que se estrecha hacia la superficie 160 en una dirección alejada del extremo 174b, como se muestra. El extremo 174b puede estar dispuesto cerca de la unión 156, y puede tener un espesor que se estrecha hacia la superficie 160 en una dirección que se aleja del extremo 174a. Como también se muestra, el larguerillo 136r puede tener extremos 178a, 178b opuestos de salida que están dispuestos respectivamente cerca de las uniones 152, 156 y tienen respectivos espesores que se estrechan hacia la superficie 160 interior asociada con la porción 120b central del revestimiento 120 de ala inferior.

50 Como también se muestra en la Fig. 3, el revestimiento 124 del ala superior puede incluir porciones 124a, 124b, 124c del lado de estribor, central y del lado de babor, de una manera similar a las porciones 120a-c del revestimiento 120 de ala inferior. Por ejemplo, la porción 124a puede estar conectada a un lado de la porción 124b central por una tercera unión 300 lateral del cuerpo, y la porción 124c puede estar conectada a un lado opuesto de la porción 124b central por una cuarta unión 304 lateral del cuerpo. Además, la porción 124a se puede conectar a la porción 120a en la punta 104c de ala, (o proximal), y la porción 124c se puede conectar a la porción 120c en la punta 104d de ala (o proximal).

55 Debe observarse que las costillas 140 no se muestran en la Fig. 3 para simplificar la ilustración de la extensión de los larguerillos 136. Sin embargo, en las Figs. 4 y 5, la costilla 140a se muestra acoplada a los larguerillos 136. En particular, la Fig. 4 es una sección transversal del cajón de ala (por ejemplo, que incluye el revestimiento 120 de ala inferior, el revestimiento 124 del ala superior y los largueros 128, 132 delantero y trasero) tomada a lo largo de la línea

4-4 en la Fig. 2. Como se muestra, los larguerillos 136a-d, 136f-i se pueden unir al revestimiento 120 de ala inferior. La costilla 140a puede extenderse generalmente perpendicular a los larguerillos 136a-d, 136f-i, y puede colocarse adyacente a la superficie 160 interior y el revestimiento 120 de ala inferior opuesta con respecto a los larguerillos 136a-d, 136f-i.

5 Un sujetador 400, tal como un perno u otro dispositivo de sujeción mecánico adecuado, puede extenderse a través del revestimiento 120 de ala inferior, a través del larguerillo 136g, y dentro de la costilla 140a (por ejemplo, a través de una pestaña 402 de costilla de la costilla 104a). De forma similar, los sujetadores 404, 408, 412, 416, 420, 424, 428 pueden extenderse a través del revestimiento 120, a través de los respectivos larguerillos 136a, 136b, 136c, 136d, 136f, 136h, 136i, y a la costilla 140a (por ejemplo, a través de la pestaña 402 de costilla) Aunque la pestaña 402 de costilla se muestra como continua entre los larguerillos 136 adyacentes , en algunas realizaciones la pestaña de la costilla puede no ser continua, sino que más bien incluye partes adyacentes a través de las cuales se pueden extender respectivamente los sujetadores.

15 Más específicamente, en el ejemplo mostrado, los sujetadores 400, 404, 408, 412, 416, 420, 424, 428 pueden extenderse a través de una sección transversal trapezoidal sólida del larguerillo respectivo. Como también se muestra, cada una de estas secciones transversales puede extenderse en un plano (por ejemplo, paralelo a la vista de la Fig. 4) que está sustancialmente paralelo y (sustancialmente y/o en general) alineado con la costilla 140a. La mayoría de cada una de estas secciones transversales trapezoidales sólidas se puede caracterizar por una pila respectiva de capas en general planas de material de refuerzo unidas estructuralmente entre sí y a un revestimiento 120 inferior de ala por material de matriz, por ejemplo, de una manera similar al larguerillo 136g, que ahora se describirá con más detalle.

25 En particular, Fig. 5 muestra una vista más detallada de la región 5 en la Fig. 4, en la que una pluralidad apilada de capas en general planas de material de refuerzo (por ejemplo, como se describió anteriormente, y se muestra esquemáticamente aquí), generalmente indicada en 500, y formando el larguerillo 136g, se puede ver. Aquí se muestran esquemáticamente las fibras de algunas capas (por ejemplo, y su dimensión es exagerada) para simplificar la ilustración. Cada una de las capas 500 (por ejemplo, fibras en cada una de las capas) puede ser localmente paralela a la superficie 164 exterior inferior del ala 104. Por ejemplo, las capas 500 pueden incluir una pluralidad de subconjuntos de capas, tales como subconjuntos 500a-g. Las capas en cada uno de los subconjuntos 500a-g pueden extenderse generalmente paralelas entre sí, al revestimiento 120 de ala (por ejemplo, a una porción local de la superficie 160 interior, y/o a una porción local de la superficie 164 exterior), y/o las capas de los otros subconjuntos de capas 500.

35 Como se muestra, una mayoría del larguerillo 136g se puede caracterizar por capas 500. Como se mencionó, las capas 500 pueden extenderse generalmente paralelas a la superficie 160 interior y la dirección D1 de envergadura (véanse las Figs. 2 y 3) a lo largo de una porción sustancial de la superficie 160 interior. En algunas realizaciones, una o más capas 500 pueden no ser continuas a lo largo de una extensión completa del larguerillo 136g. Por ejemplo, una capa en la que se puede disponer una capa puede incluir múltiples capas (directamente) adyacentes a la misma y/o generalmente coplana con la misma.

40 En algunas realizaciones, un número de capas en la pluralidad apilada de capas 500 y dispuestas en la sección transversal trapezoidal del larguerillo 136g pueden estar en un intervalo de aproximadamente 100 a 200 capas. Por ejemplo, cada uno de los subconjuntos 500a-g puede incluir un número de capas en un intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 30 capas. Dicho intervalo de capas (por ejemplo, junto con un número de capas 502 del revestimiento 120, que puede incluir aproximadamente de 25 a 45 capas) puede ser adecuada para ser cocuradas entre sí, como se describirá con más detalle a continuación. Por ejemplo, como se describió anteriormente, el revestimiento 120 de ala inferior puede ser un material compuesto laminado que incluye capas 502, que pueden ser una pluralidad de capas de material de refuerzo generalmente paralelas. Por ejemplo, en la realización mostrada, puede haber aproximadamente 160 capas en la sección transversal del larguerillo 136g, y aproximadamente 36 capas en la sección transversal del revestimiento 120.

55 Sin embargo, para simplificar la ilustración (por ejemplo, como se mencionó anteriormente), se representan esquemáticamente fibras de solo unas pocas capas de capas 500 en la Fig. 5, concretamente fibras 504a, 508a, 512a, 516a de capas 504, 508, 512, 516 respectivas de una pluralidad apilada de capas 500. Las fibras de las capas 500 pueden ser fibras de carbono, o cualquier otro material de refuerzo adecuado. Como se muestra en la Fig. 5, el larguerillo 136g (por ejemplo, compuesto de capas 500 y formando una estructura en forma de tablón que se extiende generalmente paralela a la dirección D1 de envergadura - véase Fig. 2) tiene una sección transversal trapezoidal generalmente sólida cuando se ve en un plano que es generalmente perpendicular a la dirección D1 de envergadura, así que la primera superficie 160 interior proximal de la capa 504 tiene una anchura W1 que es más amplia que una anchura W2 de la segunda capa 508 que está más lejos de la superficie 160 interior que la primera capa 504. Los anchos W1, W2 pueden ser cualquier dimensión adecuada. Por ejemplo, el ancho W1 puede estar en un rango de aproximadamente 7.62 cm a 12.7 cm (3 pulgadas a 5 pulgadas), y el ancho W2 puede estar en un rango de aproximadamente 5.08 cm a 10.16 cm (2 pulgadas a 4 pulgadas).

Como se muestra, la sección transversal del larguerillo 136g (por ejemplo, la mayoría de las cuales puede estar compuesta de fibras de capas 500) puede ser generalmente ahusada y sólida, con un ancho que disminuye según se mida localmente paralelo a la superficie 164 exterior inferior, al progresar desde el revestimiento 120 de ala inferior adyacente a la costilla 140a adyacente.

5 En contraste con una cubierta de larguerillo, que generalmente es hueca, las capas 500 pueden llenar una porción sustancial de la sección transversal trapezoidal sólida del larguerillo 136g. Por ejemplo, las capas 500 (por ejemplo, sus fibras) pueden llenar la mayoría de la sección transversal, o toda la sección transversal, por ejemplo, junto con el material 520 de matriz, que puede unir estructuralmente las capas 500 entre sí y con las capas 502 del revestimiento 120. Por ejemplo, el material 520 de matriz puede ser un polímero, tal como una resina de polímero, que cuando se cura puede unir estructuralmente las capas 500 (y el revestimiento 120 de ala inferior). En algunas realizaciones, las capas 500 y/o las capas del revestimiento 120 se pueden impregnar previamente con material 520 de matriz (por ejemplo, estas capas pueden ser "preimpregnadas"), lo que puede proporcionar procedimientos de colocación y curado mejorados, que se describirán más abajo en más detalle con referencia a las Figs. 13-15. En algunas realizaciones, las capas 500 pueden incluir fibra seca infundida con resina, termoplástico, similares, y/o cualquier combinación adecuada de los mismos.

En particular, como se representa esquemáticamente aquí en la Fig. 5, las capas 500 pueden incluir (o ser) una pluralidad de capas de cinta (por ejemplo, cinta preimpregnada) dispuestas, con respecto a un eje A1 de la sección transversal trapezoidal del larguerillo 136g, a una pluralidad de ángulos diferentes, como ángulos aproximados de 0 grados, -30 grados, -45 grados, -60 grados, 90 grados, 60 grados, 45 grados, 30 grados, y/o cualquier otro ángulo adecuado y/o mezcla de laminados. Como se muestra, el eje A1 puede ser localmente perpendicular (por ejemplo, normal) a la superficie 164 exterior. Una disposición aproximada de cero (0) grados puede corresponder a fibras en la capa de cinta asociada que se extiende generalmente paralela a la dirección D1 de envergadura (por ejemplo, una dirección normal a la vista de la Fig.5). Por ejemplo, la capa 504 puede ser una capa de cinta dispuesta a aproximadamente 45 grados de tal forma que las fibras 504a de la capa 504 se extienden generalmente hacia la izquierda en la vista de la Fig. 5, formando ángulos respectivos de aproximadamente 45 grados con el plano de la vista. De forma similar, las fibras 508a de la capa 508 pueden disponerse en ángulos aproximados de -45 grados (por ejemplo, extendiéndose generalmente hacia la derecha en la vista de la Fig. 5). Las fibras 512a de la capa 512 pueden estar dispuestas en ángulos aproximados de 0 grados, extendiéndose de ese modo aproximadamente en una dirección normal a la vista de la Fig. 5. Las fibras 516a de la capa 516 pueden estar dispuestas en ángulos aproximados de 90 grados, extendiéndose de ese modo en general perpendicularmente a la dirección D1 de envergadura, y al eje A1.

Como se mencionó anteriormente, la pluralidad apilada de capas 500 que forman el larguerillo (o tablón, o larguerillo de tablón) 136g, puede incluir un número relativamente grande de capas, tal como aproximadamente 160 capas. Listado a continuación en la Tabla 1, hay un ejemplo de dicha configuración. Debe entenderse que los recuentos de capas y las orientaciones en la Tabla 1 (y las otras tablas de capas divulgadas en este documento) son meramente de ejemplo y que son posibles otras configuraciones, mezclas de laminados, números de capas, y/u orientaciones.

Tabla 1:

Capa	Orientación
P1	45
P2	90
P3	-45
P4	0
P5	0
P6	45
P7	0

Capa	Orientación
P8	0
P9	-45
P10	0
P11	0
P12	45
P13	90
P14	-45
P15	0
P16	0
P17	45
P18	0
P19	0
P20	-45
P21	0
P22	0
P23	45
P24	90
P25	-45
P26	0
P27	0
P28	45
P29	0
P30	0

Capa	Orientación
P31	-45
P32	0
P33	0
P34	45
P35	90
P36	-45
P37	0
P38	0
P39	45
P40	0
P41	0
Capa	Orientación
P42	-45
P43	0
P44	0
P45	45
P46	90
P47	-45
P48	0
P49	0
P50	45
P51	0
P52	0

Capa	Orientación
P53	-45
P54	0
P55	0
P56	45
P57	90
P58	-45
P59	0
P60	0
P61	45
P62	0
P63	0
P64	-45
P65	0
P66	0
P67	45
P68	90
P69	-45
P70	0
P71	0
P72	45
P73	0
P74	0
P75	-45

Capa	Orientación
P76	0
P77	0
P78	45
P79	90
P80	-45
P81	0
P82	0
P83	45
P84	0
P85	0
P86	-45
P87	0
P88	0
P89	45
P90	90
P91	-45
P92	0
P93	0
P94	45
P95	0
P96	0
P97	-45
P98	0

Capa	Orientación
P99	0
P100	45
P101	90
P102	-45
P103	0
P104	0
P105	45
P106	0
P107	0
P108	-45
P109	0
P110	0
P111	45
P112	90
P113	-45
P114	0
P115	0
P116	45
P117	0
P118	0
P119	-45
P120	0
P121	0

Capa	Orientación
P122	45
P123	90
Capa	Orientación
P124	-45
P125	0
P126	0
P127	45
P128	0
P129	0
P130	-45
P131	0
P132	0
P133	45
P134	90
P135	-45
P136	0
P137	0
P138	45
P139	0
P140	0
P141	-45
P142	0
P143	0

Capa	Orientación
P144	45
P145	90
P146	-45
P147	0
P148	0
P149	45
P150	0
P151	0
P152	-45
P153	0
P154	45
P155	0
P156	-45
P157	0
P158	45
P159	90
P160	-45
P161	0/90

5 En particular, la capa P1 listada en la Tabla 1 puede corresponder a una capa adyacente a la superficie 160 interior, tal como la capa 504, y la capa P160 listada en la Tabla 1 puede corresponder a una capa de una pluralidad apilada de capas 500 que es generalmente paralela y más alejada de la superficie 160 interior, con capas P2-P159 colocadas en serie entre ellas. La columna de orientación en la Tabla 1 puede corresponder a una disposición aproximada de cinta de fibras de la capa asociada. Por ejemplo, la capa P1 puede tener fibras dispuestas con respecto al eje A1 en ángulos de aproximadamente 45 grados, mientras que la capa P161, que puede ser una capa de envoltura de tela opcional que se extiende sobre las capas 500, extendiéndose sobre (o incluida en) la superficie 160 interior, y/o extendiéndose sobre la pluralidad apilada de capas de uno o más de los otros larguerillos de la pluralidad de larguerillos 136, puede tener fibras dispuestas en respectivos ángulos de aproximadamente 0 grados y 90 grados con respecto al eje A1 (y/u otro eje localmente perpendicular) a la superficie 160 interior de un área asociada del revestimiento 120).

10

5 Por ejemplo, las capas P1-P29 se pueden incluir en el subconjunto 500g. Las capas P30-P51 se pueden incluir en el subconjunto 500f. Las capas P52-P73 pueden incluirse en el subconjunto 500e. Las capas P74-P95 pueden incluirse en el subconjunto 500d. Las capas P96-P117 pueden incluirse en el subconjunto 500c. Las capas P118 - P139 pueden incluirse en el subconjunto 500b. Las capas P140-P160 pueden incluirse en el subconjunto 500a. En algunas realizaciones, las capas P1-P160 pueden ser cada una de ellas de un material compuesto termoestable preimpregnado, tal como una matriz polimérica epoxilica endurecida preimpregnada en una cinta unidireccional de fibra de carbono continua o una tela de fibra de carbono tejida. En algunas realizaciones, uno o más agentes de rigidez de tablón o larguerillos, tales como el larguerillo 136g, pueden construirse con otros tipos de compuestos de fibra de carbono (u otras fibras de refuerzo). Una alternativa son los materiales compuestos de fibra de carbono termoplástica, que pueden construirse a partir de fibras de carbonos continuas, impregnadas con un polímero termoplástico, tal como la cetona de poliéter cetona (PEKK-FC), en cinta unidireccional o en forma de tela tejida. Otra alternativa es la cinta y/o revestimiento termoestable infundido con resina de fibra de carbono seca, que puede construirse a partir de fibras de carbono continuas dispuestas en cinta seca o en forma de revestimiento, inyectadas con material de matriz polimérica epoxilica, y luego curadas. La capa P161 puede ser una capa de envoltura de revestimiento, que puede 15 impregnarse previamente con material de matriz termoestable o termoplástico o infundirse posteriormente con material de matriz termoplástico, o puede ser otro material compuesto adecuado.

Volviendo a la Fig. 5, la sección transversal trapezoidal del larguerillo 136g puede incluir una porción 550 superior y una porción 552 inferior. Como se muestra, la porción 552 inferior puede estar dispuesta entre la porción 550 superior y la superficie 160 interior. En algunas realizaciones, la porción 550 superior y la porción 552 inferior pueden incluir aproximadamente el mismo número de capas (por ejemplo, capas de cinta). Por ejemplo, la porción 550 superior puede incluir subconjuntos 500a-c y una porción superior del subconjunto 500d. La porción 552 inferior puede incluir subconjuntos 500e-g y una porción inferior del subconjunto 500d. Por ejemplo, la porción 552 inferior puede incluir las capas P1-P80, y la porción 550 superior puede incluir las capas P81-P160. Como puede verse con referencia a la Tabla 1, las porciones superior e inferior pueden incluir un porcentaje aproximadamente igual de capas de cinta dispuestas en ángulos aproximados de 0 grados, con ambas porciones que incluyen más capas de orientación de 0 grados (por ejemplo, capas de cinta) que otras capas de grado de orientación. Dicha configuración puede dar como resultado un larguerillo 136g que tiene una fuerza de restauración característica de aproximadamente 207 MPa (30 kips/pulgada), u otro nivel adecuado. Además, una configuración de este tipo puede mejorar el rendimiento estructural del larguerillo 136g, por ejemplo, en comparación con un larguerillo de cubierta o un larguerillo de cuchilla, tal como un larguerillo con forma de "I" o "T". Por ejemplo, los larguerillos de cubierta se forman normalmente con formas complejas de envoltura generalmente huecas, que normalmente requieren la misma mezcla laminada a través de la forma correspondiente. De forma similar, los larguerillos de cuchilla se forman normalmente con componentes que forman ángulos rectos entre sí, lo que también implica normalmente la formación con la misma mezcla laminada a través de la forma correspondiente.

Además, como también se puede ver con referencia a la Tabla 1, las porciones 550, 552 superior e inferior puede cada una incluir capas de cinta dispuestas en ángulos aproximados de 0 grados, negativos (-) 45 grados, 90 grados y 45 grados. En algunas realizaciones, las porciones 550, 552 superior y/o inferior pueden incluir otras mezclas laminadas adecuadas u orientaciones de capas, tales como una o más capas de cinta dispuestas en ángulos aproximados de +/-30 grados, +/-60 grados, y/o cualquier otro ángulo adecuado.

Con el larguerillo 136g, más capas de cero grados (por ejemplo, cinta dispuesta aproximadamente a 0 grados) pueden ser desviadas hacia la porción superior del larguerillo 136g (por ejemplo, la superficie 160 interior opuesta). Por ejemplo, un mayor porcentaje de capas de cinta puede disponerse en un ángulo aproximado de 0 grados en la porción 550 superior de la sección transversal trapezoidal del larguerillo 136g que en la porción 552 inferior de la sección transversal trapezoidal del larguerillo 136g. Tal configuración puede potenciar una capacidad estructural del larguerillo 136g, por ejemplo, cuando reacciona a cargas ejercidas sobre el ala 104. Por ejemplo, las capas de 0 grados tienden a proporcionar una mayor rigidez en una dirección de carga primaria del ala 104, y poniendo más de estas capas en la porción 550 superior, se puede elevar efectivamente un momento de inercia de la sección transversal del larguerillo 136g, mejorando así la capacidad estructural del larguerillo 136g. Un ejemplo de tal disposición se muestra en la Tabla 2 a continuación, donde las capas P1-P160 pueden estar dispuestas en la sección transversal trapezoidal del larguerillo 136g, como se describió anteriormente.

Tabla 2:

Capa	Orientación
P1	0
P2	45

Capa	Orientación
P3	-45
P4	0
P5	45
P6	90
P7	-45
P8	0
P9	45
P10	0
P11	-45
P12	45
P13	0
P14	-45
P15	0
P16	45
P17	90
P18	-45
P19	0
P20	45
P21	-45
P22	0
P23	0
P24	-45
P25	45

Capa	Orientación
P26	0
P27	-45
P28	90
Capa	Orientación
P29	45
P30	0
P31	-45
P32	0
P33	45
P34	-45
P35	0
P36	45
P37	0
P38	-45
P39	90
P40	45
P41	0
P42	-45
P43	45
P44	0
P45	0
P46	-45
P47	0

Capa	Orientación
P48	0
P49	45
P50	90
P51	-45
P52	0
P53	45
P54	0
P55	-45
P56	45
Capa	Orientación
P57	0
P58	-45
P59	0
P60	45
P61	90
P62	-45
P63	0
P64	0
P65	45
P66	0
P67	0
P68	45
P69	0

Capa	Orientación
P70	0
P71	-45
P72	90
P73	45
P74	0
P75	-45
P76	0
P77	45
P78	-45
P79	0
P80	45
P81	0
P82	-45
P83	90
P84	45
Capa	Orientación
P85	0
P86	0
P87	-45
P88	0
P89	0
P90	45
P91	0

Capa	Orientación
P92	0
P93	-45
P94	90
P95	45
P96	0
P97	0
P98	-45
P99	0
P100	0
P101	45
P102	0
P103	0
P104	-45
P105	90
P106	45
P107	0
P108	0
P109	-45
P110	0
P111	0
P112	-45
Capa	Orientación
P113	0

Capa	Orientación
P114	0
P115	45
P116	90
P117	-45
P118	0
P119	0
P120	45
P121	0
P122	0
P123	-45
P124	0
P125	0
Capa	Orientación
P126	45
P127	90
P128	-45
P129	0
P130	0
P131	45
P132	0
P133	0
P134	0
P135	0

Capa	Orientación
P136	-45
P137	90
P138	45
P139	0
P140	0
P141	0
P142	-45
P143	0
P144	0
P145	0
P146	45
P147	90
P148	45
P149	0
P150	0
P151	0
Capa	Orientación
P152	-45
P153	0
P154	0
P155	0
P156	45
P157	90

Capa	Orientación
P158	-45
P159	0
P160	0
P161	0

De manera similar, uno o más de los otros larguerillos de la pluralidad de larguerillos 136 puede tener un mayor porcentaje de capas de cinta dispuestas en un ángulo de aproximadamente 0 grados en una porción superior de la sección transversal asociada que en una porción inferior de la sección transversal asociada.

5 Como se puede ver en la Fig. 5, el lado lateral opuesto de la sección transversal trapezoidal del larguerillo 136g puede formar ángulos respectivos θ_1 , θ_2 con una porción local de la superficie 160 interior (por ejemplo, y una porción local de la superficie 164 exterior). Por ejemplo, cada uno de estos ángulos puede estar en un intervalo de aproximadamente 15 grados a 60 grados, lo que puede proporcionar un momento de vuelco mejorado para el larguerillo 136g y/o la integridad estructural mejorada del larguerillo 136g. Por ejemplo, cada uno de los ángulos θ_1 , θ_2 puede ser de aproximadamente 45 grados, como se muestra. Como se puede ver en la Fig. 4, otras secciones transversales trapezoidales de otros larguerillos de la pluralidad de larguerillos 136 pueden tener, de forma similar, lados laterales respectivos que forman ángulos respectivos similares con porciones locales respectivas del revestimiento 120 de ala inferior.

15 Como se muestra en las Figs. 4-6, la costilla 140a (por ejemplo, la pestaña 402 de costilla de la misma) puede estar conformada para definir un pasadizo 600 entre la pestaña 402 de costilla y la superficie 160 interior. El larguerillo 136g puede pasar (o extenderse) a través del pasadizo 600 de manera que la sección transversal trapezoidal (por ejemplo, una superficie superior del mismo) puede estar interconectada con la pestaña 402 de costilla, como se puede ver particularmente bien en la Fig. 5. Dicha configuración puede permitir una interfaz mejorada de costilla a larguerillo, como se mencionó anteriormente. Por ejemplo, se puede formar una abertura 602 en el revestimiento 120 de ala inferior, y se puede extender a través del larguerillo 136g. Otra abertura 604 puede formarse en la pestaña 402 de costilla, y puede alinearse con la abertura 602. El sujetador 400 puede extenderse a través de aberturas 602, 604 alineadas, de modo que una porción de cabeza del sujetador 400 presiona hacia arriba contra el revestimiento 120 de ala, y un extremo distal del sujetador 400 sobresale a través de la pestaña 402 de costilla opuesta al revestimiento 120 de ala, como se muestra. Se puede enroscar una tuerca 606 en el extremo distal del sujetador 400, sacando de este modo el extremo distal del sujetador 400 hacia arriba y acoplado la pestaña 402 de costilla a la superficie superior de la sección transversal trapezoidal del larguerillo 136g. Sin embargo, en otras realizaciones, pueden utilizarse otros dispositivos de sujeción, aparatos y/o mecanismos.

20 Otros larguerillos de la pluralidad de larguerillos 136 pueden estar interconectados de manera similar con la costilla 140a (y/u otras costillas asociadas). Por ejemplo, los larguerillos 136a-d, 136f, 136h, 136i pueden extenderse al larguerillo 136g adyacente (por ejemplo, a lo largo de una porción sustancial de la superficie 160 interior - ver la Fig. 3). Como se puede ver en la Fig. 5, la pestaña 402 de costilla puede tener una superficie 402a inferior generalmente regulada. La superficie 402a puede interconectarse con un primer subconjunto de larguerillos 136a-d, 136f, 136h, 136i (por ejemplo, larguerillos 136f, 136h, 136i) además del larguerillo 136g de modo tal que una mayoría de la superficie 160 interior esté directamente debajo de la superficie 402a y no contacta con la superficie 402a. Por el contrario, la mayoría de la superficie 160 interior directamente debajo de la superficie 402a se puede separar de la superficie 402a por una altura H1 (véase la Fig. 5) del pasadizo 600. Por ejemplo, la altura H1 puede extenderse desde la pestaña 402 de costilla (por ejemplo, la superficie 402a) a la superficie 160 interior. La sección transversal trapezoidal del larguerillo 136g (por ejemplo, así como las otras secciones transversales trapezoidales de los otros larguerillos que se extienden a través del pasadizo 600) pueden tener una altura H2 que se extiende en una dirección localmente normal a la superficie 160 interior. La altura H1 del pasadizo 600 puede tener sustancialmente la misma altura que la altura H2 de la sección transversal trapezoidal del larguerillo 136g (y/o de las secciones transversales trapezoidales de los otros larguerillos).

45 En algunas realizaciones, la altura H1 del pasadizo 600 puede extenderse no más de 5,08 cm (dos pulgadas) desde la superficie 160 interior en la dirección localmente normal a la superficie 160 interior. Dicha configuración puede permitirse porque la altura H2 que es sustancialmente menor que la de los larguerillos de material compuesto preexistentes (por ejemplo, larguerillos en forma de "I" o "T"). Por ejemplo, la altura H2 puede ser de aproximadamente

- 2.54 a 5.08 cm (1 a 2 pulgadas). Por ejemplo, la altura H2 puede ser de aproximadamente 3,076 cm (1,211 pulgadas), con el larguerillo 136g que incluye aproximadamente 160 capas en la sección transversal trapezoidal asociada, teniendo cada capa un grosor de aproximadamente 0,01923 cm (0,00757 pulgadas). La sección transversal trapezoidal del larguerillo 136g puede tener un ancho de base (por ejemplo, ancho W1) que es aproximadamente de 5,08 a 12,7 cm (2 a 5 pulgadas) (por ejemplo, aproximadamente 10,0013 cm (3,9375 pulgadas), y un ancho superior (por ejemplo, ancho W2) que es aproximadamente de 2.3 a 5.08 cm (.9 a 2 pulgadas) (por ejemplo, aproximadamente 3.81 cm (1.5 pulgadas)). En consecuencia, la altura H1 puede ser (ligeramente mayor que) de aproximadamente 3,076 cm (1,211 pulgadas). Sin embargo, los larguerillos (y/o los pasadizos asociados) de acuerdo con las presentes enseñanzas, pueden tener otras alturas y anchuras adecuadas.
- 5
- 10 Como también se puede ver en la Fig. 4, la costilla 140a (por ejemplo, la pestaña 402 de costilla de ésta) puede contactar el revestimiento 120 de ala inferior entre el larguerillo 136g y un segundo subconjunto de larguerillos 136a-d, 136f, 136h, 136i (por ejemplo, larguerillos 136a-d). En particular, la pestaña 402 de costilla puede contactar una porción de la superficie 160 interior entre los larguerillos 136d, 136f. La pestaña 402 de costilla que se pone en contacto con el revestimiento 120 de ala puede estar unida al revestimiento 120 de ala mediante uno o más sujetadores, tales como sujetadores 610, 614, 618, 622. Por ejemplo, los sujetadores 604, 608, 612, 616 pueden extenderse a través del revestimiento 120 de ala inferior del ala y a través de la costilla 140a (por ejemplo, a través de la pestaña 402 de costilla. Como también se muestra, el segundo subconjunto de larguerillos, a saber, larguerillos 136a-d, puede pasar a través de un segundo pasadizo 630. El pasadizo 630 puede estar estructurado de una manera similar al pasadizo 600. Por ejemplo, una segunda superficie 402b inferior generalmente regulada de la pestaña 402 de costilla puede estar conformada para definir el pasadizo 630 entre la superficie 402b y la superficie 160 interior en una región cerca de los larguerillos 136a-d.
- 15
- 20
- La Fig. 4 muestra una porción superior de la costilla 140a acoplada al revestimiento 124 de ala superior (por ejemplo, un revestimiento de ala de material compuesto laminado), mediante una pluralidad de sujetadores, algunos de los cuales están indicados en 650. El revestimiento 124 del ala superior puede estar reforzado por uno o más larguerillos en T, tales como el larguerillo 654 en T, y uno o más larguerillos de cubierta, tales como el larguerillo 658 de cubierta. Sin embargo, las estructuras de material compuesto laminado de estos elementos pueden no permitir la unión directa de sujetadores de costilla de porciones de estos elementos del revestimiento 124 del ala superior distal, como se describió anteriormente. En algunas realizaciones, uno o más larguerillos de estructura similar al larguerillo 136g pueden estar estructuralmente unidos al revestimiento 124 del ala superior, permitiendo de este modo la unión directa a la porción superior de la costilla 140a.
- 25
- 30
- En algunas realizaciones, otras costillas de la pluralidad de costillas 140 pueden conformarse estrechamente al revestimiento 120 de ala inferior (por ejemplo, y el revestimiento 124 del ala superior). Los pares de tales costillas de conformación cercanas pueden formar paredes laterales opuestas de compartimentos (o tanques) sustancialmente sellados dentro del ala 104, por ejemplo, que pueden usarse para transportar combustible para las unidades 116 de propulsión. Por ejemplo, como se muestra en la Fig. 6, la costilla 140b puede incluir una pestaña 670 de costilla inferior, que puede conformarse estrechamente a la superficie 160 interior, y a porciones superiores y lados laterales opuestos de larguerillos tabloneros 136b-d, 136f-h trapezoidales sólidos. Los sujetadores 672, 674, 676, 678, 680, 682 pueden extenderse a través del revestimiento 120 de ala inferior, a través de secciones transversales trapezoidales generalmente sólidas de larguerillos 136h, 136g, 136f, 136d, 136c, 136b, y a través de la pestaña 670 de costilla de la costilla 140b, por ejemplo, de manera similar al sujetador 400, como se describió anteriormente. De manera similar, una pluralidad de sujetadores, tales como el sujetador 684, pueden extenderse a través del revestimiento 120 de ala inferior, y a través del revestimiento 120 de ala de contacto de la pestaña de costilla (o proximal), por ejemplo de manera similar al sujetador 610 descrito anteriormente. Además, una porción superior de la costilla 140b puede estar sustancialmente sellada al revestimiento 124 del ala superior, y los lados laterales de la costilla 140b pueden estar sustancialmente sellados a los respectivos largueros 128, 132.
- 35
- 40
- 45
- En algunas realizaciones, se puede emplear un espaciamiento de costilla reducido y/o una costilla en forma de "V" para permitir que los larguerillos de tablon (por ejemplo, estructura similar al larguerillo 136g) se unan estructuralmente al panel superior (por ejemplo, el revestimiento de ala superior) de un cajón de torque (por ejemplo, un cajón de ala), así como a un panel inferior (por ejemplo, el revestimiento de ala inferior) del cajón de torque.
- 50
- Como se describió anteriormente, pares de costillas, tales como la costilla 140b, y la costilla 140c (véase la Fig. 2), que pueden ser de estructura similar a la costilla 140b, pueden formar lados opuestos de un tanque sustancialmente sellado. Mientras que uno o más de estos tanques pueden estar cerca de una o más unidades 116 de propulsión, puede ser preferible (por ejemplo, para propósitos de soportar cargas) ubicar uno o más de estos tanques más cerca del fuselaje 108, o más cerca de las porciones 104b de ala exteriores.
- 55
- Como se muestra en la Fig. 7, uno o más de los larguerillos 136 pueden incluir una o más transiciones curvas. Por ejemplo, el larguerillo 136f puede incluir una porción 700 curva, y el larguerillo 136d puede incluir una porción 704 curva. Dichas porciones curvas (o transiciones) de larguerillos 136 pueden permitirse mediante una configuración apilada de capas correspondientes que forman el larguerillo asociado, de manera que el larguerillo asociado tiene una sección transversal generalmente sólida, por ejemplo, similar a la del larguerillo 136g descrito anteriormente. Por

ejemplo, para formar la porción 700 curva, las capas 708 del larguerillo 136f se pueden cortar en formas planas que tienen bordes curvos, que luego se pueden curar sobre (o junto con, o antes a y luego curado con) al revestimiento 120 del ala inferior. Las capas 712 del larguerillo 136d pueden cortarse y curarse de manera similar para formar el larguerillo 136d que tiene la porción 704 curva.

5 En algunas realizaciones, el material compuesto utilizado para cada uno de los larguerillos 136 y los revestimientos 120, 124 de aeronave o de ala puede ser un material generalmente ligero, tal como una cinta o revestimiento de refuerzo impregnada previamente no curada (por ejemplo, preimpregnación). La cinta o tejido incluye normalmente una pluralidad de fibras tales como fibras de grafito que están incrustadas dentro de un material de matriz, tal como un polímero, por ejemplo, un epoxi o fenólico. La cinta o revestimiento podría ser unidireccional o tejida dependiendo del grado de refuerzo deseado. De este modo, la cinta o revestimiento preimpregnada generalmente se coloca sobre un mandril o molde para preformar la cinta o revestimiento en la forma deseada del larguerillo en particular de la pluralidad de larguerillos 136 como se definen por el mandril o molde. Sin embargo, como se describe a continuación, puede ser preferible tender capas de larguerillo directamente sobre el revestimiento 120 de ala inferior, en un ejemplo de procedimiento de curado conjunto, como se describirá con mayor detalle más adelante con referencia a las Figs. 13-15.

Además, los larguerillos 136 pueden ser de cualquier dimensión adecuada para proporcionar diversos grados de reforzamiento, y podrían estar compuestos por cualquier número de capas de cinta o revestimiento de preimpregnación. De manera similar, los revestimientos 120, 124 de aeronave podrían tener varios tamaños y espesores para ambas capas individuales y múltiples dependiendo del peso y la cantidad de soporte deseado.

20 En algunas realizaciones, uno o más extremos de salida del larguerillo, tales como los extremos 170a, 170b, 174a, 174b representados esquemáticamente en la Fig. 3, pueden abocinarse (por ejemplo, en una dirección generalmente mutuamente ortogonal con un eje alargado del larguerillo asociado y una dirección normal de la superficie a la que está unido estructuralmente el larguerillo asociado). Tal abocinado puede configurarse para "aliviar" la carga asociada del larguerillo asociado y dentro del panel de tensión (por ejemplo, el revestimiento del ala inferior).

25 En algunas realizaciones, uno o más de los larguerillos de tablón divulgados en el presente documento, tales como uno o más larguerillos 136, pueden tener una altura y/o anchura variadas a lo largo de su longitud, que pueden configurarse para optimizar aún más una característica estructural del torque de cajón (o componentes de éste). Por ejemplo, las secuencias de construcción divulgadas en el presente documento, tales como una capa por capa de un larguerillo de tablón, pueden permitir aumentar la altura y/o el ancho de larguerillo de tablón en una región donde el larguerillo de tablón está interconectado con una costilla. Por ejemplo, un ancho mayor puede permitir extender un segundo sujetador a través de una sección transversal trapezoidal asociada del larguerillo asociado directamente adyacente a un primer sujetador. El segundo sujetador puede extenderse de manera similar a través del panel de tensión asociado (por ejemplo, el revestimiento del ala inferior), y dentro de la costilla. Además, los extremos descendentes de uno o más de los larguerillos de tablón (por ejemplo, que pueden ser acampanados, como se describió anteriormente, y/o cónicos, como se describe más arriba) pueden escalonarse, lo que puede facilitar aún más la carga del larguerillo en el panel de tensión.

Ejemplo 2:

Este ejemplo describe una realización ilustrativa de ala de una pieza, que puede incluirse alternativamente en la aeronave 100; véanse Figs. 8-11.

40 En este ejemplo, el revestimiento 120 del ala puede ser continuo (o sustancialmente continuo) entre las puntas 104c, 104d de las alas del ala 104, como se puede ver en las Figs. 8 y 9. Además, los larguerillos 136 pueden incluir una pluralidad de larguerillos, tales como larguerillos 800a-i, que cada uno puede ser similar en estructura al larguerillo 136g descrito anteriormente.

45 Como puede verse, los larguerillos 800a-i pueden ser curvos y extenderse continuamente desde una de las alas 104 a un ala 104 adyacente de la aeronave 100. Por ejemplo, los larguerillos 800a-i pueden tener una o más curvaturas de barrido (por ejemplo, en una dirección de popa, como se muestra en las Figs. 8 y 11), y una o más curvaturas de ángulo diedro (por ejemplo, en una dirección hacia arriba, como se muestra en las Figs. 9 y 10). Los ejes asociados de una o más curvaturas de barrido pueden ser sustancialmente ortogonales a los ejes asociados de una o más curvaturas de ángulo diedro. Dicha curvatura mutuamente ortogonal de los larguerillos puede permitirse (o mejorarse) mediante la capacidad de las capas asociadas de los larguerillos para flexionarse (o curvarse) cuando están en estado no curado, tal como durante un procedimiento de reforzamiento.

Volviendo a la Fig. 8, cada uno de los larguerillos 800d, 800f se muestra extendiéndose continuamente desde una punta 104c (o región de punta) del ala hasta una punta 104d opuesta (o región de punta) del ala con relación al fuselaje 108 asociado. Aunque no se muestra aquí para simplificar la ilustración, uno o más sujetadores pueden extenderse a

través del revestimiento 120 de ala inferior, a través de secciones transversales trapezoidales generalmente sólidas de los respectivos larguerillos 800a-i y en las costillas 140 asociadas, reforzando así el ala 104.

5 Similar a la Fig. 3, la Fig. 9 representa una extensión a modo de ejemplo de larguerillos 136 en esta ilustración de una realización de ala de una sola pieza. En particular, la Fig. 9 muestra el larguerillo 800f que se extiende de forma continua desde una región de punta 104c de ala proximal, a través de una región del fuselaje 108 proximal, y a una región de punta 104d de ala proximal opuesta. Similar al larguerillo 136f, el larguerillo 800f puede tener extremos 804a, 804b de salida ahusados con un espesor del extremo 804a que se estrecha hacia la superficie 160 interior cerca de la punta 104c del ala y en una dirección alejada de la punta 104d del ala. De manera similar, el extremo 804b puede tener un espesor que se estrecha hacia la superficie 160 interior cerca de la punta 104d del ala y en una dirección alejada de la punta 104c del ala. Como se muestra, las porciones externas de las alas 104 pueden estar inclinadas hacia arriba (por ejemplo, en aproximadamente 6 grados u otro ángulo adecuado, que puede corresponder a o estar asociado con la curvatura diedro).

15 La Fig. 10 representa una porción ilustrativa de una estructura 1000 interior del fuselaje 108 acoplada a la realización de ala en una sola pieza de la Fig. 8, por ejemplo, mediante soportes 1004, 1008 de ala. En algunas realizaciones, un exterior del fuselaje 108 puede estar formado por un revestimiento de fuselaje de material compuesto laminado, que puede acoplarse a la estructura 1000.

20 Fig. 11 representa una vista superior semiesquemática de una porción central del revestimiento 120 de ala en la realización de ala de una sola pieza, similar a la ilustrada en la Fig. 8. En particular, además de los larguerillos 800a-i (o cualquier otro número adecuado de larguerillos similares), la pluralidad de larguerillos 136 puede incluir larguerillos adicionales, tales como larguerillos 800j, 800k. Además, el ala 104 en la realización de una pieza, puede incluir costillas 1100 laterales de cuerpo (por ejemplo, en lugar de uniones laterales del cuerpo), que pueden alinearse generalmente con los lados laterales opuestos del fuselaje 108, como también puede ser visto en la Fig. 8. En algunas realizaciones, los soportes 1004, 1008 pueden estar acoplados respectivamente a las costillas 1100 laterales de cuerpo asociadas (véase la Fig. 11).

25 Como se muestra, cada uno de los larguerillos 800a-i (u otro número adecuado de larguerillos de tablón) se puede curvar fácilmente (por ejemplo, se habilita mediante un tendido simplificado de capas curvas). Dichos larguerillos de tablón curvos pueden permitir una construcción efectiva (o mejorada) de un ala de 1 pieza, que puede curvarse continuamente. Como se muestra, las porciones opuestas, generalmente indicadas en 1104, 1108, de larguerillos 800a-k entre costillas 1100 pueden curvarse alejándose del paralelo con la dirección D1 de envergadura, por ejemplo, alrededor de los primeros radios respectivos. De manera similar, porciones opuestas, generalmente indicadas en 1112, 1116, de larguerillos 800a-k que se extienden alejándose de porciones 1104, 1108 respectivas, pueden curvarse incluso más lejos del paralelo con la dirección D1, por ejemplo, alrededor de segundos radios respectivos. En algunas realizaciones, los primeros radios pueden ser más cortos que los segundos radios. Por ejemplo, cada uno de los primeros radios puede tener aproximadamente 445 cm (175 pulgadas), y cada uno de los segundos radios puede tener aproximadamente 1270 cm (500 pulgadas). Otras formas de realización pueden tener otros radios de curvatura del larguerillo de tablón adecuados, tales como menos de 445 cm (175 pulgadas), mayores de 1270 cm (500 pulgadas) o mayores de 445 cm (175 pulgadas) y menores de 1270 cm (500 pulgadas).

Ejemplo 3:

40 Este ejemplo describe un método para reforzar un ala; ver la Fig. 12. Los aspectos de los componentes descritos en este documento pueden utilizarse en los pasos del método que se describen a continuación. Cuando sea apropiado, se puede hacer referencia a los componentes y sistemas descritos anteriormente que se pueden usar para llevar a cabo cada paso. Estas referencias son para ilustración, y no están destinadas a limitar las posibles formas de llevar a cabo cualquier paso particular del método.

45 La Fig. 12 es un diagrama de flujo que ilustra los pasos realizados en un método ilustrativo, y puede no recitar el proceso completo. En particular, la Fig. 12 representa múltiples pasos de un método, indicado en general en 1200, que se puede realizar junto con las realizaciones divulgadas de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. Aunque diversos pasos del método 1200 se describen a continuación y se representan en la Fig. 12, no es necesario que todos los pasos se lleven a cabo, y en algunos casos pueden realizarse en un orden diferente al orden mostrado.

50 Por ejemplo, el método 1200 puede incluir un paso 1202 de posicionamiento de una costilla, tal como la costilla 140a (o la costilla 140b, o la costilla 1100), adyacente a una superficie interior de un revestimiento de ala inferior de material compuesto laminado de un ala (por ejemplo, superficie 160 interior adyacente), de modo que la costilla está orientada generalmente perpendicular a la dirección de envergadura del ala, tal como la dirección D1 de envergadura del ala 104. Por ejemplo, el ala puede incluir un larguerillo de material compuesto laminado, como el larguerillo 136g (o uno cualquiera de los larguerillos 800a-k), formado por una pila ahusada de capas en general planas de material de refuerzo unidas estructuralmente a la superficie interior del revestimiento del ala inferior. La pila ahusada de capas en general planas puede extenderse generalmente paralela a la superficie interior y a la dirección de envergadura a lo largo de una porción sustancial de la superficie interior del revestimiento del ala inferior.

El método 1200 puede incluir además un paso 1204 de acoplamiento operativo de la costilla al revestimiento del ala inferior y al larguerillo al menos en parte extendiendo al menos un sujetador, tal como el sujetador 400, a través del revestimiento del ala inferior, a través de la pila ahusada de capas en general planas, y a través de una pestaña de la costilla (por ejemplo, pestaña 402 de costilla), por lo tanto, reforzando el ala.

5 En algunas realizaciones, la pila ahusada puede tener una sección transversal trapezoidal en general sólida en un plano generalmente perpendicular a la dirección de envergadura. Al menos la mayoría de la sección transversal trapezoidal sólida se puede caracterizar por las capas planas de material de refuerzo. Una abertura, tal como la
 10 abertura 602 representada en la Fig. 5, se puede formar a través del revestimiento del ala inferior y la sección transversal trapezoidal. En tal realización, el paso de extensión (por ejemplo, extendiendo al menos un sujetador a través del revestimiento del ala inferior, a través de la pila ahusada de capas en general planas, y a través de la pestaña) puede implicar disponer en al menos un sujetador en la abertura e insertar el sujetador en la pestaña de la costilla.

15 En algunas realizaciones, el paso 1202 puede incluir además disponer una porción adyacente de la pestaña, tal como la porción 402 de la pestaña que se extiende entre los larguerillos 136d, 136f en la Fig. 4, en la superficie interior adyacente a la pila ahusada. En tal caso, entre otros, el paso 1204 puede incluir además sujetar la porción adyacente de la pestaña a la superficie interior extendiendo al menos otro sujetador, tal como el sujetador 610, a través del revestimiento del ala inferior y la porción adyacente de la pestaña.

Ejemplo 4:

20 Este ejemplo describe un método para formar (o fabricar) un panel de tensión, tal como un revestimiento 120 de ala, con respectivos larguerillos, tales como larguerillos 136 (por ejemplo, larguerillos 136a-z, 136zz y/o larguerillos 800a-k) estructuralmente unidos a los mismos; véanse las Figs. 13-15.

25 Como se muestra en la Fig. 13, una pluralidad de capas de material de refuerzo del revestimiento, generalmente indicadas en 1300, se pueden apilar sobre unas membranas 1304 de revestimiento. Por ejemplo, las membranas 1304 de revestimiento pueden corresponder a una configuración no curada de capas 502, que cuando se curan pueden formar un revestimiento 120 de ala inferior. Por ejemplo, las membranas 1304 de revestimiento pueden corresponder a una pluralidad de capas de preimpregnado de fibra de carbono en general planas con diversas orientaciones angulares. Por ejemplo, las membranas 1304 de revestimiento pueden corresponder a las capas P1-P36 que se muestran en la Tabla 3 a continuación, con la capa P1 correspondiente a la capa de la membrana 1304 adyacente, siendo la capa P36 la más alejada de la membrana 1304, y las capas P2-P35 estando colocadas en serie entre ellas.

30

Tabla 3:

Capa	Orientación
P1	45
P2	90
P3	-45
P4	0
P5	45
P6	0
P7	-45
P8	0
P9	45

Capa	Orientación
P10	0
P11	-45
P12	90
P13	45
P14	0
P15	-45
P16	0
P17	45
P18	0
P19	-45
P20	0
P21	45
P22	0
P23	-45
P24	90
P25	45
P26	0
P27	-45
P28	0
P29	45
P30	0
P31	-45
P32	0

Capa	Orientación
P33	45
P34	0
P35	90
P36	-45

5 Los números en la columna de orientación en la Tabla 3 anterior pueden corresponder a la disposición de ángulo aproximado de las fibras en la capa asociada con respecto a un eje generalmente normal a una superficie superior de las membranas 1304. Por ejemplo, las fibras en la capa P1, que pueden corresponder a la superficie 164 exterior (véase la Fig. 5) pueden corresponder a fibras de capas P1 formando un ángulo de 45 grados con el plano de la vista de la Fig. 13 (y la Fig. 5). En algunas realizaciones, cada una de las capas P1-P36 listadas en la Tabla 3 e incluidas en la pluralidad 1300 puede ser cualquier material de capa compuesta adecuado, tal como uno o más de los descritos anteriormente con referencia a la Tabla 1. Como se muestra en la Fig. 14, una pluralidad de capas de material de refuerzo de larguerillos, generalmente indicadas en 1400, se pueden colocar (y/o apilar) sobre una tabla 1404 plana u otra superficie adecuada. Las capas 1400 pueden colocarse en una secuencia simétrica repetitiva. Por ejemplo, las capas 1400 pueden incluir 22 capas, tales como las capas P1-P22 enumeradas en la Tabla 4 a continuación, con la capa P1 que corresponde a la capa más cercana a la tabla 1404, y las orientaciones correspondientes a la disposición aproximada del ángulo de las fibras en la capa asociada con respecto a un eje generalmente normal a una superficie superior de la tabla 1404, de una manera similar a la descrita anteriormente con referencia a la Tabla 3.

15

Tabla 4:

Capa	Orientación
P1	0
P2	45
P3	0
P4	0
P5	-45
P6	90
P7	45
P8	0
P9	0
P10	-45
P11	0

Capa	Orientación
P12	0
P13	45
P14	0
P15	0
P16	-45
P17	90
P18	45
P19	0
P20	0
P21	-45
P22	0

En otras realizaciones, las capas 1400 pueden colocarse en otras configuraciones, mezclas y/u orientaciones.

5 Se puede usar una cuchilla 1408 ultrasónica, u otro dispositivo, mecanismo o aparato de corte adecuado para cortar las capas 1400 apiladas en una o más formas trapezoidales o pilas (por ejemplo, con ángulos variables que incluyen, pero sin limitación, a 30 grados, 45 grados o 60 grados), como las pilas 1412, 1416, 1420, 1424, 1428, 1432, 1436 trapezoidales. Por ejemplo, la cuchilla 1408 se puede usar para hacer cortes 1440, 1444, 1448, 1452, 1456, entre otros, a través de las capas 1400. Por ejemplo, el corte 1440 puede definir un borde lateral de la pila 1412, y el corte 1444 puede definir bordes complementarios y adyacentes laterales de las respectivas pilas 1412, 1416. De manera similar, el corte 1448 puede definir los bordes laterales enfrentados de las respectivas pilas 1416, 1420; el corte 1452 puede definir los bordes laterales enfrentados de las pilas 1420, 1424 respectivas; y el corte 1456 puede definir los bordes laterales enfrentados de las pilas 1424, 1428 respectivas. Las cuchillas alternativas incluyen un chorro de agua y un láser, no mostrados.

15 Como se mencionó anteriormente, la cuchilla 1408 se puede usar para hacer otros cortes, tales como un corte que define ambos bordes 1428a, 1432a laterales de las respectivas pilas 1428, 1432. De forma similar, la cuchilla 1408 se puede usar para hacer un corte que define ambos bordes 1432b, 1436a laterales de las respectivas pilas 1432, 1436. Como se muestra, los cortes hechos por la cuchilla 1408 pueden estar espaciados de forma que la pila 1412 tenga bases superiores e inferiores opuestas (según se orienta en la Fig. 14) con longitudes o dimensiones d1, d2 respectivas. De forma similar, los otros cortes realizados con la cuchilla 1408 pueden estar espaciados de manera que la pila 1416 tenga respectivas bases superior e inferior opuestas con dimensiones d3, d2 (aproximadas) respectivas; la pila 1420 tiene respectivas bases superior e inferior opuestas con dimensiones d3, d4 (aproximadas) respectivas; la pila 1424 tiene respectivas bases superior e inferior opuestas con dimensiones d5, d4 (aproximadas) respectivas; la pila 1428 tiene respectivas bases superior e inferior opuestas con dimensiones d5, d6 (aproximadas) respectivas; la pila 1432 tiene respectivas bases superior e inferior opuestas con dimensiones d7, d6 (aproximadas) respectivas; y la pila 1436 tiene respectivas bases superior e inferior opuestas con dimensiones d7, d8 (aproximadas) respectivas.

25 Una vez que se ha realizado un corte, los bordes definidos de la pila (s) correspondiente se pueden inspeccionar, y cada otra pila se puede rotar (o voltear), por ejemplo, de manera que todas las pilas 1412, 1416, 1420, 1424, 1428, 1432, 1436 tienen su lado de base más largo orientado generalmente en la misma dirección. Por ejemplo, una vez que las pilas 1432, 1436 se cortaron, se separaron y/o se inspeccionaron, la pila 1436 se puede voltear sobre la pila

1432, de modo que una base de la pila 1436 con contactos de longitud d7 y se alinea con una base de la pila 1432 que tiene una longitud d7 similar.

5 Las pilas 1412, 1416, 1420, 1424, 1428, 1432, 1436 de capas 1400 de larguerillo cortado pueden transferirse entonces sobre capas 1300 de revestimiento apiladas, como se muestra en la Fig. 15, por ejemplo, para formar allí un larguerillo 1500 no curado. De manera similar, otros apilamientos trapezoidales de capas de larguerillos pueden cortarse y apilarse sobre capas 1300 de revestimiento apiladas, por ejemplo, para formar allí larguerillos 1504, 1508 adyacentes no curados. En algunas realizaciones, una capa de envoltura de revestimiento, tal como un revestimiento de fibra de carbono preimpregnada u otro material de revestimiento compuesto adecuado (por ejemplo, tal como uno o más de los descritos con referencia a la Tabla 1), puede disponerse sobre capas 1300 de revestimiento apiladas y/o uno o más de los larguerillos 1500, 1504, 1508.

15 Además, en algunas realizaciones, se puede colocar una membrana superior, tal como la membrana 1512 superior, sobre una superficie superior de cada uno (o uno o más de) larguerillos 1500, 1504, 1508. Sin embargo, para simplificar la ilustración, solo se muestra una membrana 1512 superior. La membrana 1512 superior puede estar hecha de un material sustancialmente rígido, que puede configurarse para mejorar una superficie curada del larguerillo asociado. Por ejemplo, la membrana 1512 superior puede estar hecha de material de cuña de lámina que tiene un espesor de aproximadamente 0,013 cm (0,005 pulgadas), u otro material adecuado. En algunas realizaciones, la membrana 1512 superior puede extenderse más allá de los bordes opuestos de la superficie superior del larguerillo asociado en aproximadamente 0,89 cm (0,35 pulgadas) u otra superposición adecuada.

20 Un material de bolsa de vacío puede disponerse sobre la pila 1300 de revestimiento y los larguerillos 1500, 1504, 1508 frente a la membrana 1304 de revestimiento y sustancialmente sellada herméticamente a la membrana 1304 de revestimiento, formando así una cámara de vacío en la que la pila 1300 de revestimiento y los larguerillos 1500, 1504, 1508 pueden estar dispuestos. Un aparato adecuado, tal como una bomba de vacío, puede estar operativamente acoplada a la cámara de vacío y accionada para evacuar sustancialmente la cámara de vacío, lo que puede dar como resultado que el material de la bolsa de vacío compacte los larguerillos 1500, 1504, 1508 y la pila 1300 de revestimiento. Esta configuración compactada se puede calentar entonces, tal como en una autoclave, hasta que el material de la matriz en la pila 1300 y los larguerillos 1500, 1504, 1508 se hayan curado adecuadamente (por ejemplo, cocurado), uniendo estructuralmente las capas 1300 entre sí, las capas de los larguerillos 1500, 1504, 1508 respectivos entre sí, y los larguerillos 1500, 1504, 1508 a las capas 1300.

30 Una vez curado adecuadamente, la configuración compactada puede retirarse de la autoclave u otro dispositivo de curado adecuado, el material de la bolsa de vacío puede retirarse e inspeccionarse el curado. Una vez curada adecuadamente, esta configuración curada (por ejemplo, panel de tensión curado) puede incorporarse (o utilizarse) en un ensamblaje de ala u otro ensamblaje adecuado que comprende un cajón de torque. Por ejemplo, el revestimiento 1300 curado puede incorporarse a la aeronave 100 como un revestimiento 120 de ala inferior. Por ejemplo, una superficie 1300a superior del revestimiento 1300 curado puede corresponder a la superficie 160 interior del revestimiento 120 de ala inferior, y una superficie 1300b inferior del revestimiento 1300 curado puede corresponder a la superficie 164 exterior. De forma similar, los larguerillos 1500, 1504, 1508 curados pueden corresponder a larguerillos respectivos de la pluralidad de larguerillos 136. De manera similar, los larguerillos 1500, 1504, 1508 curados pueden corresponder a larguerillos respectivos de la pluralidad de larguerillos 136. Por ejemplo, el larguerillo 1500 curado puede corresponder al larguerillo 136g. En particular, las pilas 1412, 1416, 1420, 1424, 1428, 1432, 1436 curadas pueden corresponder respectivamente a subconjuntos 500g, 500f, 500e, 500d, 500c, 500b, 500a representados en la Fig. 5. Por ejemplo, además de la pila 1412 curada, una porción inferior del subconjunto 500g de la superficie 160 interior adyacente puede incluir una o más capas además de la pila 1412 curada, tales como las capas P1-P7 enumeradas en la Tabla 1, que pueden colocarse en una condición no curada en la pila 1300 no curada entre la pila 1300 no curada y la pila 1412 no curada, antes de la compresión y curado.

45 En algunas realizaciones, se puede usar un proceso de fabricación de línea (IML) interna de molde en lugar de la fabricación de línea (OML) de molde exterior descrita anteriormente. Por ejemplo, se puede proporcionar una herramienta de entallado. La herramienta de entallado puede tener una superficie superior similar en forma a una superficie superior de las pilas 1300, 1500, 1504, 1512. Por ejemplo, la superficie superior de la herramienta de entallado puede incluir una pluralidad de muescas con forma trapezoidal invertida. Las pilas trapezoidales para formar los larguerillos se pueden invertir y disponer en serie en las muescas trapezoidales formadas en la superficie superior de la herramienta. Por ejemplo, las pilas 1412, 1416, 1420, 1424, 1428, 1432, 1436 pueden transferirse a una de las muescas trapezoidales de manera que todas las pilas 1412, 1416, 1420, 1424, 1428, 1432, 1436 tengan sus lados de base respectivamente más cortos mirando generalmente en la misma dirección (por ejemplo, hacia la superficie superior de la herramienta de entallado). Por ejemplo, una vez que las pilas 1432, 1436 han sido cortadas, separadas y/o inspeccionadas, la pila 1432 puede voltearse sobre la pila 1436 de forma que una base corta de la pila 1432 tenga contactos de dimensión d7 y esté generalmente alineada con una base larga de la pila 1436 teniendo dimensión d7.

Una vez que estos apilamientos de larguerillos trapezoidales invertidos se han dispuesto adecuadamente en las muescas, la pila 1300 puede disponerse sobre estas pilas de larguerillos trapezoidales invertidos, de modo que la

superficie 1300a de la pila 1300 contacte con las bases anchas de estas pilas de larguerillos trapezoidales invertidas y entre las porciones de la superficie superior de la herramienta de entallado allí dispuesta.

En algunas realizaciones, cada larguerillo puede formarse a partir de una o más pilas de larguerillo trapezoidal cortadas, por ejemplo, en una fabricación OML o IML.

- 5 En algunas realizaciones, los larguerillos 1500, 1504, 1508 pueden estar counidos a la pila 1300. Por ejemplo, la pila 1300 se puede curar, y luego se pueden curar los larguerillos 1500, 1504, 1508 en la pila 1300 curada.

En algunas realizaciones, los larguerillos 1500, 1504, 1508 pueden ser counidos inversamente a la pila 1300. Por ejemplo, los larguerillos 1500, 1504, 1508 pueden curarse, y luego la pila 1300 no curada se puede curar en los larguerillos 1500, 1504, 1508 curados.

- 10 Ventajas, características, beneficios

Las diferentes realizaciones descritas en este documento proporcionan varias ventajas sobre las soluciones conocidas para reforzar un ala. Por ejemplo, las realizaciones ilustrativas descritas en este documento permiten que un sujetador se extienda a través de un revestimiento de ala, a través de una sección transversal trapezoidal sólida de un refuerzo de material compuesto laminado unido estructuralmente al revestimiento del ala, y a través de una costilla, entre otras realizaciones. Otras ventajas pueden incluir herramientas reducidas de soporte y una capacidad para adaptar las orientaciones de las capas a través del laminado (por ejemplo, inclinar más capas de 0 grados hacia la porción superior del larguerillo de tablón). Sin embargo, no todas las realizaciones descritas en este documento proporcionan las mismas ventajas o el mismo grado de ventaja.

- 15

Conclusión

- 20 La divulgación expuesta anteriormente puede abarcar múltiples realizaciones distintas con utilidad independiente. Aunque cada una de estas realizaciones se ha divulgado en su(s) forma(s) preferida(s), los detalles específicos de las mismas tal como se divulgan e ilustran en este documento no se deben considerar en un sentido limitante, debido a que son posibles numerosas variaciones. Las siguientes reivindicaciones señalan particularmente ciertas combinaciones y subcombinaciones consideradas novedosas y no evidentes.

REIVINDICACIONES

1. Un ala (104) que comprende:

un revestimiento (120) de ala que tiene una superficie (160) interior con una longitud L1 que se extiende en general paralela a una dirección D1 de envergadura del ala (104);

5 un primer larguerillo de material compuesto laminado, una mayor parte del cual se caracteriza por una pluralidad apilada de capas en general planas de material de refuerzo unidas estructuralmente como una pila (500) a la superficie (160) interior y extendiéndose generalmente paralelas a la superficie (160) interior y en la dirección D1 de envergadura a lo largo de una porción sustancial de la superficie (160) interior, teniendo el primer larguerillo una sección transversal trapezoidal generalmente sólida cuando se ve en un plano que es generalmente perpendicular a la dirección D1 de envergadura de tal manera que una primera capa de la pluralidad apilada de capas (500) en general planas proximales a la superficie (160) interior tiene una anchura W1 más ancha que una segunda capa de la pluralidad apilada de capas (500) en general planas que está más lejos de la superficie 160 interior que de la primera capa;

15 una costilla (140a) posicionada adyacente a la superficie (160) interior y que se extiende generalmente perpendicular a la dirección D1 de envergadura, incluyendo la costilla (140a) una pestaña (402) de costilla y estando conformada para definir un pasadizo (600) entre la pestaña (402) de costilla y la superficie (160) interior, en donde el primer larguerillo pasa a través del pasadizo (600) de manera que la sección transversal trapezoidal está interconectada con la pestaña (402) de costilla; y

al menos un sujetador que se extiende a través del revestimiento (120) de ala, la sección transversal trapezoidal y la pestaña (402) de costilla.

20 2. El ala (104) de la reivindicación 1, en donde el larguerillo se extiende continuamente desde una punta del ala (104) a una punta (104d) opuesta del ala (104) con respecto a un fuselaje (108) asociado.

25 3. El ala (104) de la reivindicación 1, en donde el pasadizo (600) tiene una altura que se extiende desde la pestaña (402) de costilla a la superficie (160) interior del revestimiento (120) de ala, teniendo la sección transversal trapezoidal una altura que se extiende en dirección localmente normal a la superficie (160) interior, siendo la altura del pasadizo (600) sustancialmente la misma altura que la altura de la sección transversal trapezoidal.

4. El ala (104) de la reivindicación 3, en donde la altura del pasadizo (600) se extiende no más de 5,08 cm (dos pulgadas) desde la superficie (160) interior en la dirección localmente normal a la superficie (160) interior.

30 5. El ala (104) de la reivindicación 1, en donde el revestimiento (120) de ala es un revestimiento (120) de ala inferior del ala (104) y tiene una superficie exterior opuesta a la superficie (160) interior, formando la superficie exterior una menor porción exterior del ala.

35 6. El ala (104) de la reivindicación 5, que comprende además una pluralidad de larguerillos (136) además del primer larguerillo, siendo cada uno de la pluralidad de larguerillos (136) de un material compuesto laminado caracterizado por una pluralidad respectiva de capas (500) apiladas en general planas de material de refuerzo unido estructuralmente a la superficie (160) interior y que se extiende generalmente paralelo a la superficie (160) interior y la dirección D1 de envergadura a lo largo de una porción sustancial de la superficie (160) interior adyacente al primer larguerillo, en donde la pestaña (402) de costilla tiene una superficie (402a) inferior generalmente regulada que está interconectada con al menos un primer subconjunto de larguerillos de la pluralidad de larguerillos (136) además del primer larguerillo, de modo que una mayoría de la superficie (160) interior está directamente debajo de la superficie inferior de la pestaña (402) de costilla que no está en contacto con la superficie inferior de la pestaña (402) de costilla.

40 7. El ala (104) de la reivindicación 6, en donde la costilla (140a) entra en contacto con y está unida al revestimiento (120) de ala inferior entre el primer larguerillo y un segundo conjunto de la pluralidad de larguerillos (136) por uno o más sujetadores que se extienden a través del revestimiento (120) de ala inferior y a través de la costilla (140a).

45 8. El ala (104) de la reivindicación 5, en donde el revestimiento (120) de ala inferior es un material compuesto laminado que incluye una pluralidad de capas de material de refuerzo, estando unidas la pluralidad apilada de capas (500) en general planas del primer larguerillo y la pluralidad de capas del revestimiento (120) de ala inferior estructuralmente entre sí por material de matriz.

50 9. El ala (104) de la reivindicación 5, en donde la pluralidad apilada de capas (500) en general planas incluye una pluralidad de capas de cinta dispuestas, con respecto a un eje de la sección transversal trapezoidal que es generalmente normal a la superficie (160) interior, en ángulos aproximados que varían de 0 grados a 90 grados, con 0 grados correspondientes a fibras en la capa de cinta asociada que se extiende generalmente paralela a la dirección D1 de envergadura, estando dispuesto un mayor porcentaje de capas de cinta en un ángulo aproximado de 0 grados

en una porción superior de la sección transversal trapezoidal que en una porción inferior de la sección transversal trapezoidal que está dispuesta entre la porción superior y la superficie (160) interior.

- 5 10. El ala (104) de la reivindicación 9, en donde la porción superior y la porción inferior incluyen aproximadamente el mismo número de capas de cinta, siendo las fibras de las capas de cinta fibras de carbono, siendo el material de matriz un polímero.
11. El ala (104) de la reivindicación 1, en donde un número de capas (500) en general planas en la pluralidad apilada y dispuestas en la sección transversal trapezoidal están en un intervalo (100) a (200) capas.
12. El ala (104) de la reivindicación 11, en donde los lados laterales opuestos de la sección transversal trapezoidal forman ángulos respectivos con una porción local de la superficie (160) interior en un rango de 15 a 60 grados.
- 10 13. Un método para reforzar un ala (104), que comprende los pasos de:
- 15 posicionar una costilla (140a) adyacente a una superficie 160 interior de un revestimiento (120) de ala inferior de material compuesto laminado del ala (104) de manera que la costilla (140a) esté orientada generalmente perpendicular a una dirección D1 de envergadura del ala (104), en donde el ala (104) incluye un larguerillo de material compuesto laminado formado por una pila (500) ahusada de capas (500) en general planas de material de refuerzo unidas estructuralmente a la superficie (160) interior y que se extienden generalmente paralelas a la superficie(160) interior a la dirección D1 de envergadura a lo largo de una porción sustancial de la superficie(160) interior; y
- unir operativamente la costilla (140a) con el revestimiento (120) del ala inferior y el larguerillo al menos en parte extendiendo al menos un sujetador a través del revestimiento (120) del ala inferior, a través de la pila ahusada de capas (500) en general planas, y a través de una pestaña de costilla (140a), reforzando así el ala (104).
- 20 14. El método de la reivindicación 13, en donde el apilamiento ahusado tiene una sección transversal trapezoidal generalmente sólida en un plano generalmente perpendicular a la dirección D1 de envergadura, estando caracterizada al menos la mayoría de la sección transversal trapezoidal sólida por que las capas planas de material de refuerzo, una abertura formada a través del revestimiento (120) de ala inferior y la sección transversal trapezoidal, y el paso de extensión implican disponer el al menos un sujetador en la abertura e insertar el sujetador en la pestaña de costilla (140a).
- 25 15. El método de la reivindicación 13, en donde el paso de colocación incluye además disponer una porción adyacente de la pestaña en la superficie (160) interior adyacente a la pila ahusada, y el paso de acoplamiento operativo incluye además sujetar la porción adyacente de la pestaña a la superficie (160) interior extendiendo al menos otro sujetador a través del revestimiento (120) de ala inferior y la porción adyacente de la pestaña.

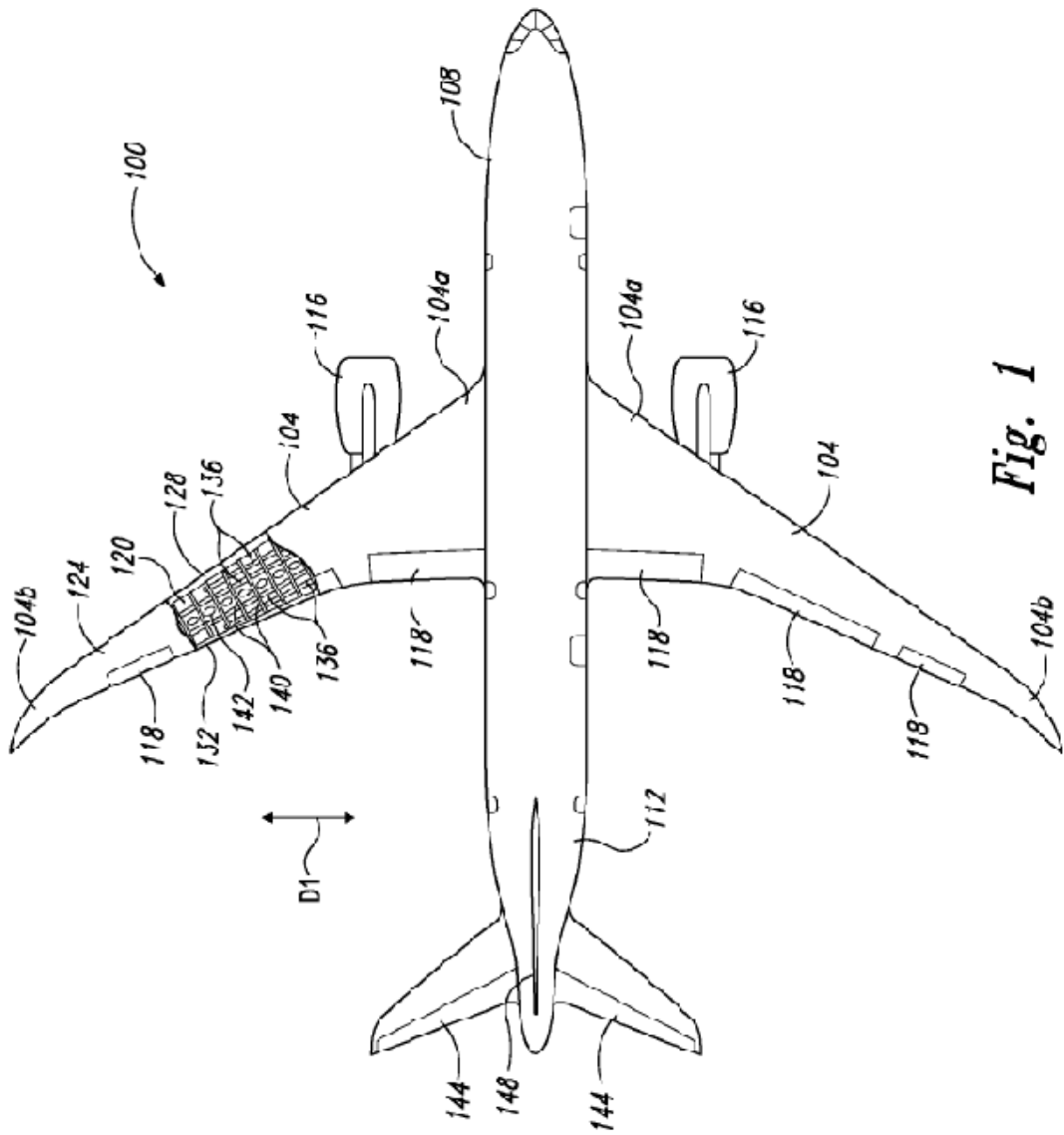


Fig. 1

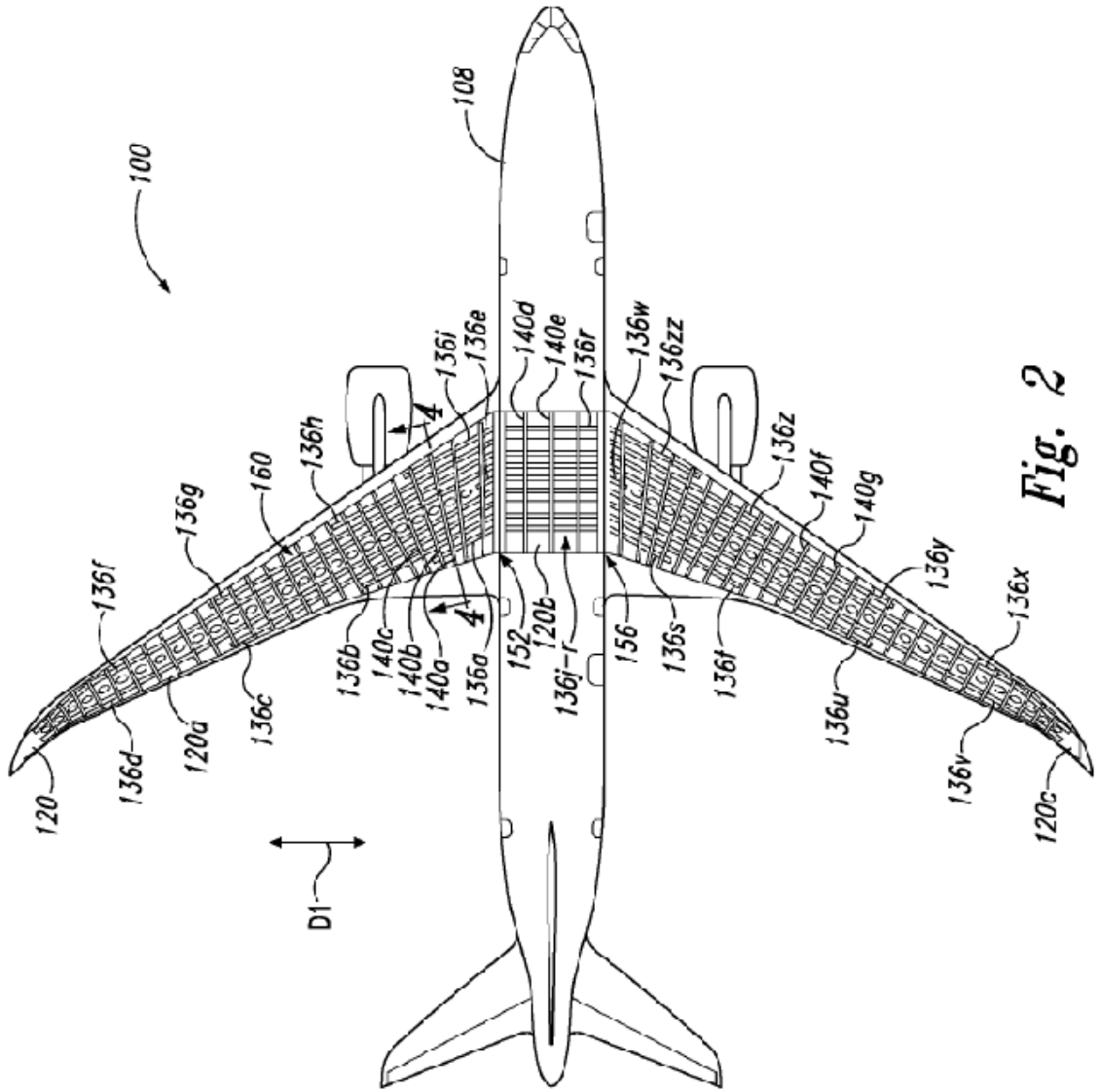


Fig. 2

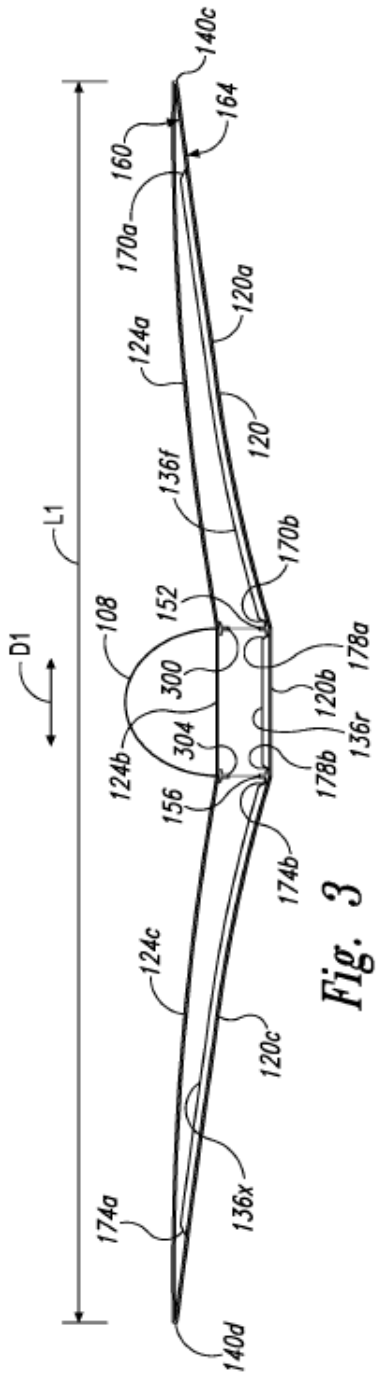


Fig. 3

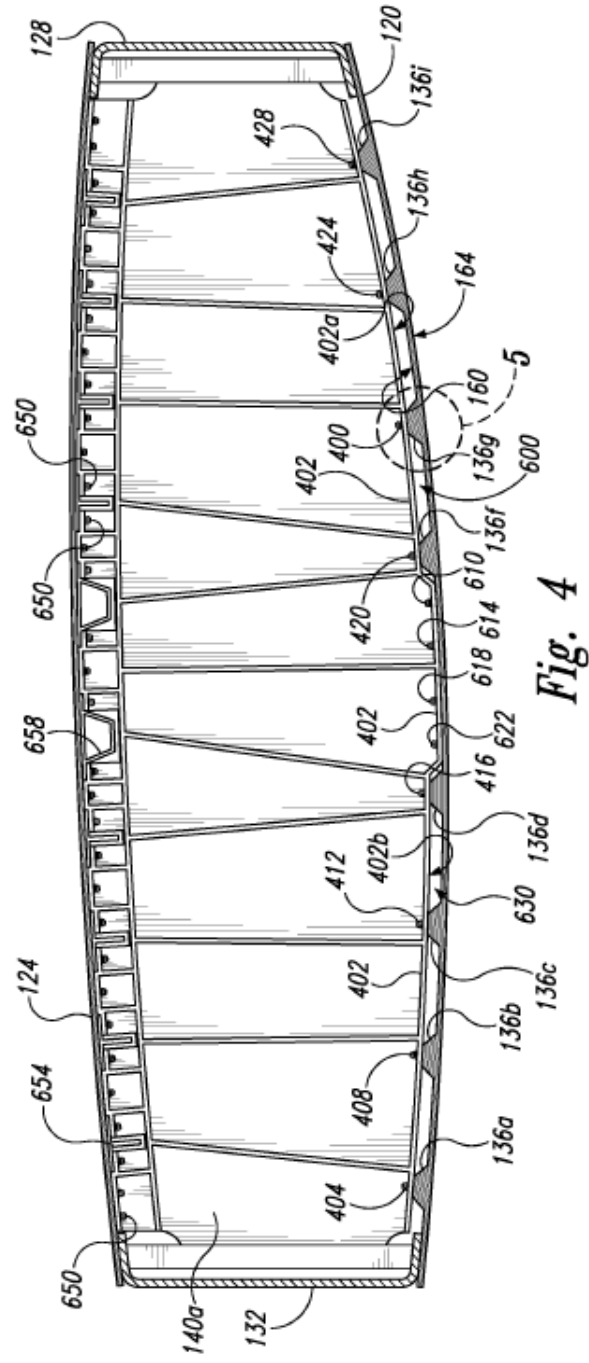


Fig. 4

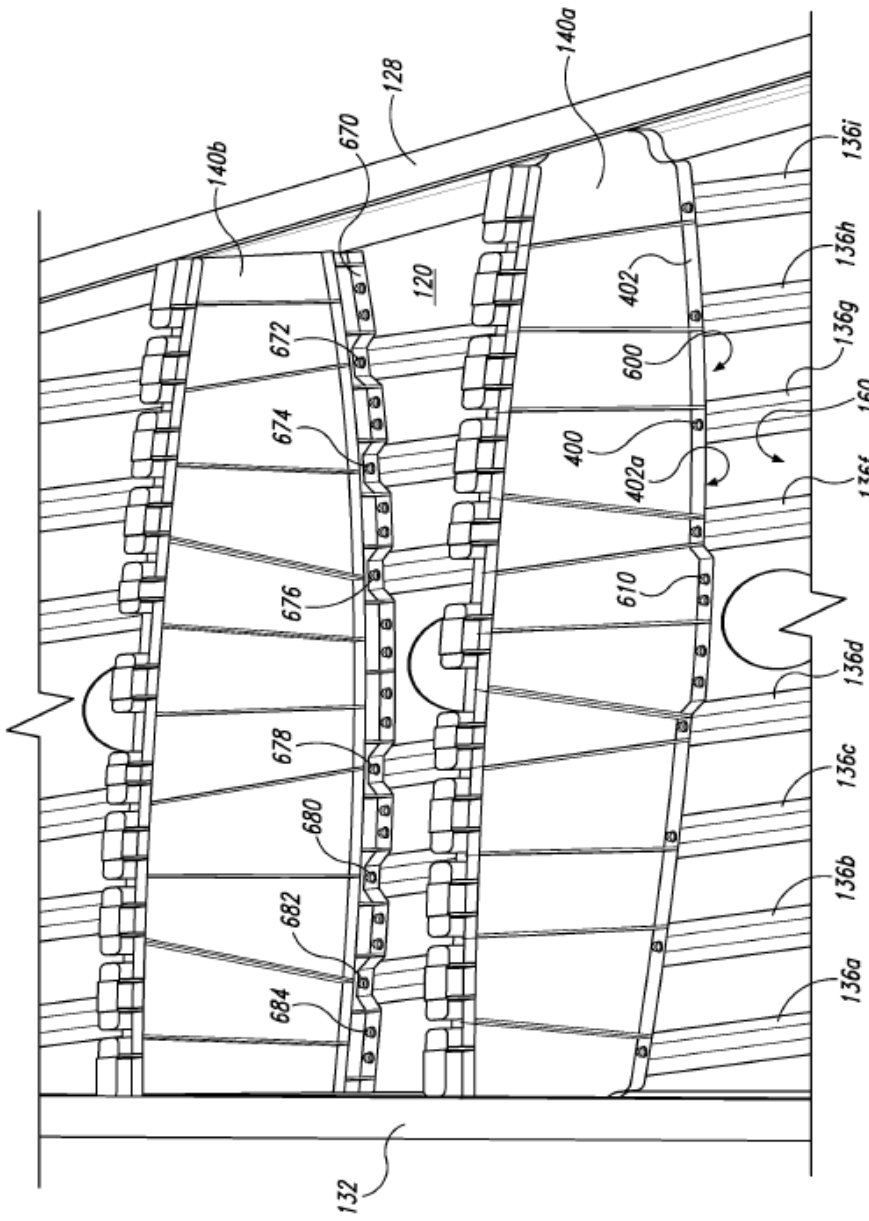


Fig. 6

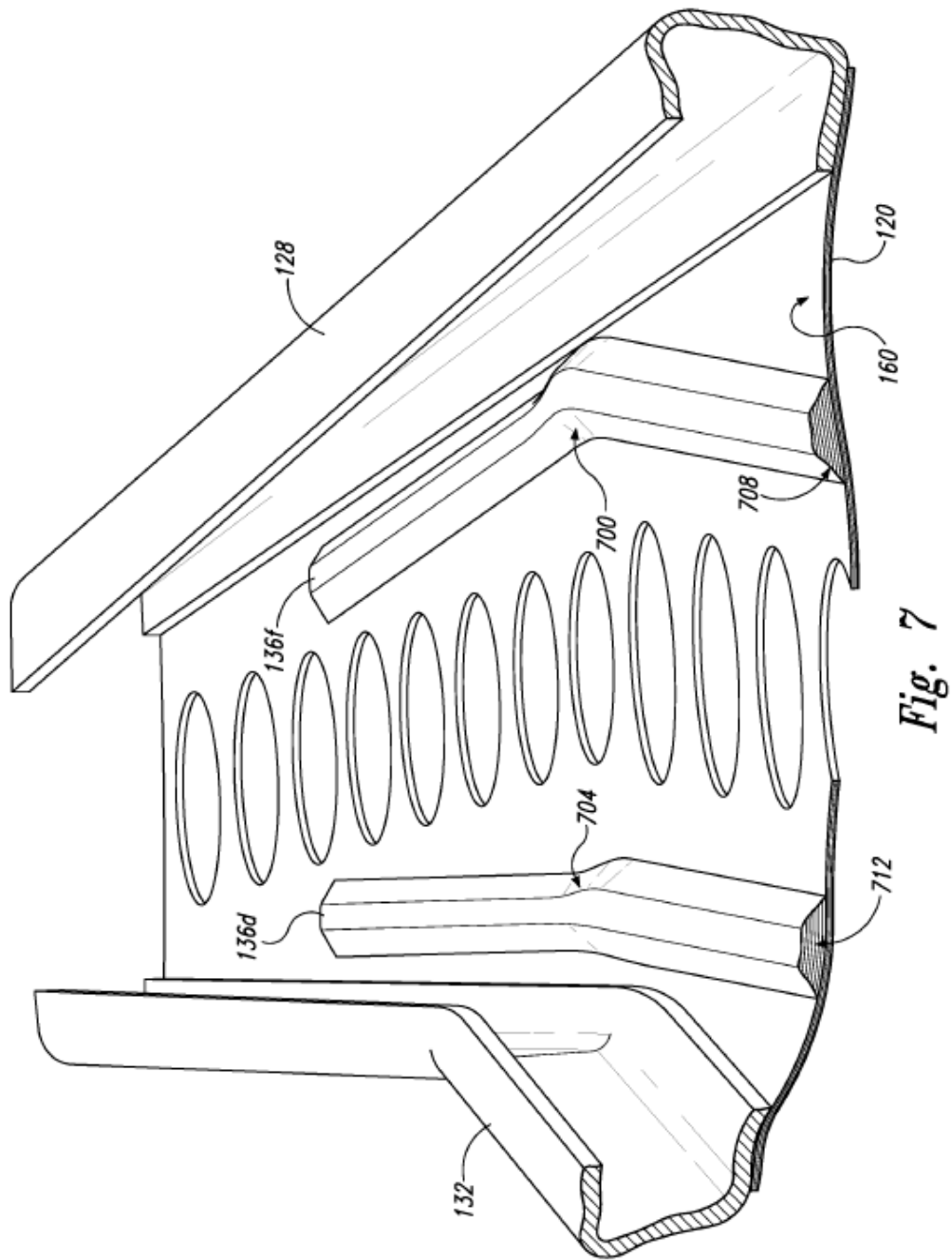


Fig. 7

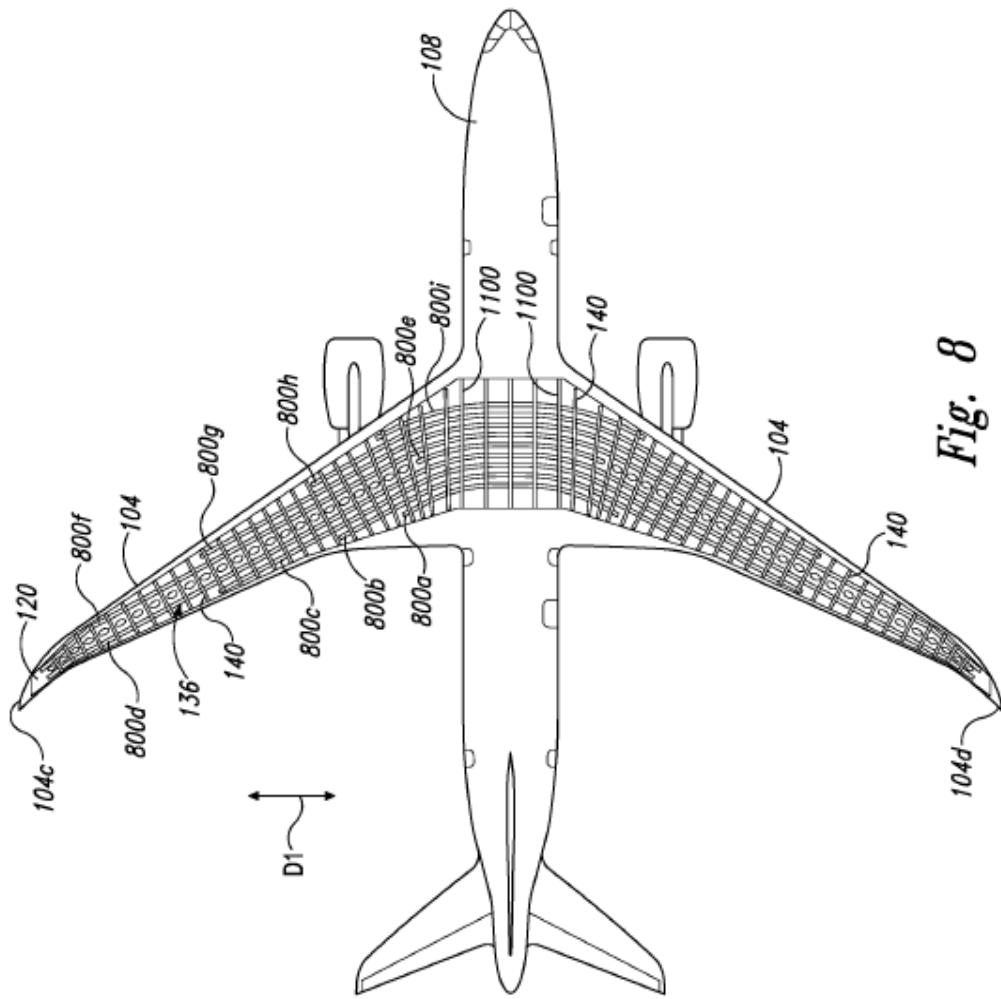


Fig. 8



Fig. 9

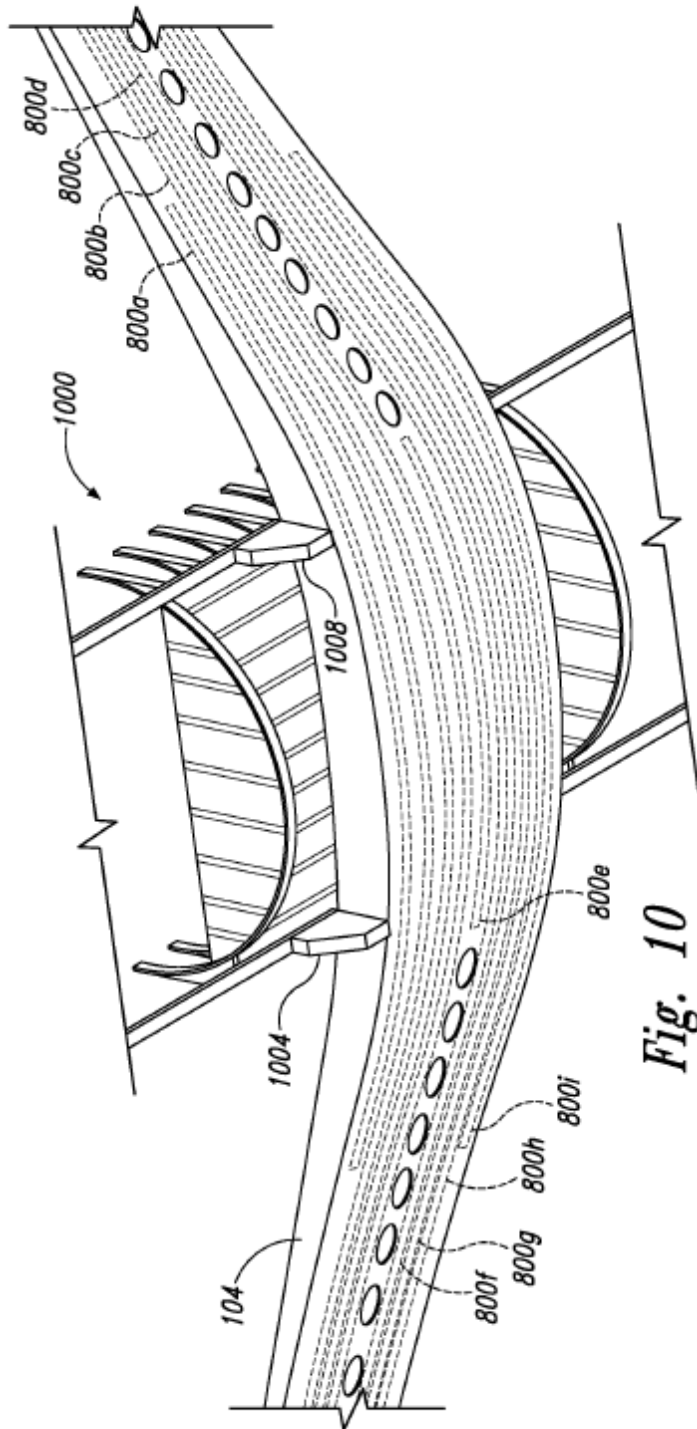


Fig. 10

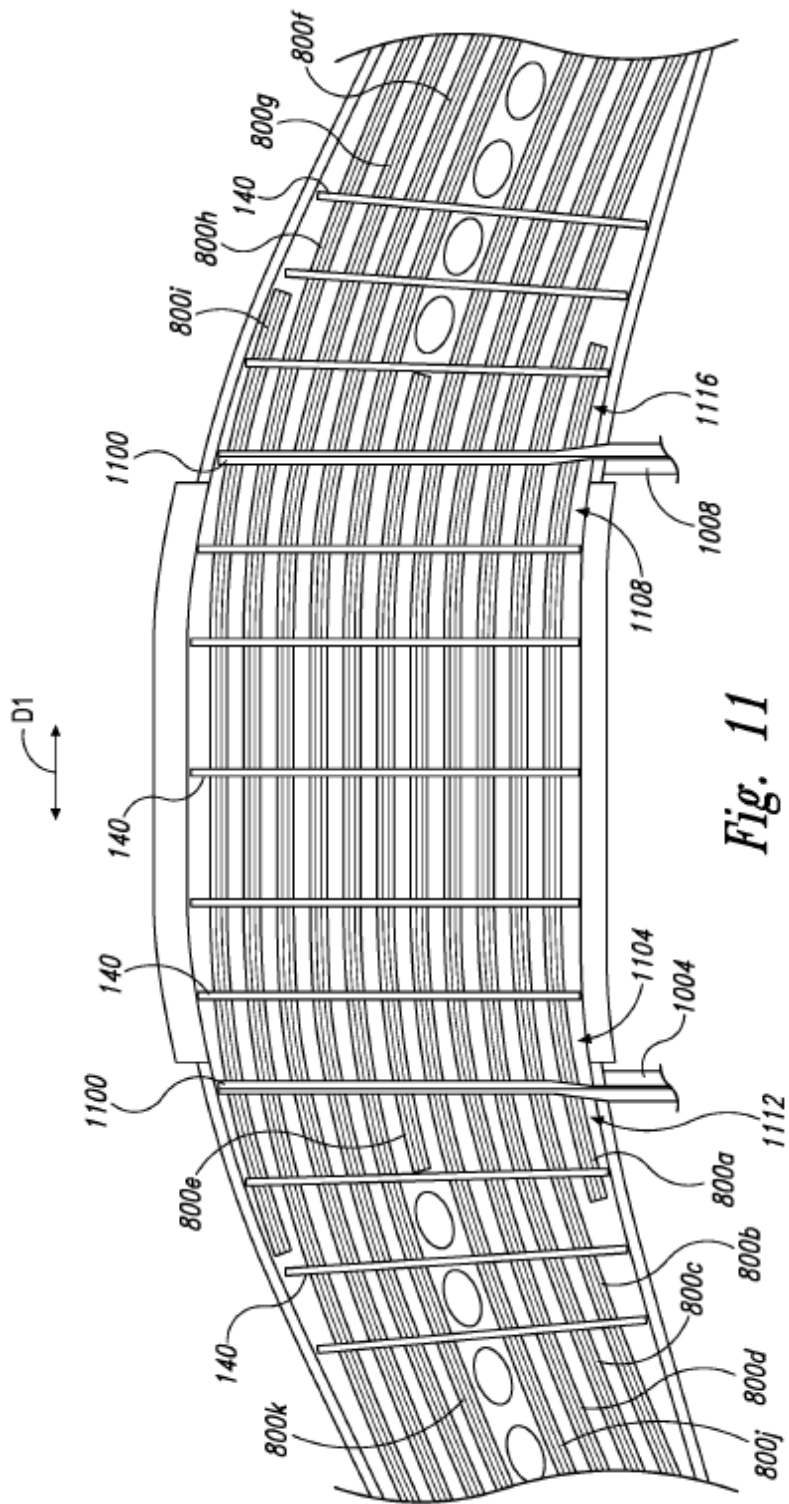


Fig. 11

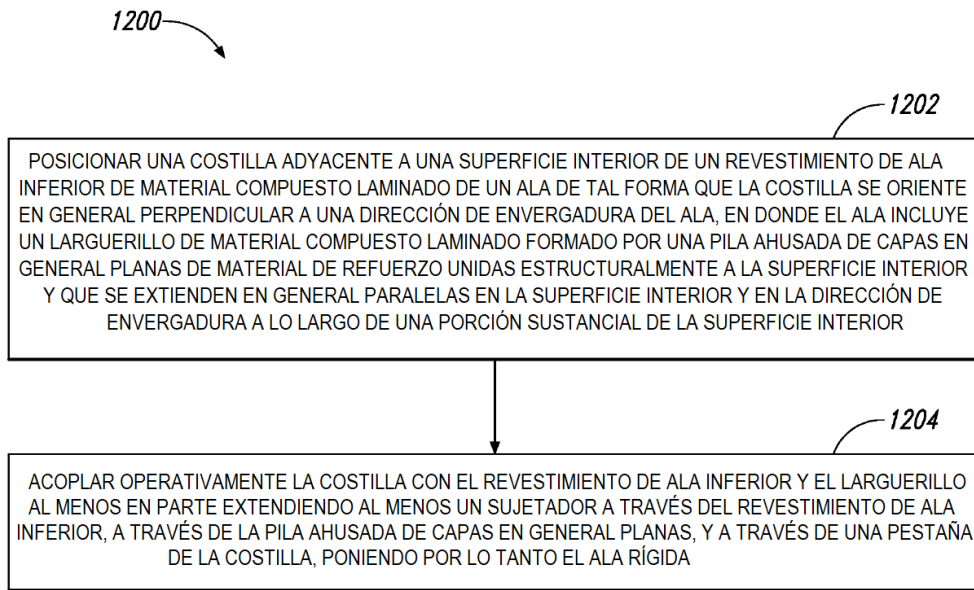


Fig. 12

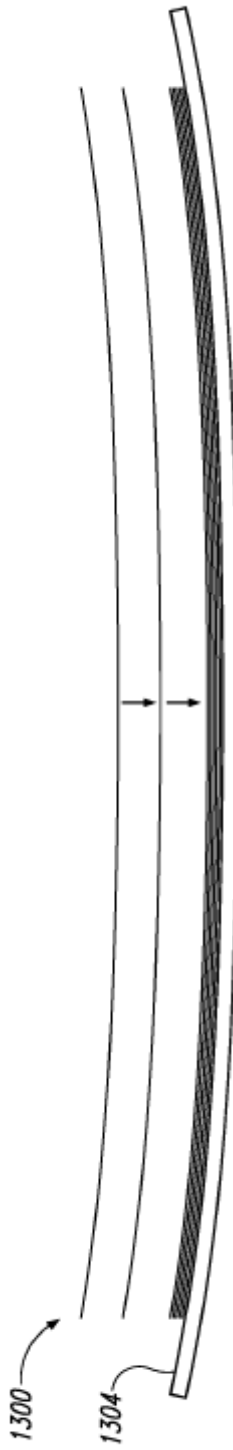


Fig. 13

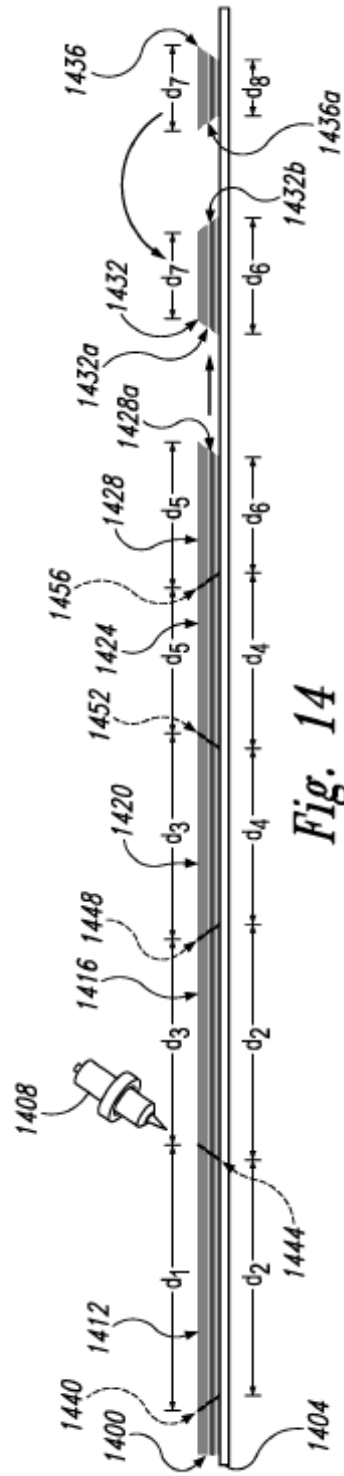


Fig. 14

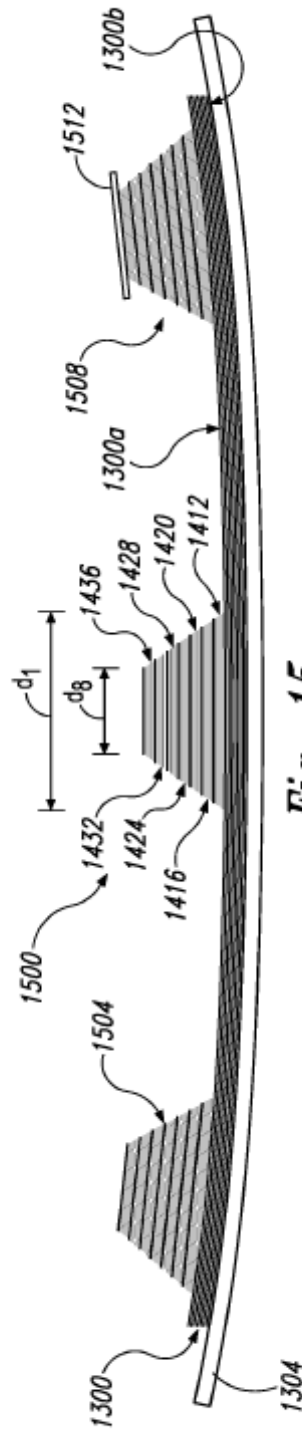


Fig. 15