

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 980 495**

51 Int. Cl.:

B64F 5/10 (2007.01)

B64C 3/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2021** **E 21185639 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2024** **EP 3974326**

54 Título: **Una estructura de refuerzo temporal rígida**

30 Prioridad:

29.09.2020 GB 202015407

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.10.2024

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

URMSTON, PETER;
ATTWELL, JACK;
MORRIS, CHRISTOPHER y
ELLSON, ALAN

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 980 495 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

Una estructura de refuerzo temporal rígida

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un componente resiliente para su unión a una estructura de refuerzo temporal rígida, una estructura de refuerzo temporal rígida para su unión a un componente resiliente, y un método para unir una estructura de refuerzo temporal a un componente resiliente.

10 Antecedentes de la invención

Un ala de una aeronave se ensambla típicamente como una construcción de caja de un ala que comprende cubiertas superior e inferior que intercalan un armazón estructural que comprende largueros en el sentido de la envergadura y nervaduras en el sentido de la cuerda. Las nervaduras están diseñadas para soportar las cubiertas al formar el perfil del ala aerodinámico exterior y, al hacerlo, transferir cargas desde las cubiertas hasta los largueros.

Cada nervadura está diseñada para sostener estas cargas particulares mientras minimiza su peso. Las nervaduras incluyen una banda de nervadura y soportes de nervadura (también denominados pies de nervadura y bridas de nervadura) que conectan la banda de nervadura a los largueros y cubiertas de la caja del ala. Las bandas de las nervaduras suelen ser relativamente delgadas y, como consecuencia, antes de ensamblar las nervaduras en la caja del ala, las nervaduras pueden flexionarse y doblarse. Cualquier movimiento de cada nervadura durante el ensamblaje hace que el posicionamiento preciso y el ensamblaje de la nervadura en la caja del ala sean más difíciles. El posicionamiento preciso de la nervadura es particularmente importante, ya que los orificios piloto o los orificios del ensamblaje final para un sujetador para unir la nervadura a la caja del ala se forman solo después de que la nervadura se coloque en su posición del ensamblaje final. Para contrarrestar estas dificultades, una estructura de refuerzo temporal rígida, comúnmente conocido como refuerzo, puede usarse para endurecer temporalmente la nervadura durante el ensamblaje al resto de la caja del ala.

Varios indicadores y sensores se colocan manualmente sobre o adyacentes a las nervaduras para colocar y sujetar cada nervadura a los largueros de la caja del ala. Se usan indicadores de ajuste manual para colocar las nervaduras en relación con las bridas de unión de los largueros, mientras que los sensores magnéticos de espesor total, comúnmente conocidos como sensores cutáneos (TSS), colocados manualmente dentro de la caja del ala en los orificios piloto/de referencia se usan para navegar por la perforación de los orificios de sujeción desde el exterior de la caja del ala.

Cada una de las nervaduras se instala manualmente, usando un dispositivo de elevación para manipular y colocar manualmente la nervadura, en lo que es un proceso intensivo en cuanto al trabajo y que consume mucho tiempo.

El documento EP3604141 A1 describe un dispositivo de fabricación de una estructura de aeronave, provisto de: una plantilla para soportar un componente de una estructura de una aeronave; un proceso para la fabricación directa de una parte en una posición estructural predeterminada. El documento US2015/367579 A1 describe un proceso que comprende escanear una estructura para determinar la fabricación, por depósito de material, de una parte ajustada.

45 Sumario de la invención

Un primer aspecto de la invención proporciona una estructura de refuerzo temporal rígida de acuerdo con la reivindicación 1.

Un segundo aspecto de la invención proporciona un método para unir una estructura de refuerzo temporal a un componente resiliente de acuerdo con la reivindicación 13.

Un componente resiliente es un componente que es flexible/plegable en relación con la estructura de refuerzo rígida, y que es capaz de recuperar su forma después de cualquier doblado o flexión que se produzca.

Una estructura de refuerzo temporal es una estructura que se usa habitualmente para reforzar temporalmente un componente resiliente durante el ensamblaje del componente resiliente en una estructura de ensamblaje. Temporal significa que la estructura de refuerzo se retira una vez que se instala el componente resiliente. Un ejemplo de una estructura de refuerzo temporal es un refuerzo, que soporta una estructura o ensamblaje durante cualquier mecanizado o ensamblaje posterior. De este modo, el componente resiliente se soporta durante el ensamblaje cuando el componente resiliente puede exhibir de otro modo un grado de flexibilidad no deseable antes de fijarse en la estructura de ensamblaje, momento en el que la estructura de ensamblaje es capaz de soportar el componente resiliente. Una estructura de ensamblaje es un ensamblaje capaz de sostener cargas estructurales.

Al proporcionar un componente resiliente y una estructura de refuerzo temporal que se colocan con precisión y se unen junto con elementos de referencia alineados de manera que tengan una referencia común a través de sus

respectivas conexiones en los elementos de fijación de referencias, el aspecto de refuerzo de la estructura de refuerzo temporal puede complementarse con una número de características auxiliares, tales como efectores de extremo robótico, objetivos de fotogrametría y sensores magnéticos de espesor total. Estas características pueden unirse de forma permanente o temporal a la estructura de refuerzo temporal. Estas características se pueden unir fácilmente a la estructura de refuerzo temporal, sin ninguna modificación en el componente resiliente que no sea la provisión de elementos de fijación de referencias para unirse a la estructura de refuerzo temporal, mientras que puede usar el sistema de referencias del componente resiliente debido a la referencia común. Este sistema de referencias actúa como un sistema de referencias global para la estructura del ensamblaje.

Estas características pueden ayudar a aumentar la tasa de fabricación. Por ejemplo, la instalación de nervaduras del ala de la aeronave es una tarea intensiva en cuanto al trabajo que se puede simplificar significativamente para aumentar la velocidad a la que se puede construir la aeronave. En particular, estas características permiten la automatización de la instalación, por ejemplo, posicionamiento automatizado y/o perforación automatizada. Las características también aumentan la precisión del ensamblaje, reducen el riesgo de lesiones del operador y reducir el potencial de daño a las piezas durante el ensamblaje y los costes posteriores asociados con cualquier reelaboración.

Un aspecto adicional de la invención proporciona un método para ensamblar un componente resiliente en un ensamblaje estructural, que comprende unir una estructura de refuerzo temporal al componente resiliente de acuerdo con el método del segundo aspecto; colocar el componente resiliente en una posición de ensamblaje manipulando la estructura de refuerzo temporal rígida a una posición deseada; y juntar el componente resiliente a un ensamblaje estructural usando los elementos de referencia del componente resiliente mientras el componente resiliente está soportado rígidamente por la estructura de refuerzo temporal.

Existe una relación conocida entre la posición del componente resiliente y la estructura de refuerzo temporal debido a su sistema de referencias común, de manera que la estructura de refuerzo temporal se pueda usar para guiar el posicionamiento del componente resiliente durante el ensamblaje.

Opcionalmente, en donde la uno o más elementos de fijación de referencias comprenden un elemento de fijación de referencias maestro y un elemento de fijación de referencias de sincronización para unirse de manera liberable a un elemento de fijación de referencias maestro correspondiente y un elemento de fijación de referencias de sincronización correspondiente del componente resiliente.

Un elemento de fijación de referencias maestro es un elemento de referencia que proporciona al menos una posición fija entre dos objetos. Una referencia de sincronización (también conocida como referencia de temporización) es un segundo elemento de referencia que fija las orientaciones relativas de los dos objetos.

Opcionalmente, en donde cada uno del uno o más elementos de fijación de referencias comprenden un orificio de referencia para alinearse con un orificio de referencia correspondiente del componente resiliente y a través del cual se puede insertar un pasador para bloquear las posiciones relativas de la estructura de refuerzo temporal y el componente resiliente.

La estructura de refuerzo temporal rígida comprende uno o más objetivos de posicionamiento dispuestos para ser detectados por un dispositivo de posicionamiento.

El método de ensamblar un componente resiliente en un ensamblaje estructural comprende además: rastrear un objetivo de posicionamiento en la estructura de refuerzo temporal para determinar una posición del componente resiliente en relación con el ensamblaje estructural, mover el componente resiliente basándose en la posición rastreada a la posición de ensamblaje.

Como la estructura de refuerzo temporal y el componente resiliente comparten una referencia común, los objetivos de posicionamiento unidos al refuerzo temporal rígido también pueden funcionar simultáneamente como objetivos de posicionamiento para el componente resiliente. Si la estructura de refuerzo temporal y el componente resiliente no compartieran una referencia común, entonces cualquier objetivo de posicionamiento usado en relación con el componente resiliente necesitaría unirse directamente al componente resiliente en lugar de a la estructura de refuerzo temporal.

Los objetivos de posicionamiento proporcionan un número de ventajas, particularmente cuando se automatizan en combinación con un manipulador robótico, tal como el rastreo en tiempo real de la posición del componente resiliente en diversos grados de libertad, comunicación/retroalimentación dinámica entre un robot de posicionamiento y un sistema de metrología, registro/certificación de las referencias de posicionamiento del componente resiliente en un Sistema de Ejecución de Fabricación (MES). Los objetivos de posicionamiento también mitigan el uso de indicadores de ajuste a medida para el ensamblaje y las barras de perforación, que consumen mucho tiempo y son difíciles de colocar con precisión.

Opcionalmente, en donde uno o más de los objetivos de posicionamiento son objetivos de fotogrametría, y el dispositivo de posicionamiento es un dispositivo de fotogrametría configurado para rastrear los objetivos de

fotogrametría.

Opcionalmente, la estructura de refuerzo temporal rígida comprende una porción de unión para soportar el componente resiliente con la estructura de refuerzo temporal.

5 La porción de unión permite mover y manipular la estructura temporal de refuerzo, y, a través de ella, el componente elástico desde un punto de conexión en la estructura temporal de refuerzo.

Opcionalmente, en donde la porción de unión es un conector para unirse a un manipulador.

10 El manipulador puede ser un manipulador neumático que permite la manipulación manual por parte de un usuario o un manipulador automático.

Opcionalmente, en donde el conector es un efector de extremo robótico.

15 Esto permite la conexión a un robot, permitiendo la repetibilidad de, por ejemplo, el posicionamiento de las nervaduras del ala con automatización, reduciendo, de este modo, el riesgo de error humano y el riesgo para un operador durante el ensamblaje.

20 Opcionalmente, la estructura de refuerzo temporal rígida comprende un ordenador y un brazo robótico conectados al componente resiliente a través del efector de extremo robótico, en donde el ordenador está configurado para recibir información relacionada con la posición del componente resiliente del dispositivo de fotogrametría, y el brazo robótico está configurado para mover el componente resiliente basándose en la información recibida por el ordenador para colocar el componente resiliente en una posición de ensamblaje para juntar el componente resiliente a un ensamblaje estructural.

25 Esto permite que el componente resiliente se mueva automáticamente basándose en la posición de los objetivos de fotogrametría en la estructura de refuerzo temporal.

30 Opcionalmente, en donde uno o más de los objetivos de posicionamiento es un sensor de espesor total para indicar un sitio que se va a perforar en relación con el componente resiliente.

Opcionalmente, comprendiendo además el método de ensamblar un componente resiliente en un ensamblaje estructural: detectar un sensor de espesor total en la estructura de refuerzo temporal desde un primer lado del componente resiliente, determinar un sitio que se va a perforar basándose en el sensor de espesor total detectado, perforar el componente resiliente desde el primer lado del componente resiliente, en donde la estructura de refuerzo temporal es adyacente a un segundo lado del componente resiliente opuesto al primer lado.

40 Al proporcionar los sensores de espesor total en la estructura de refuerzo temporal, los sensores se pueden colocar antes en el proceso de ensamblaje. Esto evita la necesidad de que los sensores se coloquen manualmente después de que el componente resiliente se coloque en la posición de ensamblaje. Cada una de las estructuras de refuerzo temporal también puede usarse para instalar más de un componente resiliente, en cuyo caso cada sensor puede usarse para guiar la perforación de múltiples orificios con una precisión altamente repetible y, de este modo, mitigar el error del usuario. Como un operario ya no necesita colocar manualmente los sensores después del ensamblaje inicial de las piezas, se evita cualquier riesgo de lesión del operador durante la instalación.

50 Los sensores pueden estar unidos permanentemente a la estructura de refuerzo temporal o mantenerse en un soporte de sensor a medida de manera que los sensores de espesor total estén unidos de manera fija a la estructura de refuerzo temporal y no se caigan. Esto ahorra una cantidad significativa de tiempo que de otro modo se gastaría recuperando los sensores.

Opcionalmente, en donde los sensores de espesor total son sensores magnéticos de espesor total.

Opcionalmente, en donde el sensor de espesor total está desplazado del sitio que se va a perforar. En particular, el sensor está desplazado del eje de un orificio que se va a perforar.

Opcionalmente, en donde el componente resiliente es un componente estructural de aeronave.

60 La invención se puede aplicar particularmente al ensamblaje de componentes de aeronaves, donde es deseable una alta precisión y/o donde el ensamblaje forma una sección cerrada con acceso limitado.

Opcionalmente, en donde el componente estructural de la aeronave es una nervadura del ala o una estructura del borde anterior para un ala de aeronave.

65

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de la invención se describirán a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la Figura 1 es una vista en planta de una aeronave;

5 la Figura 2 muestra una vista en perspectiva de la caja del ala de estribor;

la Figura 3 muestra una vista en planta del ala de estribor de la aeronave;

10 la Figura 4 muestra una estructura de caja del ala en una ubicación de nervadura vista en la dirección en el sentido de la envergadura;

la Figura 5 muestra la estructura de caja del ala en una ubicación de nervadura vista en la dirección en el sentido de la cuerda;

15 la Figura 6 muestra una nervadura de ala del acuerdo con un primer ejemplo;

la Figura 7 muestra una estructura de refuerzo temporal rígida de acuerdo con un primer ejemplo;

20 la Figura 8 muestra la nervadura de ala y la estructura de refuerzo temporal rígida de los primeros ejemplos conectados en elementos de fijación de referencias correspondientes;

la Figura 9 muestra la nervadura del ala suspendida debajo de una caja del ala por un robot;

25 la Figura 10 muestra la nervadura del ala instalada en la caja del ala;

la Figura 11A muestra un dispositivo sensor que detecta un sensor de espesor total;

la Figura 11B muestra una herramienta de perforación que perfora la cubierta inferior;

30 la Figura 12A muestra una estructura del borde anterior soportada por una estructura de refuerzo temporal rígida de acuerdo con un segundo ejemplo;

la Figura 12B muestra la estructura del borde anterior ensamblada a una caja del ala.

35 **Descripción detallada de la realización o realizaciones**

La Figura 1 ilustra una aeronave de ala fija típica 1 que tiene un ala de babor 2 y un ala de estribor 3 que llevan motores montados en el ala 9, extendiéndose las alas 2, 3 desde un fuselaje 4. El fuselaje tiene un morro 5 y una cola 6 con superficies estabilizadoras horizontales y verticales 7, 8 cerca de la cola 6. La aeronave 1 es una aeronave típica de transporte transónico de pasajeros a reacción, pero la invención se puede aplicar a una amplia variedad de tipos de aeronaves de ala fija, incluyendo comercial, militar, de pasajeros de cargamento, de reacción, de hélice, de aviación general, etc. con cualquier número de motores unidos a las alas o al fuselaje.

45 Cada ala 2, 3 tiene una estructura en voladizo con una longitud que se extiende en una dirección en sentido de la envergadura desde la raíz hasta la punta, juntándose la raíz al fuselaje de aeronave 4. Las alas 2, 3 son similares en construcción, de manera que solamente el ala de estribor 3 se describirá en detalle con referencia a la Figuras 2.

La Figura 2 ilustra una vista esquemática de la caja del ala 10 del ala de estribor 3 de la aeronave 1. Como se muestra en la Figura 1, el ala 3 se estrecha desde el extremo de la raíz interior del ala 3 hasta el extremo de la punta exterior del ala 3 de manera que la longitud de cuerda del ala 3 disminuye desde el extremo interior hasta el extremo exterior. Correspondientemente, la caja del ala 10 también está estrechada. La caja del ala 10 es una estructura de soporte dispuesta para soportar una proporción significativa de las cargas en el ala 3. La caja del ala 10 tiene una cubierta de larguero integrada 11, estando la cubierta de larguero 11 formada integralmente a partir de una cubierta superior 12 y un larguero del borde anterior 14. La cubierta del larguero 11 se extiende sustancialmente a lo largo de toda la longitud del ala 3, desde la raíz del ala hasta la punta del ala.

La cubierta del larguero 11 es una estructura monolítica que tiene un eje de pliegue entre la cubierta superior 12 y el larguero del borde anterior 14 de manera que el material del larguero 14 se extienda continuamente hacia el interior la cubierta superior 12 a través de una región de pliegue. La región de pliegue se extiende sustancialmente en la dirección longitudinal de la cubierta de larguero 11. La cubierta de larguero 11 tiene sustancialmente forma de Z.

El larguero del borde anterior 14 es un larguero longitudinal que se extiende en la dirección en el sentido de la envergadura del ala 3, que tiene una brida de unión inferior unida a una cubierta inferior 13.

65 Adyacente al borde de salida del ala 3, un larguero del borde posterior 15 se extiende entre los paneles de cubierta superior e inferior 12, 13. El larguero del borde posterior 15 tiene sustancialmente forma de C, que tiene bridas de

unión superior e inferior que se unen a la cubierta superior 12 y a la cubierta inferior 13, respectivamente.

El panel de la cubierta superior 12 y el panel de la cubierta inferior 13 tienen superficies aerodinámicas exteriores. El ala 3 también incluye una estructura del borde anterior no mostrada y una estructura del borde posterior (no mostrada) que están conformadas de forma aerodinámica para combinarse con la caja del ala 10 para formar un cuerpo con forma de alerón.

Las cubiertas 12, 13 pueden reforzarse con largueros. Los larguerillos son miembros de refuerzo que se extienden a lo largo de la envergadura unidos al interior de las cubiertas 12, 13. La caja del ala 10 del ala 3 también incluye una pluralidad de nervaduras 18, 18a, 18b en el sentido de la cuerda, como se muestra en la Figura 3, que se extiende entre los largueros 14, 15 y entre las cubiertas 12, 13.

La aeronave 1 incluye una caja del ala central 16 dentro de la carrocería del fuselaje 4. La caja del ala central 16 está juntada a una nervadura interior 18a próxima a la raíz del ala 3. El ala 3 incluye una serie de nervaduras 18 espaciadas uniformemente entre la nervadura interior 18a y una nervadura exterior 18b próxima a la punta del ala de estribor.

La Figura 4 muestra una nervadura 18 unida al larguero del borde anterior 14 y al larguero del borde posterior 15 usando soportes 19, 19a, así como a las cubiertas de revestimiento superior e inferior 12, 13 usando soportes 19. Los soportes 19a unidos a la cubierta inferior 13 son soportes integrales 19a, mientras que todos los demás soportes 19 están separados de la nervadura 18 y las cubiertas 12, 13 y los largueros 14, 15. En ejemplos alternativos, los soportes que se unen a cualquiera de las cubiertas 12, 13 o largueros 14, 15 pueden ser soportes integrales 19a o soportes separados 19.

La nervadura 18 está diseñada para soportar las cubiertas al formar el perfil de ala aerodinámico exterior, en particular, transfiriendo tensiones de cizalladura a través de la nervadura 18 a los largueros 14, 15 y otras estructuras de cojinete de carga primaria de la caja del ala 10.

La nervadura 18 se diseña típicamente con vistas a minimizar su peso y, como consecuencia, puede ser flexible de manera que pueda flexionarse y doblarse cuando no esté unida a los soportes de nervadura 19, 19a y/o soportada por la estructura restante de la caja del ala 10. Aunque la nervadura 18 es resiliente, de manera que sea capaz de recuperar su forma después de cualquier doblado o flexión que se produzca durante el ensamblaje, cualquier movimiento de la nervadura 18 durante el ensamblaje hace que la alineación de la nervadura 18 en la caja del ala 10 sea más desafiante durante el ensamblaje final.

Para soportar la nervadura 18 durante el ensamblaje, se puede usar una estructura de refuerzo temporal rígida, también conocida como plantilla o refuerzo y, en lo sucesivo, denominada refuerzo. El refuerzo soporta rígidamente la nervadura 18, evitando cualquier flexión o doblado significativo de la nervadura 18 durante el ensamblaje. El refuerzo está unido a la nervadura 18, soportando rígidamente la nervadura 18, de manera que la nervadura 18 se pueda mover a su posición. El posicionamiento preciso de la nervadura 18 en la caja del ala 10 se facilita usando indicadores de ajuste o dispositivos de posicionamiento similares que determinan la posición y guían el posicionamiento de la nervadura 18 en relación con la caja del ala 10. Una vez que la nervadura 18 esté en posición, la nervadura 18 puede sujetarse temporalmente en su posición usando grampas y barras de perforación, y luego sujetarse mediante los soportes 19, 19a o conectarse de otra manera a la caja del ala 10. Posteriormente, ya que la nervadura 18 ahora está soportada por la caja del ala 10, el refuerzo se puede retirar de la nervadura 18.

En el ala ensamblada 3, la nervadura 18 está típicamente acoplada a cada uno de entre el larguero del borde anterior 14, larguero del borde posterior 15, cubierta de revestimiento superior 12 y cubierta de revestimiento inferior 13. La cubierta de revestimiento inferior 13 es típicamente el último componente que se une al ala 3 y, al hacerlo, la estructura de caja del ala forma una sección cerrada con cada nervadura 18 encerrada en el interior. Cada larguero 14, 15 y cada cubierta de revestimiento 12, 13 tiene de este modo una superficie interior y una exterior, teniendo la cubierta de revestimiento del ala inferior 13 una superficie interior 13I y una superficie exterior 13J, como se muestra en la Figura 5.

El ensamblaje de la cubierta del ala inferior 13 en cada una de las nervaduras 18 puede ser un desafío, ya que el acceso al interior de la estructura de la caja del ala, y en particular los soportes de nervadura 19a y el lado interior 13I del revestimiento del ala inferior 13 es limitado. Como resultado, una persona puede necesitar escalar a través del interior del ala 3 de manera que se pueda perforar un orificio piloto desde el interior del ala 3 en la ubicación correcta, o un dispositivo ubicado fuera de la caja del ala 10 usado en combinación con un sensor dentro de la caja del ala 10 para indicar el sitio que se va a perforar en la nervadura 18. El orificio piloto o sensor se puede usar para guiar una perforadora u otra herramienta desde el exterior del ala 3.

La instalación de las nervaduras 18 en la caja del ala 10 representa una de las tareas que más tiempo consumen en el ensamblaje de aeronaves. Esto se complica aún más por la cubierta del larguero integrada particular 11 que se muestra en las Figuras 2 y 3, lo que restringe el acceso a la caja del ala 10 ya que no es posible separar la cubierta superior 12 del larguero del borde anterior 14 y proporcionar acceso desde la parte superior de la caja del ala 10.

La Figura 6 muestra un primer ejemplo de una nervadura de acuerdo con la invención. La nervadura es sustancialmente la misma que las nervaduras descritas en relación con las Figuras anteriores, por lo que se usan números de referencia similares pero numerados en la serie 100.

- 5 La nervadura 118 incluye soportes de nervadura inferiores integrados 119a unidos a la nervadura 118, de manera que la nervadura 118 y los soportes de nervadura inferiores 119a estén formados como una sola pieza, que son para unir la nervadura 118 a la cubierta inferior 13. La nervadura 118 está unida a la cubierta superior 12 y a los largueros 14, 15 del borde anterior y del borde posterior mediante soportes de nervadura separados (no mostrados).
- 10 Las nervaduras 118 también incluyen orificios de ratón 122 adyacentes a la cubierta inferior (no mostrada) que permiten que los rigidizadores (no mostrados) unidos al revestimiento inferior se extiendan a través de las nervaduras 118, y orificios de puerto 121 que proporcionan acceso entre las bahías de las nervaduras para los sistemas y el flujo de combustible.
- 15 La nervadura 118 incluye un primer orificio de referencia 130a que es un primer elemento de fijación de referencias para unir de manera liberable un refuerzo a la nervadura 118. La nervadura 118 incluye un segundo orificio de referencia 130b que es un segundo elemento de fijación de referencias para unir de manera liberable un refuerzo a la nervadura 118. El primer y el segundo elemento de fijación de referencias 130a, 130b pueden denominarse de forma intercambiable un elemento de referencia maestro y un elemento de referencia de sincronización/temporización, en
- 20 donde el elemento de referencia maestro proporciona una posición fija entre dos objetos y una referencia de sincronización (también conocida como referencia de temporización) garantiza que las orientaciones relativas de los dos objetos también sean fijas. El primer y el segundo elemento de fijación de referencias 130a, 130b comparten una referencia común con los elementos de referencia de la nervadura 118, por ejemplo, los bordes de la nervadura 118.
- 25 En ejemplos alternativos, un elemento de fijación de una única referencia puede funcionar como una referencia maestra y una referencia de sincronización simultáneamente.

La Figura 7 muestra un primer ejemplo de un refuerzo 150 de acuerdo con la invención, visto hacia una cara de extremo del refuerzo 150.

- 30 El refuerzo 150 es una estructura de refuerzo temporal rígida configurada para unirse a la nervadura 118 y soportar rígidamente la nervadura 118 cuando la nervadura 118 no está ensamblada en la caja del ala 10 y soportada por la caja del ala 10, en particular, el refuerzo 150 soporta rígidamente la nervadura 118 durante el ensamblaje de la nervadura 118 a los largueros 15, 14.
- 35 El refuerzo 150 incluye un bastidor 151 que proporciona la estructura de soporte de carga del refuerzo y proporciona la rigidez estructural configurada para soportar la nervadura 118.
- 40 El refuerzo 150 incluye una porción de unión 160 para conectarse externamente al refuerzo 150 y permitir que se manibre la posición del refuerzo 150 (y la nervadura 118 cuando se conecta al refuerzo). En este ejemplo particular, la porción de unión 160 es un efector de extremo robótico para conectarse al brazo robótico de un robot, como se explicará a continuación en relación con la Figura 9.

- 45 El refuerzo 150 incluye una pluralidad de objetivos de posicionamiento 170, 170a, 170b específicamente objetivos de fotogrametría 170, 170a que están dispuestos para ser rastreados por una cámara de fotogrametría (analizada en relación con la Figura 10).

- 50 La fotogrametría implica el registro y el procesamiento posterior de imágenes fotográficas para rastrear un objeto. Los objetivos de fotogrametría 170, 170a, 170b están incrustados en el refuerzo 150, permitiendo rastrear el refuerzo en tiempo real 150 para determinar la posición y orientación del refuerzo 150.

- 55 El refuerzo 150 incluye tres objetivos de fotogrametría 170, 170a, 170b, un objetivo de fotogrametría central 170 y dos objetivos de fotogrametría exteriores 170a, 170b. Los objetivos de fotogrametría exteriores 170a, 170b también funcionan como pasadores de bloqueo 175a, 175b dispuestos para insertarse en el primer y el segundo orificio de referencia 130a, 130b de la nervadura 118. Los pasadores de bloqueo 175a, 175b definen elementos de fijación de referencias del refuerzo 150. En ejemplos alternativos, los objetivos de fotogrametría 170a, 170b pueden estar separados de los pasadores de bloqueo 175a, 175b.

- 60 Unido a un borde inferior del bastidor del refuerzo 151 hay una serie de sensores magnéticos integrados de espesor total 180. Los sensores de espesor total 180 están desplazados del refuerzo 180 y dispuestos para ser detectados por un dispositivo de rastreo (no mostrado) que detecta el campo magnético de los sensores 180, como se analizará con más detalle en relación con la Figura 9.

- 65 La Figura 8 muestra el refuerzo 150 unido a una nervadura 118, de manera que la nervadura 118 esté soportada de forma rígida.

Para unir el refuerzo 150 a la nervadura 118, los orificios de referencia 130a, 130b están alineados con los pasadores de bloqueo 175a, 175b de los objetivos de fotogrametría exteriores 170a. Insertar los pasadores de bloqueo 175a, 175b en los orificios de referencia 130a, 130b de las nervaduras 118 bloquea el refuerzo 150 y la nervadura 118, de manera que sus posiciones se fijen entre sí.

Al conectar los elementos de fijación de referencias 130a, 130b, 175a, 175b respectivos de la nervadura 118 y el refuerzo 150, la nervadura 118 y el refuerzo 150 comparten un sistema de referencias común. Dicho de otra manera, se conoce la posición del refuerzo 150 con respecto a la nervadura 118, de manera que la información relacionada con la posición y orientación del refuerzo 150 proporciona inherentemente información relacionada con la posición de la nervadura 118.

De esta forma, si la posición del refuerzo 150 se conoce en tiempo real, entonces el refuerzo 150 se puede usar para colocar con precisión la nervadura 118 a la que está unido de manera liberable.

En el ejemplo mostrado en la Figura 9, el ensamblaje de una nervadura 118 en una caja del ala 10 se facilita rastreando los objetivos de fotogrametría 170, 170a, 170b del refuerzo 150.

La caja del ala 10 incluye la cubierta de larguero integrada 11, formada a partir de la cubierta superior 12 y el larguero del borde anterior 14, el larguero del borde posterior 15 y un número de largueros 17 en el sentido de la envergadura que se extienden a lo largo de la cubierta superior 12. La cubierta inferior 13 no está unida, proporcionando así acceso al interior de la caja del ala 10 para la inserción de las nervaduras 118.

La Figura 9 muestra la nervadura 118 unida al refuerzo 150, en donde el efector de extremo robótico 160 del refuerzo 150 está conectado al brazo robótico 162 de un robot 164. Por lo tanto, la nervadura 118 puede suspenderse por debajo de la caja del ala 10 por el robot 164.

Como los elementos de referencia (tales como los bordes de la nervadura 118) y los elementos de fijación de referencias 130a, 130b de la nervadura 118 comparten un punto de referencia común, y los elementos de fijación de referencias 175a, 175b del refuerzo 150 comparten esa referencia común a través de su conexión con los elementos de fijación de referencias 130a, 130b de la nervadura 118, los objetivos de fotogrametría 170, 170a en el refuerzo 150 pueden rastrearse mediante un dispositivo de fotogrametría para colocar la nervadura 118 en una posición deseada, como se explicará en relación con la Figura 10.

La Figura 10 muestra el robot 164 conectado a un dispositivo de posicionamiento 190. El dispositivo de posicionamiento 190 es una cámara de fotogrametría que registra imágenes de los objetivos de fotogrametría 170, 170a en el refuerzo 150 y objetivos de fotogrametría 170w en los largueros del borde anterior y del borde posterior 14, 15. Las imágenes se usan para rastrear las posiciones relativas de los objetivos de fotogrametría 170, 170a, 170w.

Las imágenes se transfieren a un ordenador 195 conectado a la cámara de fotogrametría 190. El ordenador 195 procesa la información recibida de la cámara de fotogrametría 190 para determinar la posición del refuerzo 150 en relación con la caja del ala 10 y, de este modo, determinar la posición de la nervadura 118 en relación con los soportes de nervadura 19 de la caja del ala 10.

La cámara de fotogrametría 190 envía referencias en directo al ordenador 195 de manera que estén disponibles una posición precisa y actualizada de la nervadura 118 y cada soporte de nervadura 19. La posición de los objetivos de fotogrametría 170, 170a, 170w se rastrea de este modo en directo, proporcionando información de rastreo simultánea relacionada con la nervadura 118 y los soportes 19 al ordenador 195.

El ordenador 195 envía una señal de control al robot 164 basándose en la información procesada. La señal de control representa un comando que ordena al robot 164 mover la nervadura 118, a través del brazo robótico 162 y el refuerzo 150, hasta que se coloque en una posición de ensamblaje adyacente a los soportes de nervadura 19. Esto evita la necesidad de herramientas de ajuste convencionales, tales como grampas y barras de perforación.

Una vez que la nervadura 118 está colocada en la posición de ensamblaje adyacente a los soportes de nervadura 19, como se muestra en la Figura 10, la nervadura 118 se puede unir a los soportes de nervadura 19, por ejemplo, usando sujetadores (no mostrados).

La cubierta inferior 13 es típicamente el último componente de la caja del ala 10 que se ensambla y, al hacerlo, la estructura de la caja del ala forma una sección cerrada con cada nervadura 118 encerrada en el interior.

Como resultado de la sección cerrada formada cuando se une la cubierta inferior 13, la unión de la cubierta inferior 13 a cada nervadura 118 puede ser un desafío, ya que el acceso al interior de la estructura de la caja del ala y, en particular, los soportes de nervadura 19 y la cara interior del revestimiento inferior del ala 13 es limitado. Por consiguiente, se puede usar un dispositivo sensor en combinación con uno o más sensores 180 que se ajustan en el interior de la caja del ala 10. Cada uno de los sensores 180 puede usarse para guiar una perforadora u otra herramienta, desde el exterior de la caja del ala 10.

Anteriormente, para instalar y/o retirar los sensores 180 del interior de la caja del ala, puede ser necesaria una persona para escalar a través del interior de la caja del ala 10 para colocar manualmente los sensores 180. Estos sensores 180 se usan para indicar un sitio que se va a perforar desde la cara exterior 13J de la cubierta inferior 13 hacia la cara interior 131 de la cubierta inferior 13, de manera que el orificio a través de la cubierta inferior 13 esté alineado con una ubicación objetivo en los soportes de nervadura 119, por ejemplo, un orificio de sujeción en los soportes de nervadura 119. Los sensores 180 pueden estar colocados en la ubicación objetivo o desplazados a una distancia conocida desde la ubicación objetivo.

Como los sensores 180 no se dejan dentro de la caja del ala 10 después del ensamblaje/mecanizado, los sensores están unidos de manera extraíble a la caja del ala 10. Antes de retirar los sensores 180, los sensores 180 pueden caerse.

Es importante que los sensores 180 no se dejen dentro de la caja del ala 10 después del ensamblaje y, por lo tanto, es necesario tener en cuenta cada sensor 180. Si uno o más sensores 180 están fuera de lugar dentro de la caja del ala 10, puede requerirse una cantidad significativa de esfuerzo para encontrarlos y eliminarlos.

Para mitigar este problema, los sensores 180 se pueden unir directamente al refuerzo 150. Por ejemplo, los sensores 180 pueden estar colocados en un portasensor 182 que lleva un sensor 180 y evita que el sensor 180 se caiga durante el ensamblaje de la caja del ala 10. Los sensores 180 pueden estar unidos permanentemente al refuerzo 150 y/o al portasensor 182.

Los sensores 180 son sensores magnéticos de espesor total que son detectados por un dispositivo sensor 185 ubicado adyacente a un lado opuesto de la cubierta inferior 13 a los sensores 180 (es decir, adyacente a la cara exterior 13J de la cubierta inferior 13) como se muestra en la Figura 11A.

El dispositivo sensor 185 se mueve adyacente a la cara exterior 13J de la cubierta inferior 13 para rastrear la ubicación del sensor 180. Se determina un sitio de perforación en la cubierta inferior 13 basándose en la ubicación del sensor 180. En la Figura 11B, la ubicación del sensor está desplazada del sitio de perforación, aunque en ejemplos alternativos el sitio de perforación puede ser coaxial con el sensor 180.

La herramienta de perforación 186, como se muestra en las Figuras 11B, se mueve después al sitio de perforación para perforar un orificio en la cubierta inferior 13, de manera que se pueda insertar un sujetador en el orificio para sujetar la cubierta inferior 13 al soporte de nervadura 119a.

Será evidente para el experto en la materia que el ejemplo de una estructura de refuerzo temporal 150 (denominada como alternativa refuerzo) usada para soportar una nervadura del ala de una aeronave 118 es solo un ejemplo específico, y que los ejemplos alternativos de estructuras de refuerzo temporales serán evidentes para el experto. Por ejemplo, la estructura del borde anterior de un ala 2, 3 normalmente requiere una estructura de refuerzo temporal durante el ensamblaje.

La Figura 12A muestra un ejemplo de una estructura del ala del borde anterior 25 soportada por un segundo ejemplo de un refuerzo. El refuerzo es sustancialmente el mismo que el refuerzo descrito en relación con las Figuras anteriores, por lo que se usan números de referencia similares pero numerados en la serie 200.

El refuerzo 250 incluye un efector de extremo robótico 260 para conectar el refuerzo 250 al brazo robótico de un robot (no mostrado), permitiendo así que el refuerzo 250 (y la estructura del borde anterior 25 cuando se conecta al refuerzo 250) se manibre y manipule.

El refuerzo 250 está unido a la estructura del borde anterior 25 en los elementos de fijación de referencias 275 del refuerzo 250, que se unen a los elementos de fijación de referencias correspondientes (no mostrados) de la estructura de borde anterior 25.

Al conectar los elementos de fijación de referencias 275 del refuerzo 250 y la estructura del borde anterior 25, la estructura del borde anterior 25 y el refuerzo 250 comparten un sistema de referencias común, como se describe de manera similar en relación con el ejemplo anterior de una nervadura 118 soportada por un refuerzo 150, de manera que el refuerzo 150 se pueda usar para colocar con precisión la estructura del borde anterior 25 con respecto a una caja del ala 10, como se muestra en la Figura 12B.

El refuerzo 250 incluye objetivos de fotogrametría 270 que pueden ser rastreados por un dispositivo de fotogrametría. La caja del ala 10 incluye objetivos de fotogrametría 270w que pueden ser rastreados por el mismo dispositivo de fotogrametría. Los objetivos de fotogrametría 270, 270w permiten rastrear las posiciones relativas de la estructura del borde anterior 25 y la caja del ala 10, de manera que la estructura del borde anterior 25 se puede colocar con precisión en una posición de ensamblaje con respecto a la caja del ala 10.

Será evidente para el experto en la materia que los ejemplos descritos anteriormente pueden ajustarse de diversas

maneras.

En ejemplos alternativos, el segundo ejemplo de un refuerzo 250 puede incluir sensores similares a los usados en relación con el primer ejemplo descrito en relación con las Figuras 6 a 11. Los sensores se pueden usar para indicar un sitio que se va a perforar en la caja del ala 10 y/o la estructura del borde anterior 25 desde el lado exterior de la caja del ala 10 hacia el lado interior.

El refuerzo 150, 250 se describe en relación con su uso al ensamblar una nervadura 118 o estructura del borde anterior 25 a una caja del ala 10. Será evidente para el experto en la materia que el refuerzo puede usarse para soportar otros componentes resilientes que pueden requerir soporte durante el ensamblaje. La invención es particularmente aplicable al ensamblaje de componentes de aeronaves, donde se desea una alta precisión, pero no está tan limitado y puede aplicarse al ensamblaje de cualquier componente adecuado.

Los sensores 180 se describen en relación con su indicación de un sitio que se va a perforar con una herramienta de perforación; sin embargo, los sensores pueden usarse para dirigir otras herramientas, tales como herramientas de sujeción o herramientas de fresado.

Los objetivos de fotogrametría se describen en el contexto de que son objetivos discretos colocados en ubicaciones discretas en la estructura de refuerzo temporal y el componente de ensamblaje (por ejemplo, la caja del ala 10). Puede haber cualquier número de objetivos de fotogrametría. Como alternativa, puede haber un objetivo de fotogrametría en cada componente que abarque una porción suficiente de cada componente.

En ejemplos alternativos, los objetivos pueden no ser objetivos de fotogrametría. Los objetivos pueden ser objetivos reflectores detectados por un dispositivo sensor láser o de microondas u otros objetivos de posicionamiento adecuados.

El refuerzo se describe como que tiene un efector de extremo robótico para conectarse al brazo robótico de un robot. En ejemplos alternativos, el refuerzo puede comprender, además o como alternativa, un conector para un manipulador, tal como un manipulador neumático y/o manijas para el movimiento manual del componente resiliente. El refuerzo se puede colocar manualmente usando una o más de estas características, mientras se coloca simultáneamente el componente resiliente usando objetivos de posicionamiento, tales como objetivos de fotogrametría.

Los sensores 180 se detectan detectando su campo magnético. En ejemplos alternativos, los sensores pueden detectarse por otros medios. Los sensores pueden comprender materiales de contraste configurados para ser detectados por un dispositivo emisor/detector de retrodispersión de rayos X. Los sensores de posicionamiento del sitio de perforación, tales como sensores de espesor total, aún pueden instalarse manualmente en la nervadura (u otra estructura resiliente) además de o en lugar de colocarlos en el refuerzo.

La caja del ala 10 se describe como que tiene una cubierta de larguero integrada 11 formada como una sola pieza a partir de una cubierta superior 12 y un larguero del borde anterior 14; sin embargo, será evidente que se puede usar cualquier construcción adecuada de la caja del ala. En ejemplos alternativos, cualquier combinación de cubierta 12, 13 y larguero 14, 15 puede formarse como una cubierta de larguero integrada. Los largueros y cubiertas pueden estar todos separados. La caja del ala puede incluir un componente de una sola pieza en forma de 'U', formado por tres de entre la cubierta superior e inferior y los largueros del borde anterior y posterior.

Cuando aparezca la palabra "o", se entenderá que significa "y/o", de manera que los elementos a los que se haga referencia no se excluyen necesariamente entre sí y pueden usarse en cualquier combinación adecuada.

Aunque la invención se ha descrito anteriormente con referencia a una o más realizaciones preferidas, se apreciará que se pueden realizar diversos cambios o modificaciones sin desviarse del alcance de la invención, como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una estructura de refuerzo temporal rígida (150) para su unión a un componente resiliente (118),
 5 teniendo la estructura de refuerzo temporal uno o más elementos de fijación de referencias (175a, 175b) para unir de manera liberable la estructura de refuerzo temporal a los elementos de fijación de referencias correspondientes (130a, 130b) del componente resiliente,
 donde los elementos de fijación de referencias y los elementos de referencia del componente resiliente tienen una referencia común, y la estructura de refuerzo temporal está configurada para soportar rígidamente el componente
 10 resiliente durante el ensamblaje del componente resiliente en un ensamblaje estructural,
caracterizada por que la estructura de refuerzo temporal rígida comprende además uno o más objetivos de posicionamiento (170, 170a, 170w) dispuestos para ser detectados por un dispositivo de posicionamiento (190).
2. Una estructura de refuerzo temporal rígida (150) de acuerdo con la reivindicación 1 unida de manera liberable a un
 15 componente resiliente (118), teniendo el componente resiliente uno o más elementos de fijación de referencias (130a, 130b) unidos de manera liberable a los correspondientes elementos de fijación de referencias de la estructura de refuerzo temporal, y uno o más elementos de referencia para juntar el componente resiliente a un ensamblaje estructural.
3. Una estructura de refuerzo temporal rígida (150) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el uno o más
 20 elementos de fijación de referencias (175a, 175b) comprenden un elemento de fijación de referencias maestro y un elemento de fijación de referencias de sincronización para unirse de manera liberable a un elemento de fijación de referencias maestro correspondiente y un elemento de fijación de referencias de sincronización correspondiente del componente resiliente.
4. Una estructura de refuerzo temporal rígida (150) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde cada
 25 uno del uno o más elementos de fijación de referencias (175a, 175b) comprende un orificio de referencia para alinearse con un orificio de referencia correspondiente (130a, 130b) del componente resiliente (118) y a través del cual un pasador (175a, 175b) se puede insertar para bloquear las posiciones relativas de la estructura de refuerzo temporal y
 30 el componente resiliente.
5. Una estructura de refuerzo temporal rígida de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde uno o más
 de los objetivos de posicionamiento (170, 170a, 170w) son objetivos de fotogrametría, y el dispositivo de
 35 posicionamiento (190) es un dispositivo de fotogrametría configurado para rastrear los objetivos de fotogrametría.
6. Una estructura de refuerzo temporal rígida (150) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende
 una porción de unión (160) para soportar el componente resiliente (118) con la estructura de refuerzo temporal.
7. Una estructura de refuerzo temporal rígida (150) de acuerdo con la reivindicación 6, en donde la porción de unión
 40 (160) es un conector para unirse a un manipulador y, preferentemente, en donde el conector es un efector de extremo robótico.
8. Una estructura de refuerzo temporal rígida (150) de acuerdo con la reivindicación 6, en donde la porción de unión
 45 (160) es un efector de extremo robótico para unirse a un manipulador, comprendiendo la estructura de refuerzo temporal rígida un ordenador (195) y un brazo robótico (162) conectado al componente resiliente (118) a través del efector de extremo robótico,
 en donde uno o más de los objetivos de posicionamiento (170, 170a, 170w) son objetivos de fotogrametría, y el
 50 dispositivo de posicionamiento (190) es un dispositivo de fotogrametría configurado para rastrear los objetivos de fotogrametría,
 en donde el ordenador está configurado para recibir del dispositivo de fotogrametría información relacionada con la posición del componente resiliente, y
 el brazo robótico está configurado para mover el componente resiliente basándose en la información recibida por
 55 el ordenador para colocar el componente resiliente en una posición de ensamblaje para unir el componente resiliente a un ensamblaje estructural.
9. Una estructura de refuerzo temporal rígida (150) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde uno o
 más de los objetivos de posicionamiento (170, 170a, 170w) es un sensor de espesor total para indicar un sitio que se
 60 va a perforar en relación con el componente resiliente.
10. Una estructura de refuerzo temporal rígida (150) de acuerdo con la reivindicación 9, en donde los sensores de
 espesor total (180) son sensores magnéticos de espesor total y/o en donde el sensor de espesor total está desplazado
 del sitio que se va a perforar.
11. Una estructura de refuerzo temporal rígida (150) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior cuando depende
 65 de la reivindicación 2, en donde el componente resiliente (118) es un componente estructural de aeronave.

12. Una estructura de refuerzo temporal rígida (150) de acuerdo con la reivindicación 11, en donde el componente estructural de aeronave es una nervadura de ala (118) o una estructura del borde anterior (25) para un ala de aeronave (2, 3).

5 13. Un método para unir una estructura de refuerzo temporal (150) a un componente resiliente (118), que comprende:

proporcionar un componente resiliente que tiene uno o más elementos de fijación de referencias (130a, 130b) y uno o más elementos de referencia, donde los elementos de fijación de referencias y los elementos de referencia del componente resiliente tienen una referencia común;

proporcionar una estructura de refuerzo temporal rígida que tiene uno o más elementos de fijación de referencias (175a, 175b);

alinear uno o más elementos de fijación de referencias de la estructura de refuerzo temporal con los correspondientes elementos de fijación de referencias del componente resiliente, de manera que uno o más elementos de referencia del componente resiliente compartan una referencia común con los elementos de fijación de referencias de la estructura de refuerzo temporal; y unir la estructura de refuerzo temporal al componente resiliente de manera que la estructura de refuerzo temporal soporte rigidamente el componente resiliente; y rastrear un objetivo de posicionamiento (170, 170a, 170w) en la estructura de refuerzo temporal para determinar una posición del componente resiliente con respecto al ensamblaje estructural,

moviendo el componente resiliente basándose en la posición rastreada en la posición de ensamblaje.

14. Un método para ensamblar un componente resiliente (118) en un ensamblaje estructural que comprende unir una estructura de refuerzo temporal (150) al componente resiliente de acuerdo con el método de la reivindicación 13;

colocar el componente resiliente en una posición de ensamblaje manipulando la estructura de refuerzo temporal rígida a una posición deseada; y juntar el componente resiliente a un ensamblaje estructural usando los elementos de referencia del componente resiliente mientras el componente resiliente está soportado rigidamente por la estructura de refuerzo temporal.

15. Un método de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende, además:

detectar un sensor de espesor total (180) en la estructura de refuerzo temporal (150) desde un primer lado del componente resiliente (118),

determinar un sitio que se va a perforar basándose en el sensor de espesor total detectado,

perforar el componente resiliente desde el primer lado del componente resiliente, en donde la estructura de refuerzo temporal es adyacente a un segundo lado del componente resiliente opuesto al primer lado.

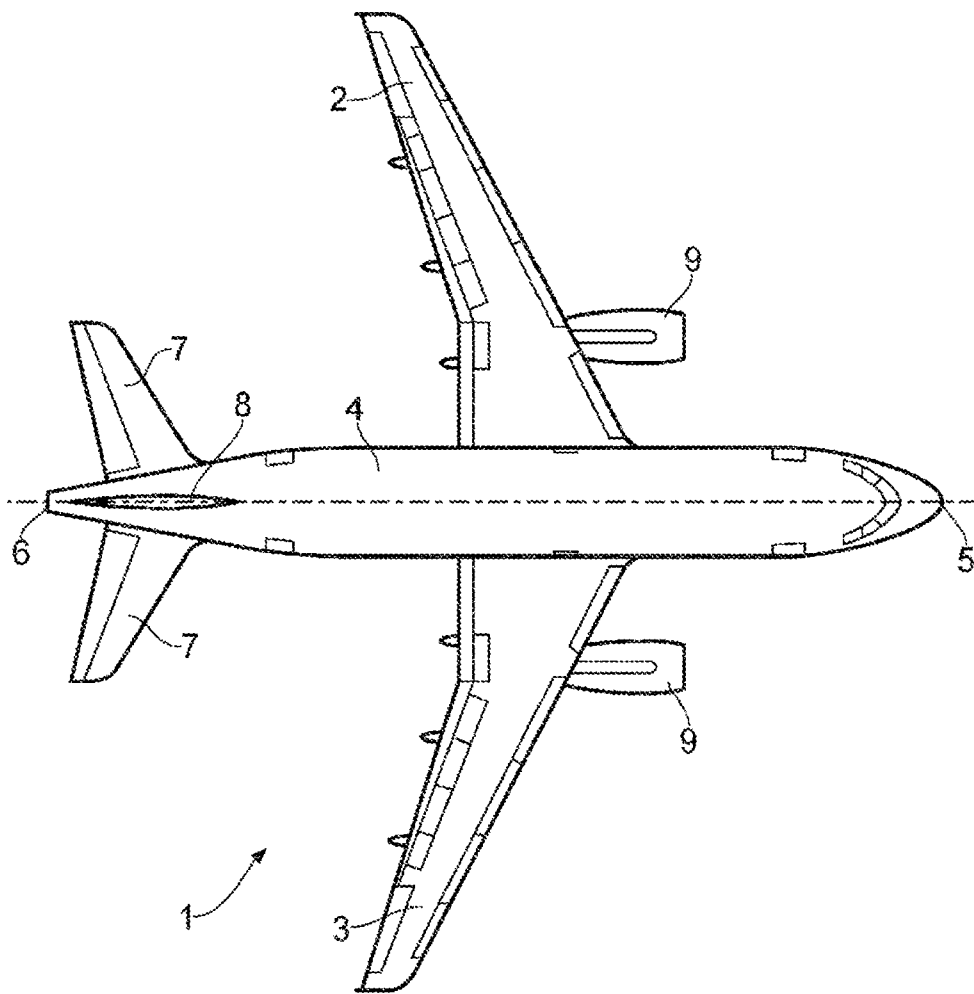


FIG. 1

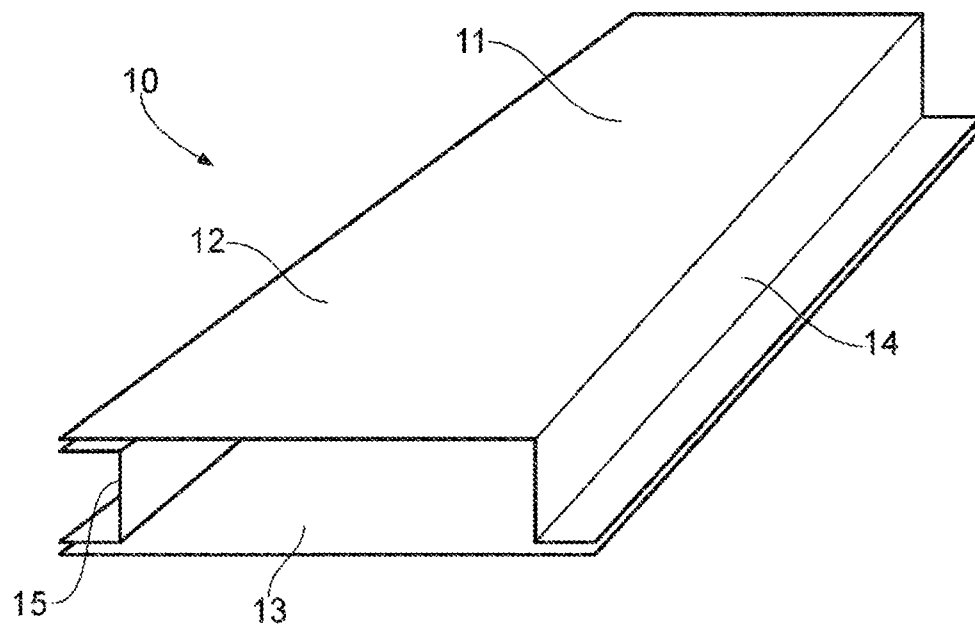


FIG. 2

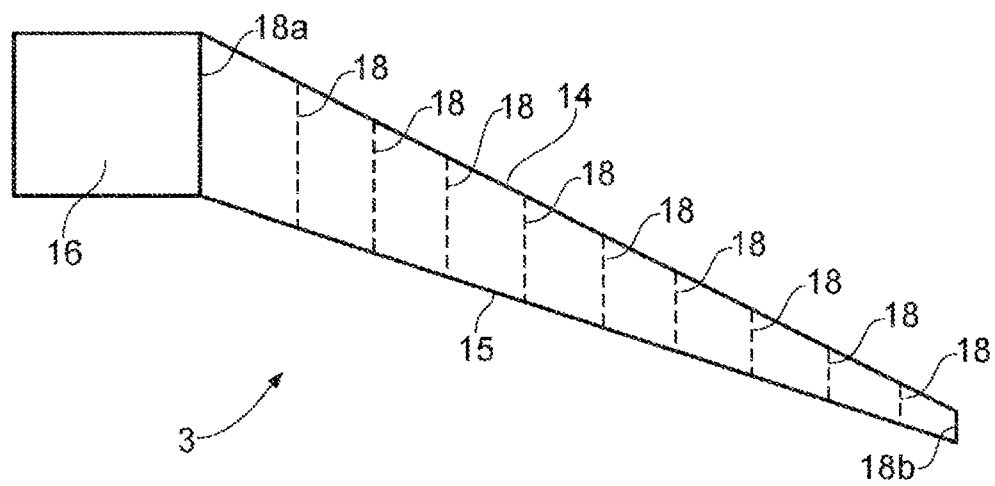


FIG. 3

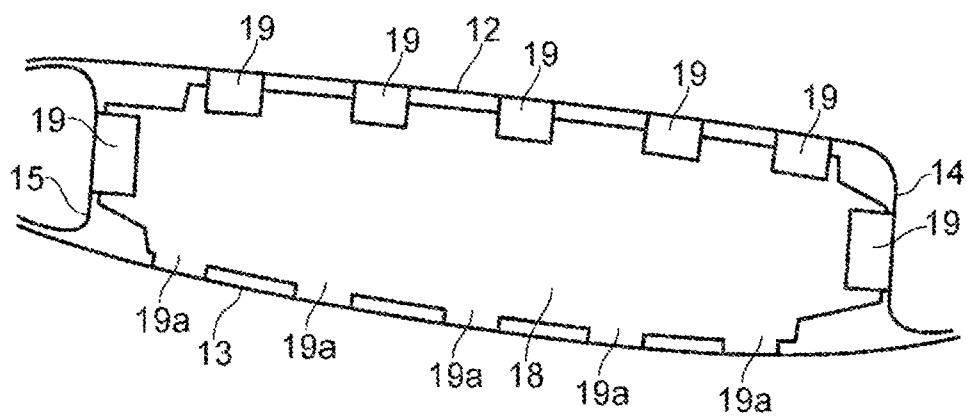


FIG. 4

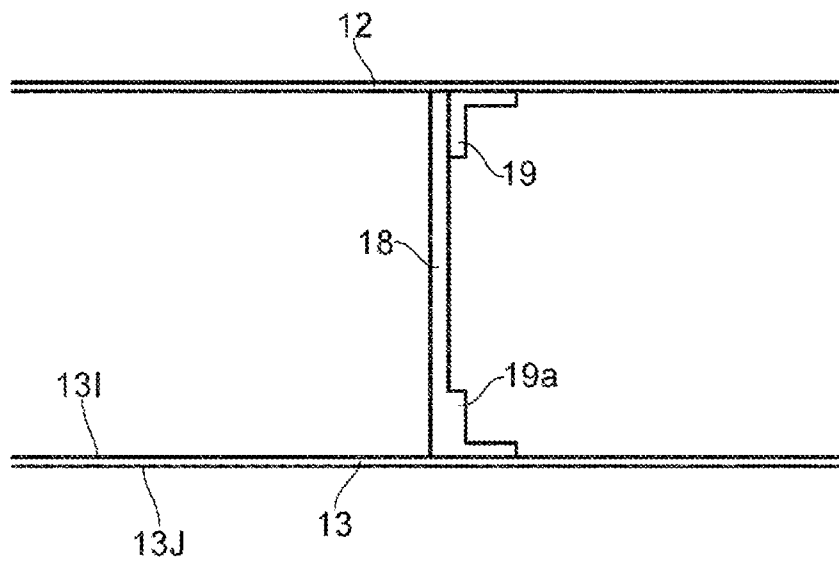


FIG. 5

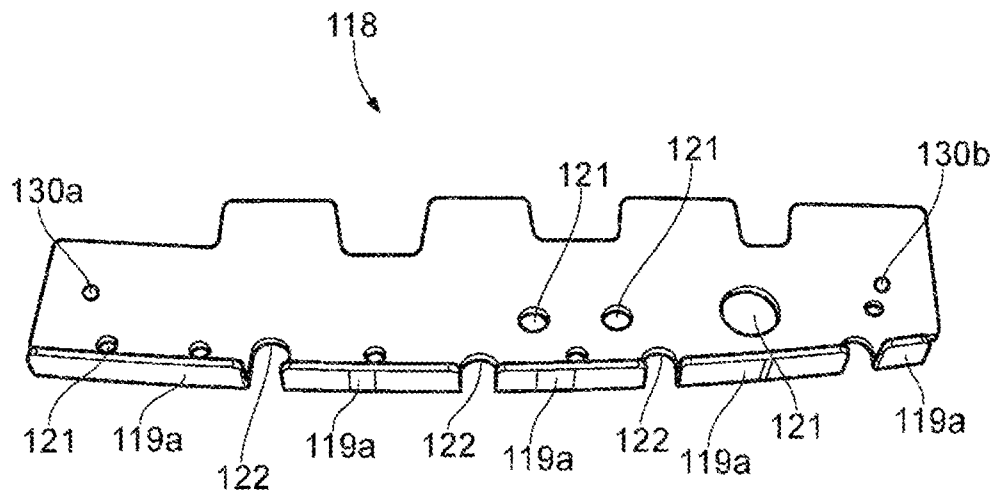


FIG. 6

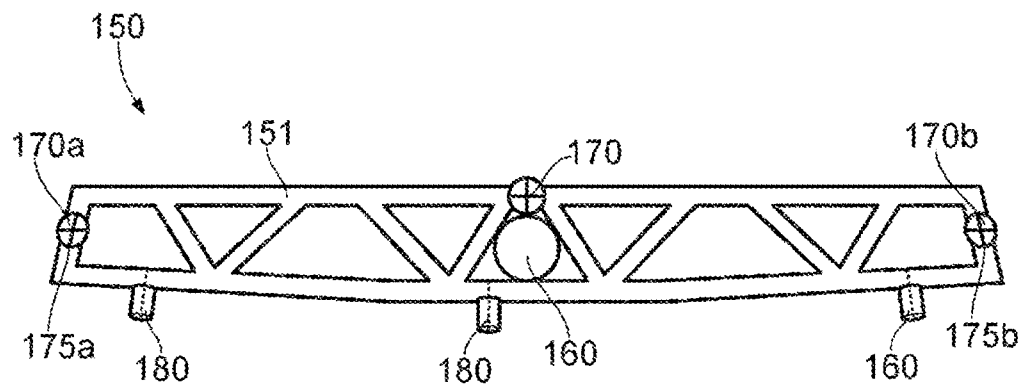


FIG. 7

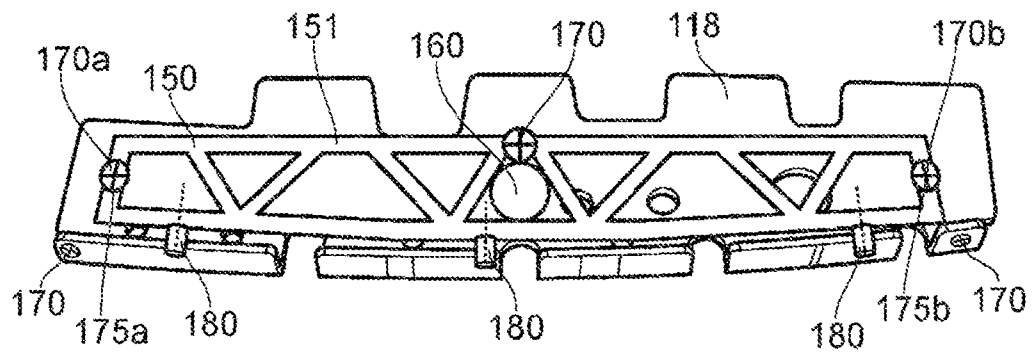


FIG. 8

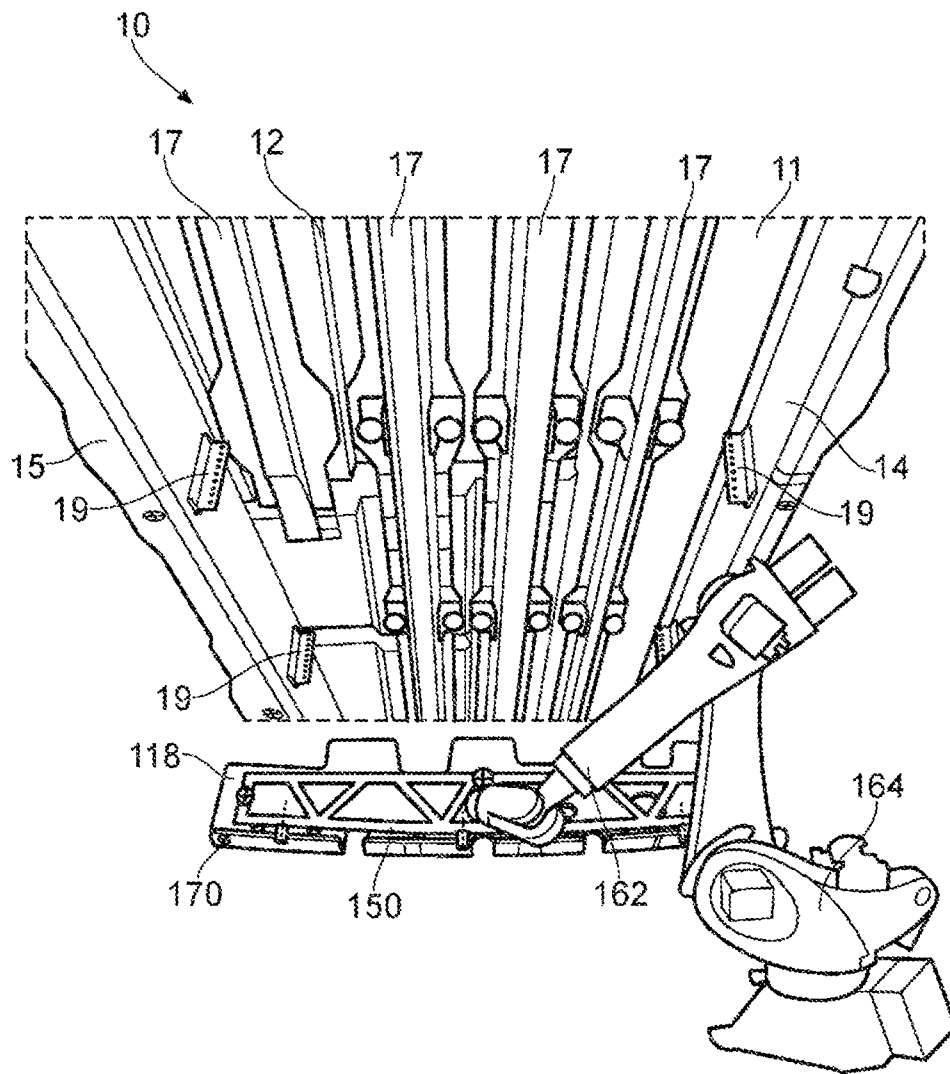


FIG. 9

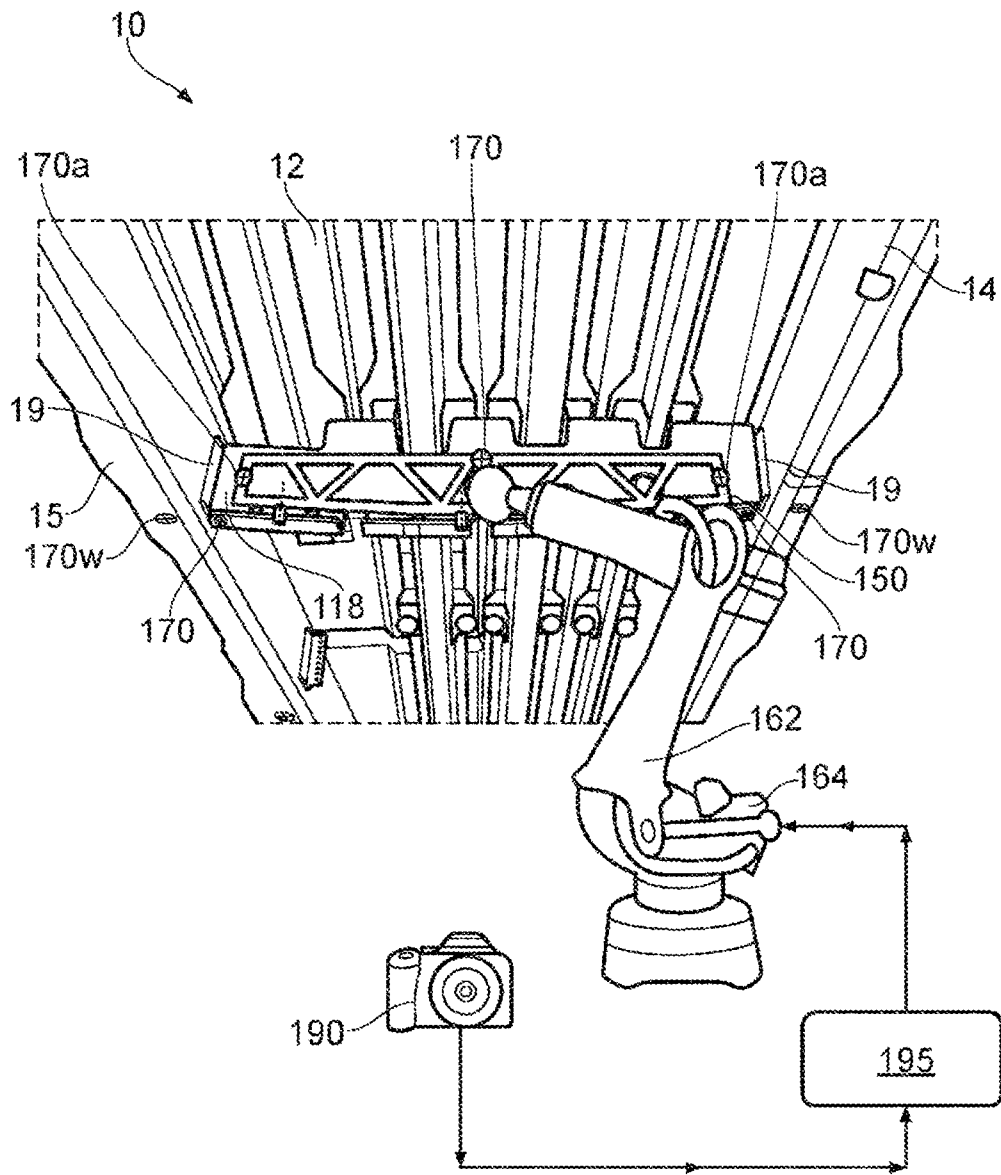


FIG. 10

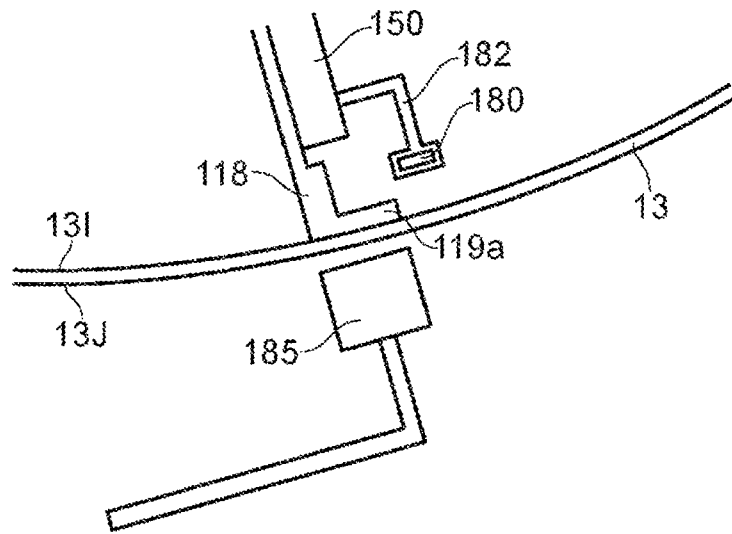


FIG. 11A

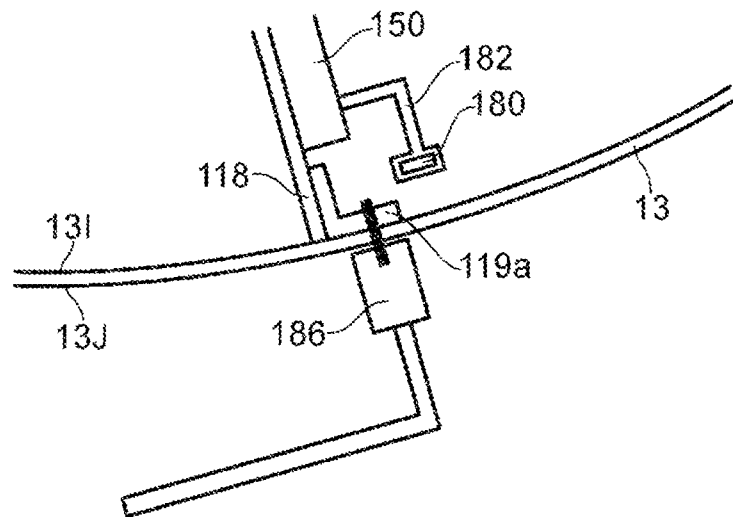


FIG. 11B

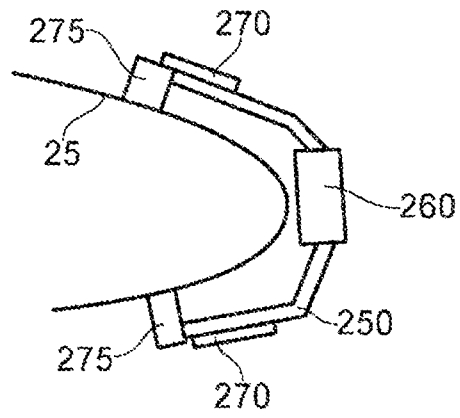


FIG. 12A

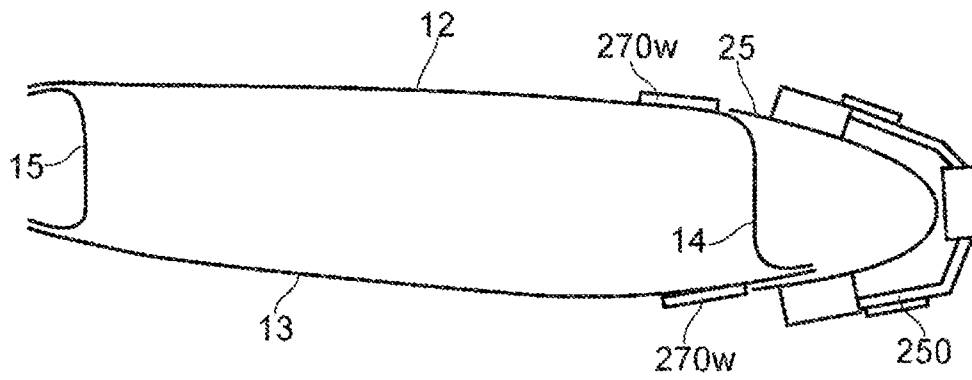


FIG. 12B