

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 646 587**

51 Int. Cl.:

**B64C 3/18** (2006.01)

**B64C 3/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.02.2013** **E 13154386 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017** **EP 2639152**

54 Título: **Fijación de costillas de una aeronave a largueros que tienen una geometría variable**

30 Prioridad:

**14.03.2012 US 201213419791**

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

**14.12.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KRUSE, JOHN SCOTT y  
FOGARTY, JOHN HERSHEY**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 646 587 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**

Fijación de costillas de una aeronave a largueros que tienen una geometría variable

Información de antecedentes

1. Campo:

5 Esta divulgación se refiere, en general, a la construcción de perfiles aerodinámicos tales como alas de una aeronave, y se refiere de forma más particular a la fijación de costillas de ala a largueros de ala tubulares que tienen geometrías de sección transversal variable.

Ejemplos del estado de la técnica anterior relevante son proporcionados por los documentos US1760386, US1548403, US4739954, US2749061 y US1343707.

10 2. Antecedentes:

15 Ha sido diseñada la aeronave propulsada por energía solar de gran altitud y de alta resistencia (HALE), la cual permanecerá volando de forma continua durante periodos largos. Durante el día, matrices solares a bordo generan electricidad que es utilizada para alimentar motores de propulsión eléctrica, y un electrizador que genera hidrógeno y oxígeno que es almacenado en tanques a bordo. Por la noche, los motores de propulsión eléctrica pueden ser logrados utilizando una construcción laminada asimétrica la cual, debido a las tensiones interlaminares, de forma el larguero en una forma de sección transversal ovoide. A medida que el gas a presión es introducido dentro del larguero, el larguero se deforma de manera gradual y su forma de sección transversal cambia desde un ovoide a prácticamente circular. A medida que el gas es conducido desde el larguero, su forma de sección transversal vuelve elástica mente a un ovoide. La deformación del larguero provocada por esta presurización de gas cíclica puede resultar en la transmisión de tensiones a las costillas de ala a las cuales puede estar conectado de forma fija el larguero. Estas tensiones transmitidas pueden alterar la forma de la costilla y por tanto la forma global del perfil aerodinámico, por lo tanto afectando al rendimiento aerodinámico del ala.

20 Con el fin de reducir el peso y lograr requerimientos de rendimiento, la aeronave puede estar fabricada a partir de estructuras ligeras que están integradas con el sistema de almacenamiento de energía de la aeronave. Por ejemplo, los largueros de ala tubulares pueden funcionar como tanques de almacenamiento para contener el hidrógeno y el oxígeno gaseosos utilizados por la célula de combustible para producir electricidad. El peso de larguero óptimo puede lograrse utilizando una construcción laminada asimétrica la cual, debido a las tensiones interlaminares, de forma el larguero en una forma de sección transversal ovoide. A medida que el gas a presión es introducido dentro del larguero, el larguero se deforma de manera gradual y su forma de sección transversal cambia desde un ovoide a prácticamente circular. A medida que el gas es conducido desde el larguero, su forma de sección transversal vuelve elástica mente a un ovoide. La deformación del larguero provocada por esta presurización de gas cíclica puede resultar en la transmisión de tensiones a las costillas de ala a las cuales puede estar conectado de forma fija el larguero. Estas tensiones transmitidas pueden alterar la forma de la costilla y por tanto la forma global del perfil aerodinámico, por lo tanto afectando al rendimiento aerodinámico del ala.

30 De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación se proporciona una disposición de unión para utilizar en un ala de aeronave, incluyendo la disposición de unión una costilla, un larguero, y una unión, la unión fijando la costilla al larguero, de acuerdo con la reivindicación 1 punto de forma ventajosa, el anillo se adapta y se carga de forma radial contra el larguero tubular. De forma ventajosa, la costilla incluye una porción delantera y una porción trasera, y los pasadores de pivote incluyen un primer par de pasadores de pivote, que conectan de forma pivotable el anillo con la porción trasera de la costilla, y un segundo par de pasadores de pivote que conectan de forma pivotable el anillo con la porción trasera de la costilla. De forma ventajosa, el anillo incluye una primera y una segunda mitades, unas juntas de empalme que unen la primera y segunda mitades entre sí. De forma ventajosa, el anillo se extiende alrededor y se acopla sustancialmente con toda la circunferencia del larguero tubular, y la costilla incluye espacios superior inferior entre los cuales se pueden deformar el anillo y el larguero tubular. De forma ventajosa, el larguero tubular varía en la forma de sección transversal con respecto a puntos de inflexión a lo largo de una curvatura del larguero tubular donde la curvatura cambia, y los pasadores de pivote están respectivamente situados sustancialmente en los puntos de inflexión. De forma ventajosa, el anillo incluye primeras porciones que tienen una sección transversal sustancialmente en forma de U y segundas porciones que tienen una forma de sección transversal sustancialmente plana. De forma ventajosa, el anillo está formado de un laminado de polímero reforzado por fibra.

45 De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación se proporciona una unión entre una estructura sustancialmente no deformable y un miembro tubular que tiene una forma de sección transversal que se deforma con respecto a puntos de inflexión a lo largo de una curvatura del miembro tubular, que comprende un anillo que se extiende sustancialmente alrededor de la circunferencia de y fijado al miembro tubular, y pasadores de pivote que conectan el anillo con la estructura no deformable respectivamente en los puntos de inflexión. De forma ventajosa, el anillo se adapta y está cargado radialmente contra el miembro tubular sustancialmente alrededor de toda la circunferencia del miembro tubular, y el anillo está configurado para permanecer adaptado al miembro tubular a medida que el miembro tubular se deforma. De forma ventajosa, el anillo incluye una primera porción que tiene una sección transversal sustancialmente en forma de U y una segunda porción que incluye un fleje sustancialmente plano. De forma ventajosa, la unión además comprende refuerzos en la costilla, y en donde los pasadores de pivote están fijados de forma

respectiva a los refuerzos. De forma ventajosa, el anillo está formado a partir de un laminado de polímero reforzado por fibra. De forma ventajosa, el anillo está en tensión y está cargado contra el miembro tubular por la tensión, y el anillo se adapta de forma suficiente a la forma de cambio a medida que la forma de sección trasversal del miembro tubular se deforma.

- 5 De acuerdo con la reivindicación 10 se proporciona un método de fijación de una costilla de ala de aeronave a un larguero de ala tubular que tenga una forma de sección transversal que pueda deformarse durante el vuelo, que comprende colocar un anillo alrededor del larguero tubular, cargar el anillo contra el larguero tubular y conectar de forma pivotable el anillo a la costilla. De forma ventajosa, la carga del anillo contra el larguero tubular incluye tensar el anillo. De forma ventajosa, conectar de forma pivotable el anillo a la costilla incluye colocar conexiones pivotables
- 10 entre la costilla y el larguero tubular en puntos de inflexión a lo largo de la curvatura del larguero tubular. De forma ventajosa, colocar el anillo alrededor del larguero tubular incluye colocar dos mitades de anillo alrededor del larguero tubular y empalmar las 2 mitades de anillo entre sí. De forma ventajosa, el método además incluye colocar refuerzos en la costilla, y en donde se realiza la conexión pivotable del anillo a la costilla conectando de forma pivotable el anillo a cada uno de los refuerzos.
- 15 De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, se proporciona un método de transferencia de cargas entre la estructura sustancialmente no deformable y un miembro tubular que tiene una forma de sección transversal que se deforma bajo una carga, que comprende pivotar el miembro tubular con respecto a la estructura no deformable a medida que la forma de sección transversal del miembro tubular se deforma. De forma ventajosa, pivotar el miembro tubular con respecto a la estructura no deformable se realiza pivotando el miembro tubular alrededor de puntos de
- 20 inflexión cuando una curvatura del miembro tubular cambia debido a la deformación del miembro tubular. De forma ventajosa, el método además comprende transferir cargas entre el miembro tubular y la estructura no deformable a través de un anillo que rodea y está fijado al miembro tubular.

25 Por consiguiente, hay una necesidad para una unión de unir las costillas de ala al larguero tubular que aisle de forma sustancial las costillas de las tensiones provocadas por los cambios en la forma de sección transversal del larguero debido a la presurización cíclica.

#### Resumen

Los modos de realización divulgados proporcionan un método y una unión para fijar costillas de ala de una aeronave o componentes similares a un larguero tubular que varía en la forma de sección transversal durante el vuelo debido a su configuración de construcción de laminado compuesto y/o a cambios en su presurización interna. El método y la

30 unión de fijación emplean conexiones pivotables colocadas de forma estratégica alrededor de la circunferencia del larguero tubular lo cual permite un movimiento relativo entre el larguero tubular y las costillas, por lo tanto aislando las costillas de tensiones provocadas por la deformación de la sección transversal del larguero. Las conexiones pivotables incluyen pasadores de pivotes situados en los puntos de inflexión de la forma de sección transversal que cambia del larguero. Colocando los pasadores de pivote en los puntos de inflexión se puede eliminar de forma sustancial la

35 desviación radial inducida del larguero tubular en la costilla. Las conexiones pivotables pueden también reducir o evitar que se induzca un momento o una acción de retorcido del larguero tubular en la costilla.

De acuerdo con un modo de realización divulgado, se proporciona una unión para fijar una costilla de ala de aeronave a un larguero de ala tubular que varía en la forma de sección transversal durante el vuelo. La unión comprende un anillo sustancialmente que rodea y que se fija al larguero tubular, y pasadores de pivote que conectan de forma

40 pivotable el anillo con la costilla. Los pasadores de pivote permiten el movimiento relativo entre la costilla y el larguero tubular a medida que el larguero tubular varía en la forma de su sección transversal. El anillo se adapta y se carga radialmente contra el larguero tubular. El anillo tiene una rigidez radial menor que una rigidez radial del larguero tubular. La costilla incluye porciones delantera y trasera. Los pasadores de pivote incluyen un primer par de pasadores de pivote que conectan de forma pivotable el anillo con la porción delantera de la costilla, y un segundo par de pasadores

45 de pivote conectan el anillo con la porción trasera de la costilla. El anillo puede comprender una primera y una segunda mitad es que están unidas entre sí mediante juntas de empalme. El anillo se extiende alrededor y se acopla sustancialmente a toda la circunferencia del larguero tubular. El larguero tubular varía en la forma de sección transversal con respecto a puntos de inflexión, y cada uno de los pasadores de pivote está situado sustancialmente en uno de los puntos de inflexión. El anillo puede formarse de un laminado polímero reforzado por fibra.

50 De acuerdo con otro modo de realización divulgado, se proporciona una unión entre una estructura no deformable y un miembro tubular que tiene una forma de sección transversal que se deforma con respecto a puntos de inflexión a lo largo de una curva del miembro tubular. La unión comprende un anillo que se extiende sustancialmente alrededor de la circunferencia y que se fija al miembro tubular, y pasadores de pivote que conectan el anillo con la estructura no deformable respectivamente en los puntos de inflexión. El anillo se adapta y se carga radialmente contra un tubular

55 sustancialmente alrededor de toda la circunferencia del miembro tubular, y el anillo está configurado para permanecer adaptado al miembro tubular a medida que la forma de sección transversal del miembro tubular se deforma. El anillo puede incluir una primera porción que tiene una sección transversal sustancialmente en forma de U y una segunda

porción que incluye un fleje sustancialmente plano. La unión puede además comprender refuerzos sobre la estructura no deformable, en donde los pasadores de pivote están fijados respectivamente a los refuerzos.

De acuerdo con otro modo de realización divulgado, se proporciona un método para fijar una costilla de ala de aeronave a un larguero de ala tubular que tiene una forma de sección transversal que puede formarse durante el vuelo. El método comprende colocar un anillo alrededor del larguero tubular, cargar el anillo contra el larguero tubular, y conectar de forma pivotable el anillo a la costilla. La carga del anillo contra el larguero tubular puede incluir pensar el anillo. Conectar de forma pivotable el anillo a la costilla incluye colocar conexiones pivotables entre la costilla y el larguero tubular en puntos de inflexión a lo largo de una curvatura del larguero tubular. Colocar el anillo alrededor del larguero tubular puede incluir colocar dos mitades de anillo alrededor del larguero tubular, y empalmar las mitades de anillo entre sí. El método puede incluir además colocar refuerzos sobre la costilla, en donde se realiza la conexión pivotable del anillo a la costilla mediante la conexión pivotable del anillo a cada uno de los refuerzos.

De acuerdo con algún otro modo de realización, se proporciona un método de transferencia de cargas entre una estructura no deformable y un miembro tubular que tiene una forma de sección transversal que se deforma bajo la carga. El método comprende pivotar el miembro tubular con respecto a la estructura no deformable a medida que la forma de sección transversal del miembro tubular se deforma. Pivotar el miembro tubular con respecto a la estructura no deformable se realiza pivotando el miembro tubular con respecto a puntos de inflexión en los que una curvatura del miembro tubular cambia debido a la deformación del miembro tubular. El método puede además comprender transferir cargas entre el miembro tubular y la estructura no deformable a través de un anillo que rodea y que se fija al miembro tubular.

20 Breve descripción de los dibujos

Las funciones novedosas que se cree que son características de los modos de realización ventajosos se establecen en las reivindicaciones adjuntas. Los modos de realización ventajosos, sin embargo, así como un modo de uso preferido, objetos adicionales y ventajas de los mismos, se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción detallada de un modo de realización ventajoso de la presente divulgación cuando se lee en conjunción con los dibujos que acompañan, en los que:

La figura 1 es una ilustración de una vista isométrica de una aeronave que tiene un ala que emplea un larguero tubular fijado a costillas de ala que utilizan la unión divulgada.

La figura 2 es una ilustración de una vista en sección tomada a lo largo de la línea 2-2 en la figura 1.

La figura 3 es una ilustración de un diagrama de bloques funcional de una unión para fijar una costilla de ala a un larguero tubular que tiene una geometría variable.

La figura 4 es una ilustración de una vista extrema tomada en la dirección "4" en la figura 2.

La figura 5 es una ilustración de una vista en perspectiva que muestra la fijación de un larguero tubular a una costilla, habiendo sido retirado el revestimiento por claridad.

La figura 6 es una ilustración de una vista lateral del anillo que forma parte de la unión mostrada en las figuras 3-5.

35 La figura 7 es una ilustración de una vista en perspectiva del área designada como figura 7 en la figura 5.

La figura 7A es una ilustración de una vista en sección tomada a lo largo de la línea 7A-7A de la figura 7.

La figura 8 es una ilustración similar a la figura 7 pero mostrando un modo de realización alternativo del anillo.

La figura 8A es una ilustración de una vista en sección tomada a lo largo de la línea 8A-8A de la figura 8.

La figura 8B es una ilustración de una vista en sección tomada a lo largo de la línea 8B-8B de la figura 8.

40 La figura 9 es una ilustración del área designada como la figura 9 en la figura 4.

La figura 10 es una ilustración del área designada como la figura 10 en la figura 9, ilustrando mejor el desplazamiento y el cambio de la forma del larguero y del anillo durante la deformación del larguero.

La figura 11 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método de fijación de una costilla a un larguero tubular que tiene una geometría variable.

La figura 12 es una ilustración de un diagrama de flujo de la producción de una aeronave y de una metodología de servicio.

La figura 13 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave.

Descripción detallada

5 Con referencia primero a la figura 1 una aeronave 20 de gran altitud y larga resistencia (HALE) comprende un perfil 24 aerodinámico primario en forma de un ala 25 principal fijada a múltiples fuselajes 22 dispuestos separados cada uno que tiene un estabilizador 26 horizontal. Aunque no se muestra en la figura 1, la aeronave 20 puede incluir paneles solares para generar electricidad para accionar motores de propulsión eléctrica durante el vuelo diurno y una o más células de combustible las cuales accionan los motores de propulsión por la noche utilizando combustibles gaseosos  
 10 tales como hidrógeno y oxígeno que son almacenados dentro del ala 25. La aeronave 20 HALE es meramente ilustrativa de un amplio rango de aeronaves que pueden emplear características de los modos de realización divulgados.

Con referencia la figura 2, el ala 25 puede comprender un miembro tubular deformable tal como un larguero 28 de ala tubular fijado mediante uniones 39 a cada una de la pluralidad de estructuras sustancialmente no deformables, tal como costillas 30 situadas separadas. Cada una de las costillas 30 puede estar rigidizada mediante tirantes 32 dispuestos en un patrón armado entre cuerdas 30a, 30b superior e inferior respectivamente, de la costilla 30 y el ala 25 puede ser rigidizada en su dirección a lo largo de la envergadura del ala mediante una pluralidad de larguerillos 34. El ala 25 además incluye un revestimiento 36 de ala superior que puede comprender una dualidad de paneles 36a ligeros que cubren los larguerillos 34 y las costillas 30. En un modo de realización, los paneles 36a de recubrimiento del ala pueden comprender una espuma ligera, y las costillas 30, los tirantes 32, y los larguerillos 34 pueden comprender cada uno un polímero reforzado por fibra tal como un laminado epoxi de fibra de carbono. El ala 25 puede incluir un revestimiento 52 de ala inferior que comprende, por ejemplo y sin limitación, una membrana de película flexible delgada. Otros tipos de revestimientos de alas son posibles. El larguero 28 tubular puede estar fabricado a partir de un laminado de polímero reforzado por fibra utilizando una construcción laminada asimétrica. Esta construcción laminada asimétrica puede resultar en una tensión interlaminar que de forma el larguero 28 tubular en una forma de sección transversal ovoide cuando se despresuriza o a bajas presiones, tal y como se discutirá más tarde con más detalle. Detalles adicionales de una construcción típica del ala 25 son divulgados en la solicitud de patente US No. 13/276,750 presentada el 19 de octubre de 2011.

Con referencia ahora a la figura 3 cada una de las uniones 39 comprende ampliamente un anillo 42 que rodea al larguero 28 tubular y una pluralidad de pasadores 40 de pivote colocados de forma estratégica alrededor de la circunferencia del larguero 28 tubular. El anillo 42 está adaptado al larguero 28 tubular. Los pasadores 40 de pivote conectan de forma pivotable el anillo 42 a la costilla 30, respectivamente en puntos 41 de inflexión. Los puntos 41 de inflexión son los puntos o posiciones a lo largo de la curvatura del larguero 28 tubular donde la curvatura del larguero 28 tubular cambia durante su deformación debido a los cambios de presión interna. La colocación de los pasadores 40 de pivote en los puntos 41 de inflexión puede eliminar sustancialmente la desviación radial inducida en la costilla 30. Cada uno de los pasadores 40 de pivote puede comprender, sin limitación, un perno y una tuerca (no mostrados) montados para permitir un movimiento de giro libre del anillo 42 con respecto a la costilla 30. Los pasadores 40 de pivote junto con la conformidad del anillo 42 permiten al anillo 42 deformarse sin transmitir tensiones sustanciales desde el larguero 28 tubular a la costilla 30.

Con referencia ahora las figuras 4-7, los pasadores 40 de pivote conectan el anillo 42 a los refuerzos 38 que forman parte de la costilla 30. En un modo de realización, la cuerda 30a superior (figuras 4, 5 y 7) de la costilla 30 incluye una abertura 43 de costilla en la misma por propósitos que serán evidentes más tarde. Con referencia particularmente a la figura 6, el anillo 42 se acopla de conformidad y se extiende alrededor de la circunferencia del larguero 28, y funciona para fijar y soportar la costilla 30 en el larguero 28 tubular, así como estabilizar el larguero 28 tubular. Tal y como se discutirá más abajo con más detalle, el anillo 42 puede ser fabricado de un material ligero tal como un laminado de polímero reforzado por fibra que tiene una rigidez radial que es menor que la rigidez radial de la costilla 30. El anillo 42 comprende una primera y una segunda mitad es 42a, 42b que están unidas entre sí mediante empalmes 44. Las secciones 42c, 42d superior e inferior respectivamente del anillo 42 pueden tener un espesor reducido, tal y como se discutirá más abajo, u otras características o propiedades que permitan a estas secciones ser más fácilmente flexionadas y deformadas junto con la deformación del larguero 28 tubular. La sección 45 delantera (figura 5) del anillo 42 está fijada de forma pivotable a una porción 30c delantera de la costilla 30 mediante un primer par 40a de pasadores 40 de pivote (figura 6). Una sección 47 trasera del anillo 42 está fijada de forma pivotable a una porción 30d trasera de la costilla 30 mediante un segundo par 40b de pasadores 40 de pivote. Debería tenerse en cuenta aquí que aunque se ha divulgado una construcción de un anillo de dos piezas en el ejemplo ilustrado, en otros modos de realización, el anillo 42 puede comprender más de dos piezas o puede ser una construcción de una sola pieza.

Con referencia particularmente a la figura 7 y 7A, en un modo de realización, el anillo 42 puede tener una sección 51 transversal en forma sustancialmente de U alrededor de toda su circunferencia. En un modo de realización alternativo mostrado en las figuras 6, 8, 8A, 8B, 9 y 10, las secciones 45, 47 delantera y trasera (figura 6) del anillo 42 tienen una

sección 51 transversal sustancialmente en forma de U (ver la figura 8A) y las secciones 42c, 42d superior e inferior tienen una construcción a modo de fleje que posee una forma 53 de sección transversal sustancialmente plana (ver la figura 8B).

- 5 Con referencia ahora a la figura 9, el anillo 42 está cargado radialmente hacia dentro contra el larguero 28 tubular alrededor de toda su circunferencia tensando el anillo 42. El tensado del anillo 42 se puede lograr a medida que está siendo instalado alrededor del larguero 28 tubular, de manera que el anillo 42 está cargado previamente contra el larguero 28 tubular tras su instalación. De forma alternativa, el anillo 42 puede estar provisto de un dispositivo de tensado convencional (no mostrado) que puede ser utilizado después de que el anillo 42 es instalado para tensar el anillo 42 y comprimirlo contra el larguero 28 tubular. Son posibles otros métodos de instalación y de tensado.
- 10 La forma de sección transversal del larguero 28 tubular puede ser sustancialmente de ovoide en el momento de fabricarse, así como a través de períodos de presión interna relativamente baja. El larguero 28 tubular se deforma a una forma de sección transversal sustancialmente circular cuando está en o próximo a una presurización de gas interno completa, sin embargo a medida que el gas es conducido desde el larguero 28 tubular para su uso en la propulsión de la aeronave 20, el larguero 28 tubular se deforma de forma progresiva y vuelve elásticamente a su forma de sección transversal ovoide natural. En la figura 9, la forma de sección transversal del larguero 28 tubular cuando se presuriza sustancialmente de forma completa, es mostrada en línea sólida por 28, y su forma de sección transversal ovoide cuando está sustancialmente no presurizado es mostrada por una línea 28a discontinua. A medida que el larguero 28a tubular se deforma, el anillo 42 flexiona y sigue sustancialmente la deformación del larguero 28 tubular, permaneciendo conformado a y cargado contra el larguero 28 tubular. Las secciones 42c, 42d superior e inferior del anillo 42 se deforman sustancialmente verticalmente junto con el larguero 28 tubular en los huecos 48, 50 superior e inferior verticales respectivamente en la costilla 30.

- 25 Con referencia ahora conjuntamente a las figuras 9 y 10, a medida que el larguero 28 tubular se deforma desde la forma de sección transversal generalmente circular mostrada en línea sólida 28 a la forma de sección transversal ovoide mostrada en la línea 28a discontinua, las secciones 45, 47 delantera y trasera del anillo 42 se desvían horizontalmente una distancia  $D_1$ , mientras que las secciones 42c, 42d superior e inferior del anillo 42 se desvían verticalmente una distancia  $D_2$  coincidiendo sustancialmente con las desviaciones horizontal y vertical del larguero 28 tubular. A medida que el anillo 42 se deforma junto con el larguero 28 tubular, el anillo 42 gira con respecto a los pasadores 40 de pivote que corresponden a los puntos 41 de inflexión. Cuando el larguero 28 tubular se vuelve a presurizar con gas, el proceso descrito anterior se invierte. A medida que el larguero 28 tubular es vuelto a llenar con gas, la presión interna en aumento en el larguero 28 tubular provoca que el larguero 28 tubular se deforme de nuevo a una forma de sección transversal generalmente circular.

- 35 Con referencia ahora a la figura 11, un método de fijación de una costilla 30 de ala a un larguero 28 de a la tubular comienza en la tapa 60 en la cual el anillo 42 es colocado alrededor del larguero 28 tubular. Tal y como se describió previamente, este proceso de instalación puede comprender instalar dos mitades 42a, 42b de anillo alrededor del larguero 28 tubular y después empalmar las dos mitades 42a, 42b de anillo entre sí. En la tapa 62, el anillo es cargado radialmente contra el larguero 28 tubular. La etapa de carga puede lograrse tensando el anillo 42 sustancialmente simultáneamente durante el proceso de instalación del anillo mostrado en la etapa 60, o mediante el tensado del anillo 42 después de que haya sido instalado alrededor del larguero 28 tubular. En la etapa 64, el anillo 42 se conecta de forma pivotable a la costilla 30. La etapa 64 se puede realizar conectando de forma pivotable el anillo 42 con el larguero 40 28 tubular colocando los pasadores de pivote en los puntos 41 de inflexión.

- 45 Modos de realización de la divulgación pueden encontrar uso en una variedad de aplicaciones potenciales, particularmente en la industria del transporte, incluyendo por ejemplo, aplicaciones aeroespaciales, marítimas, de automóviles y otras aplicaciones que emplean estructuras deformables tales como tanques deformables o miembros tubulares deformables que son utilizados para soportar estructuras no deformables. Por tanto, con referencia a las figuras 12 y 13, se pueden utilizar modos de realización de su divulgación en el contexto de una fabricación de una aeronave y un método 66 de servicio tal y como se muestra en la figura 12 y a una aeronave 68 tal y como se muestra en la figura 13. Durante la producción previa, el método 66 de ejemplo puede incluir la especificación y el diseño 70 de la aeronave 68 y la adquisición de material 72. Durante la producción, se produce la fabricación 74 de componentes y subconjuntos y la integración 76 del sistema del aeronave 68. Posteriormente, la aeronave 68 puede pasar a certificación y a entrega 78 con el fin de ser puesta en servicio 80. Cuando están servicio por un cliente, la aeronave 68 se programa para una rutina de mantenimiento y servicio 82, que también puede incluir la modificación, reconfiguración, restauración y así sucesivamente.

- 55 Cada uno de los procesos del método 66 puede realizarse o llevarse a cabo mediante un integrador de sistema, una 3ª parte, y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los propósitos de esta descripción, un integrador de sistema puede incluir sin limitación cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales, una 3ª parte puede incluir sin limitación con el número de distribuidores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una compañía de leasing, una entidad militar, una organización de servicio, y así sucesivamente.

5 Tal y como se ha mostrado en la figura 13, la aeronave 68 producida por el método 66 de ejemplo puede incluir un perfil 84 aerodinámico con una pluralidad de sistemas 86 y un interior 88. Ejemplos de sistemas 86 de alto nivel incluyen uno o más de, un sistema 90 de propulsión, un sistema 92 eléctrico, un sistema 94 hidráulico, un sistema 96 medioambiental, un sistema 98 de generación de energía tal como paneles de energía solar (no mostrados) y/o células de combustible (no mostradas). La energía producida por el sistema 98 de generación de energía puede ser almacenada en tanques 100 de almacenamiento de energía que forman parte del perfil 84 aerodinámico. Por ejemplo, la energía en forma gaseosa o líquida puede ser almacenada en los largueros 28 tubulares previamente descritos. Se puede incluir cualquier número de sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, ciertos principios de la divulgación se pueden aplicar a otras industrias.

10 Sistemas y métodos implementados en el presente documento pueden emplearse durante una o más de las etapas de producción y del método de servicio 66. Por ejemplo, componentes o subconjuntos correspondientes al proceso 74 de producción pueden fabricarse o elaborarse de una manera similar a componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 68 está en servicio. También, uno o más modo de realización de aparatos, modos de realización de método, o una combinación de los mismos se puede utilizar durante las etapas 74 y 76 de producción, por ejemplo, mediante un montaje sustancialmente rápido o reduciendo el coste de una aeronave 68. De forma similar, uno más modos de realización de aparatos, modos de realización de método, o una combinación de los mismos se puede utilizar a la vez que la aeronave 68 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, el mantenimiento y servicio 82.

20 La descripción de los diferentes modos de realización ventajosos se ha presentado por propósitos de ilustración y descripción, y no pretende ser exhaustiva o limitativa de los modos de realización en la forma divulgada. Serán evidentes muchas modificaciones y variaciones a los expertos en la materia. Además diferentes modos de realización ventajosos pueden proporcionar diferentes ventajas en comparación con otros modos de realización ventajosos. El modo de realización o modos de realización seleccionados son elegidos y descritos con el fin de explicar mejor los principios de los modos de realización, la aplicación práctica, y para permitir a otros diferentes de los expertos en la materia comprender la divulgación para varios modos de realización con varias modificaciones a medida que son adaptadas al uso particular contemplado.

25 En resumen se da a conocer un ala de aeronave que incluye la costilla fijada mediante una unión a un larguero tubular que varía en la forma de sección transversal durante el vuelo. La unión incluye un anillo fijado al larguero tubular, y pasadores de pivote que conectan el anillo con la costilla. Los pasadores de pivote permiten el movimiento relativo entre la costilla y el larguero tubular a medida que el larguero tubular varía en la forma de sección transversal.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Una disposición de unión para el uso en un ala (25) de una aeronave, la disposición de unión que incluye una costilla (30), un larguero (28), y una unión (39), fijando la unión (39) la costilla (30) al larguero (28), comprendiendo la unión (39):
- un anillo (42) que rodea y que se fija al larguero (28); y
- pasadores (40) de pivote que conectan el anillo (42) con la costilla (30) y que permiten el movimiento relativo entre la costilla (30) y el larguero (28);
- 10 caracterizada porque el larguero (28) es un larguero (28) tubular que varía en la forma de sección transversal durante el vuelo, en donde los pasadores (40) de pivote que conectan el anillo (42) con la costilla (30) permiten el movimiento relativo de la costilla (30) y el larguero (28) tubular a medida que el larguero (28) tubular varía en sección transversal, en donde el anillo (30) tiene una rigidez radial que es menor que una rigidez radial del larguero (28) tubular.
- 15 2. La disposición de unión de la reivindicación 1, en donde el anillo (30) se adapta y está cargado radialmente contra el larguero (28) tubular.
3. La disposición de unión de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en donde:
- la costilla (30) incluye una porción (30c) delantera y una porción (30d) trasera, y
- los pasadores (40) de pivote incluyen un primer par de pasadores (40a) de pivote que conectan de forma pivotable el anillo (42) con la porción (30c) delantera de la costilla (30), y el segundo par de pasadores (40b) de pivote que conectan de forma pivotable el anillo (42) con la porción (30d) trasera de la costilla (30).
- 20 4. La disposición de unión de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el anillo (42) incluye:
- una primera y una segunda mitades (42a, 42b) y,
- juntas (44) de empalme, que unen la primera y segunda mitad del (42a, 42b) entre sí.
5. La disposición de unión de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde:
- el anillo (42) se extiende alrededor y se acopla sustancialmente a toda la circunferencia de larguero (28) tubular, y
- 25 la costilla (30) incluye huecos (48, 50) superior e inferior en los cuales el anillo (42) y el larguero (28) pueden deformarse.
6. La disposición de unión de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde:
- el larguero (28) tubular varía en la forma de sección transversal con respecto a puntos (41) de inflexión a lo largo de una curvatura del larguero (28) tubular, donde la curvatura cambia, y
- 30 los pasadores (40) de pivote están colocados de forma respectiva sustancialmente en los puntos (41) de inflexión.
7. La disposición de unión de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el anillo (42) incluye:
- las primeras porciones (45, 47) tienen una sección (51) transversal sustancialmente en forma de U, y
- las segundas porciones (42c, 42d) tienen una forma (53) de sección transversal sustancialmente plana.
8. La disposición de unión de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el anillo (42) está formado de un laminado de polímero reforzado por fibra.
- 35 9. Un ala (25) de aeronave que incluye la disposición de unión de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
10. Un método de fijación de una costilla (30) de ala de una aeronave a un larguero (28) de ala tubular que tiene una forma de sección transversal que puede deformarse durante el vuelo, que comprende:

colocar (60) un anillo (42) alrededor del larguero (28) tubular;

cargar (62) el anillo (42) contra el larguero (28) tubular; y

conectar (64) de forma pivotable el anillo (42) a la costilla (30);

en donde el anillo (30) tiene una rigidez radial que es menor que una rigidez radial del larguero (28) tubular.

- 5 11. El método de la reivindicación 10, en donde la carga (62) del anillo (42) contra el larguero (28) tubular incluye tensar el anillo (42).
12. El método de la reivindicación 10 u 11, donde conectar (64) de forma pivotable el anillo (42) a la costilla (30) incluye situar conexiones pivotable es entre la costilla (30) y el larguero (28) tubular en puntos (41) de inflexión a lo largo de una curvatura del larguero (28) tubular.
- 10 13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en donde colocar (60) el anillo (42) alrededor del larguero (28 tubular) incluye:
- colocar dos mitades (42a, 42b) de anillo alrededor del larguero (28) tubular, y
- empalmar las mitades (42a, 42b) de anillo entre sí.
14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, que además comprende:
- 15 colocar refuerzos (38) sobre la costilla (30), y
- en donde conectar de forma pivotable (64) el anillo (42) a la costilla (30) se realiza conectando de forma pivotable el anillo (42) a cada uno de los refuerzos (38).

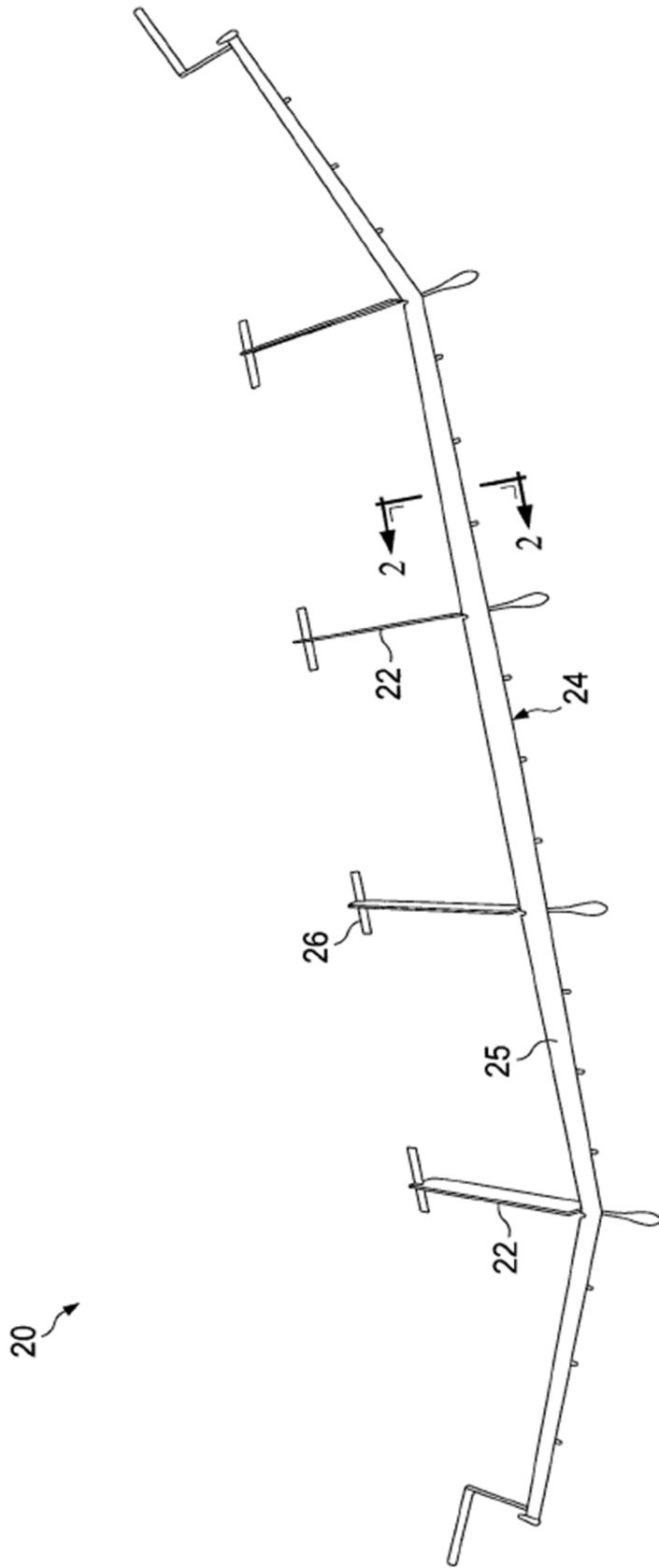


FIG. 1

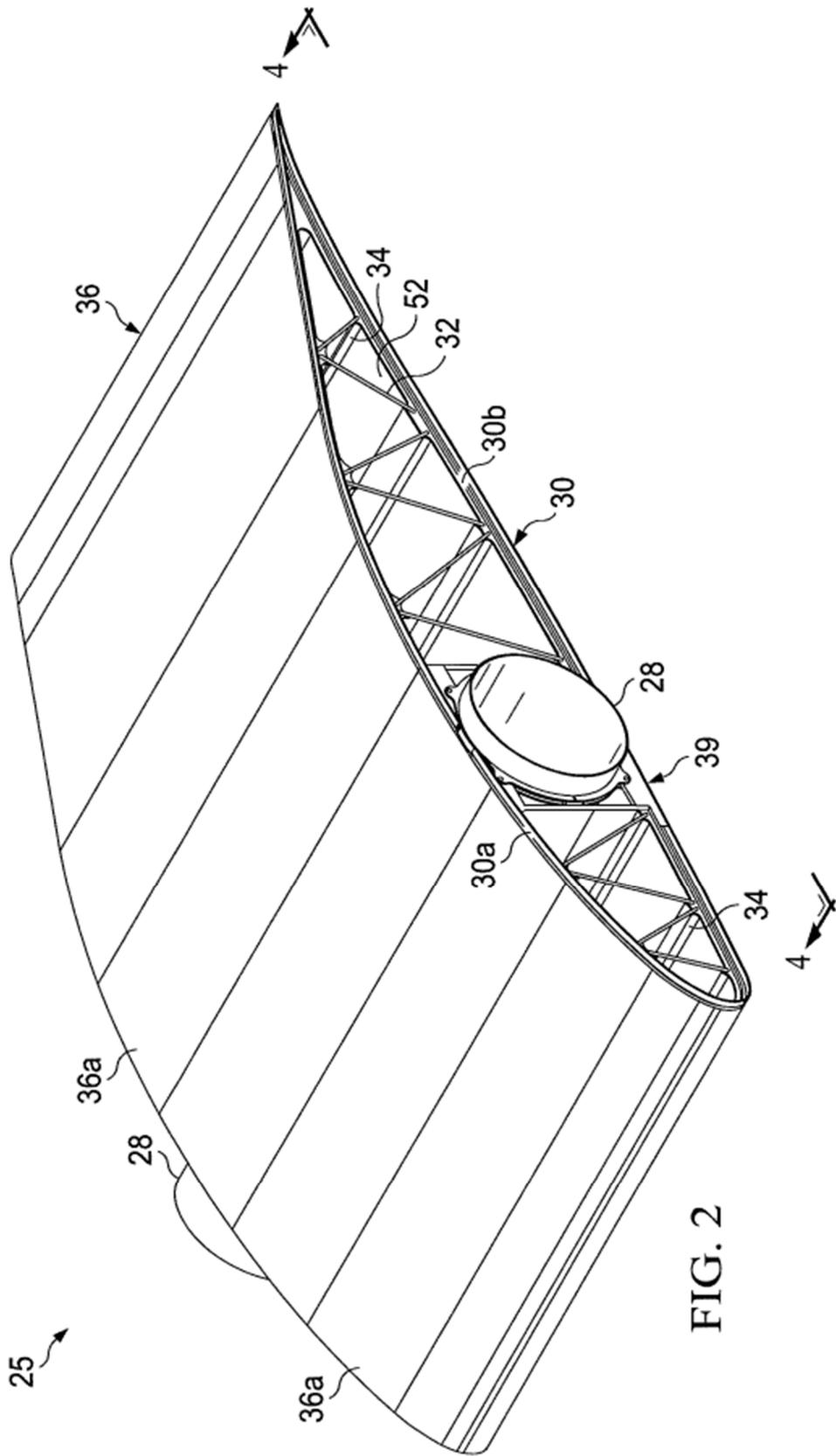
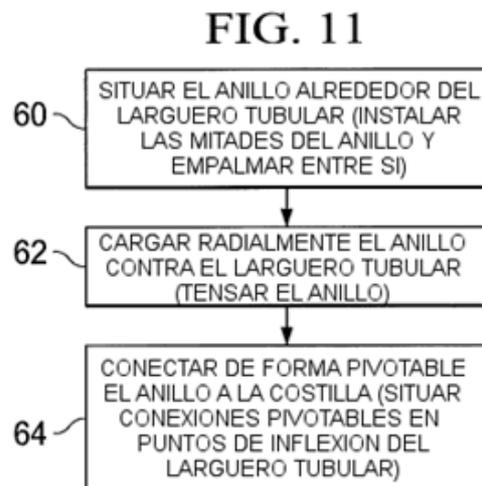
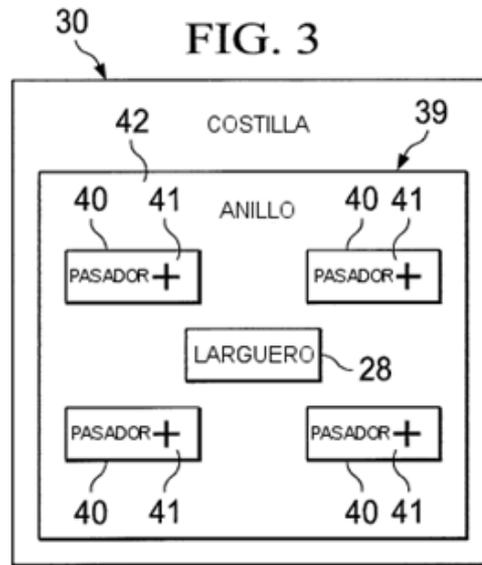


FIG. 2



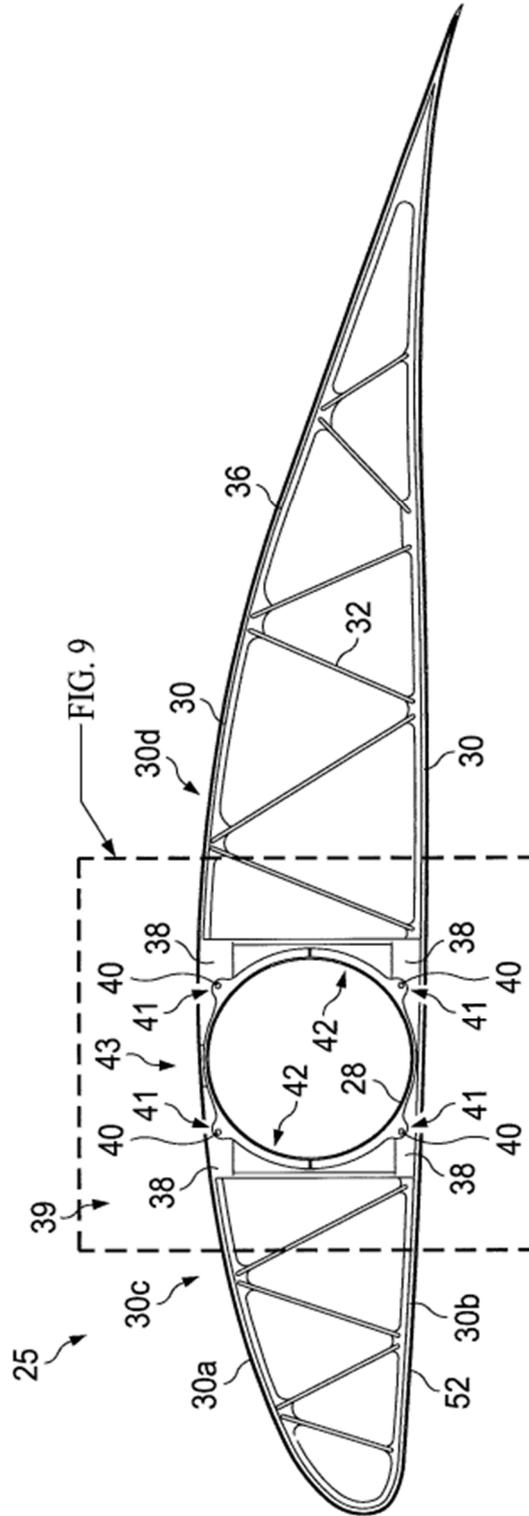
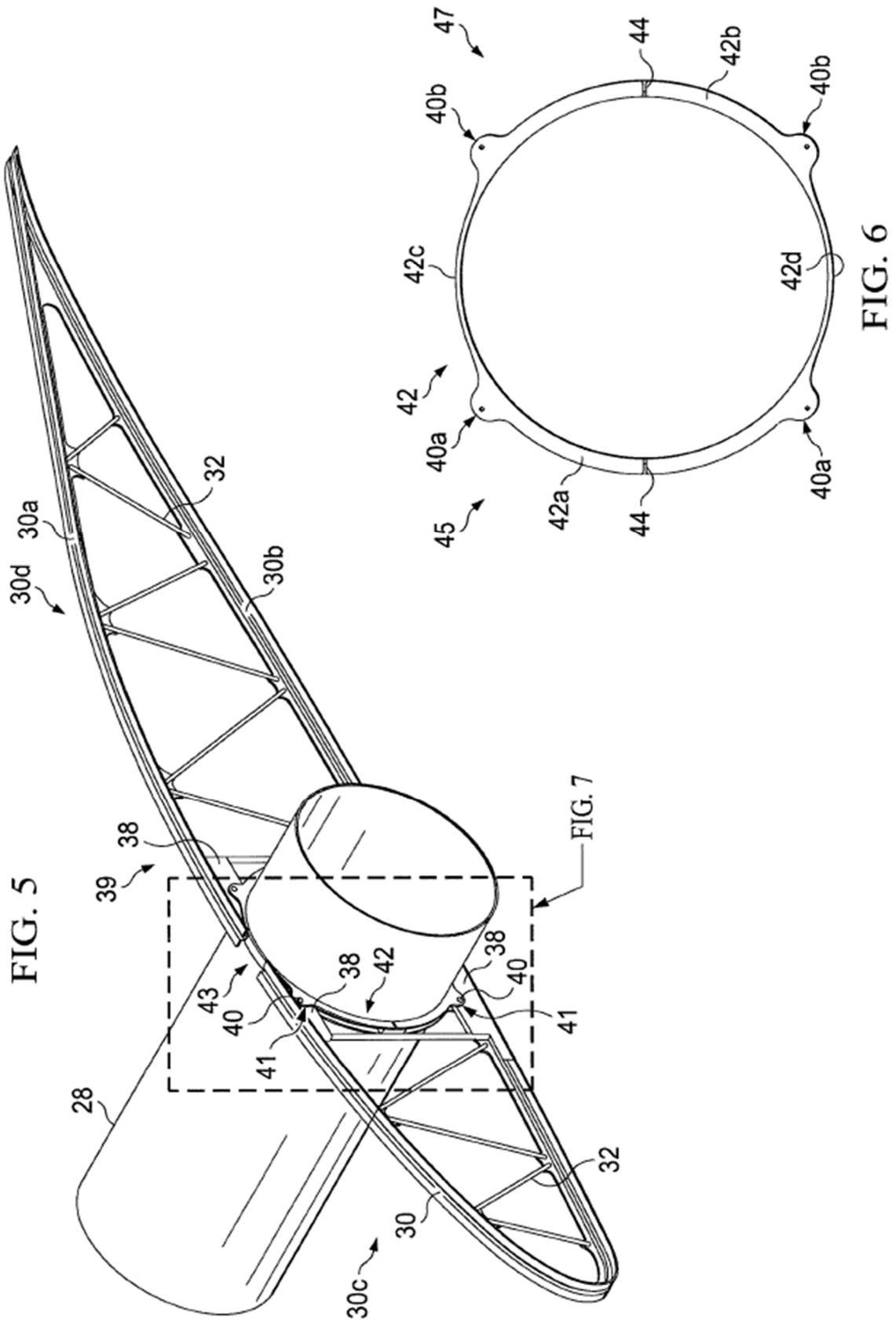


FIG. 4



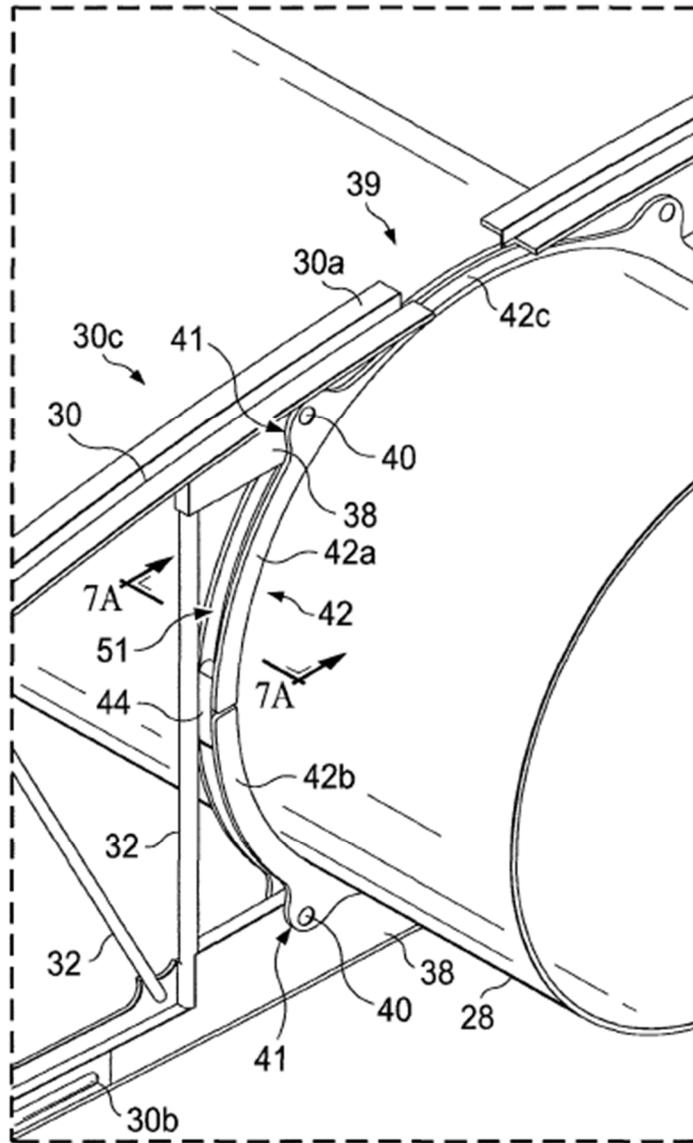


FIG. 7

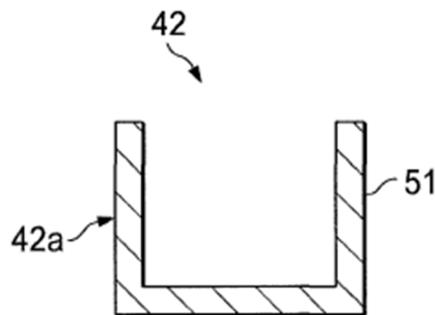


FIG. 7A

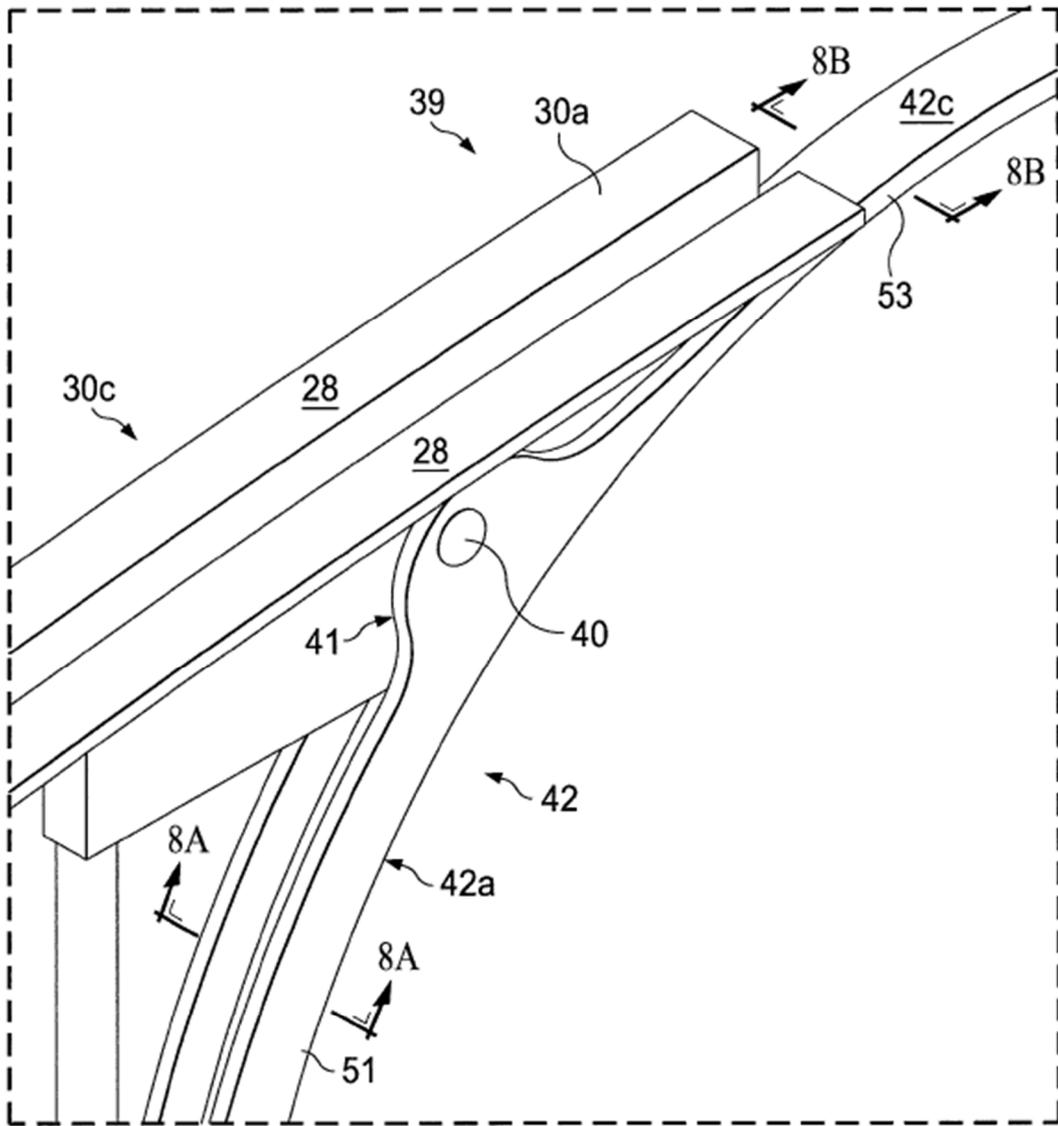


FIG. 8

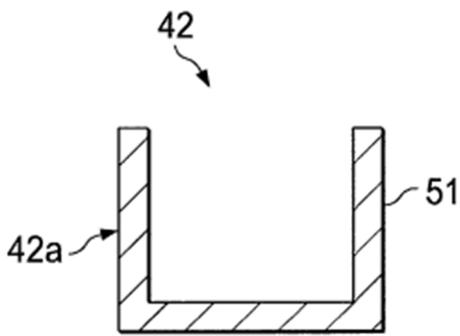


FIG. 8A

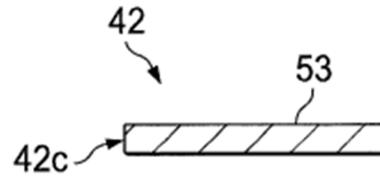


FIG. 8B

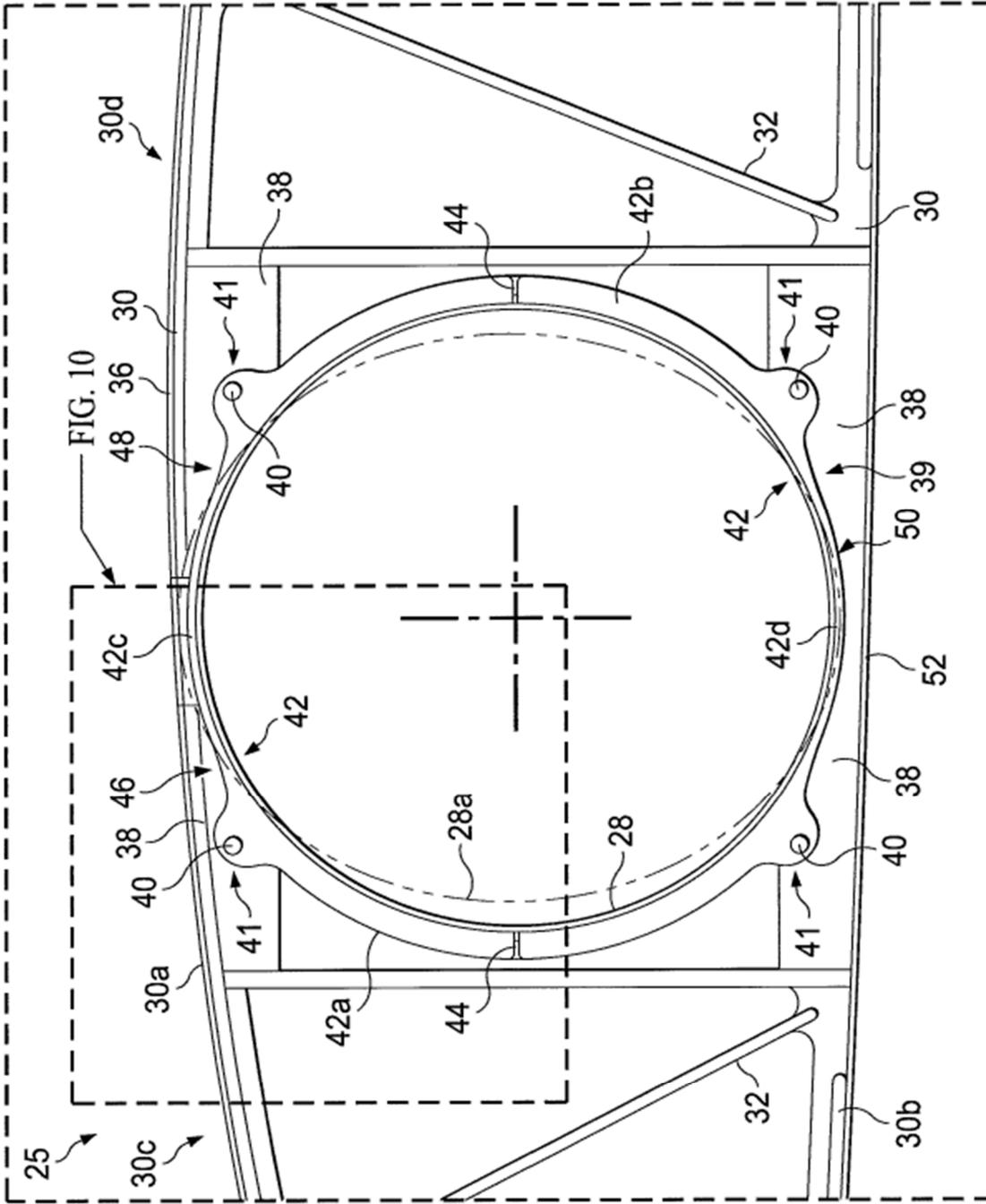


FIG. 9

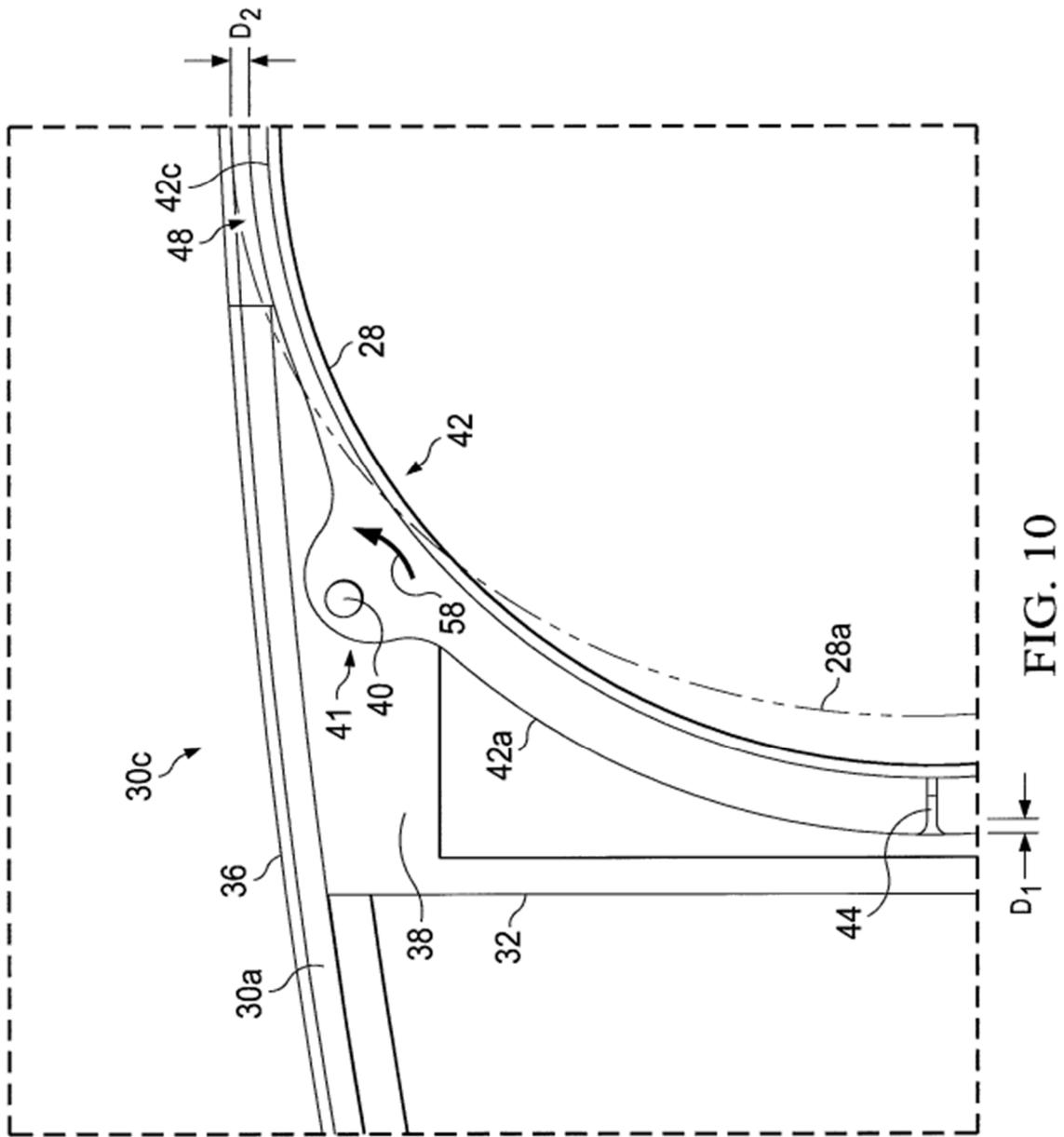


FIG. 10

FIG. 12

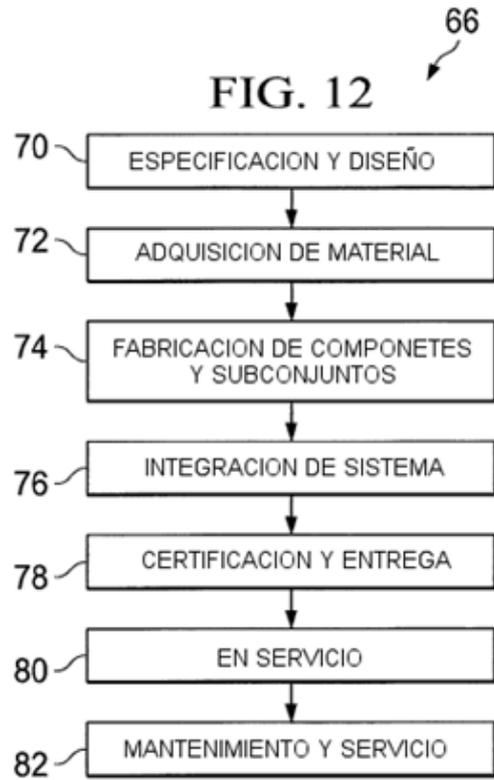


FIG. 13

