

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 938**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/34** (2006.01)

**B29C 70/20** (2006.01)

**B29D 99/00** (2010.01)

**B29L 31/30** (2006.01)

**B64C 1/18** (2006.01)

**B29L 31/00** (2006.01)

**B29K 707/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2008 E 08797203 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2016 EP 2185346**

54 Título: **Vigas compuestas de perfil compuesto**

30 Prioridad:

**07.08.2007 US 835202**

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

**10.10.2016**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GLEASON, GREGORY R.;  
ZENKNER, GRANT C;  
HAWORTH, TROY A y  
KAABOUR, NAZIR M.**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 585 938 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**

Vigas compuestas de perfil compuesto

**5 Antecedentes de la divulgación**

La divulgación se refiere generalmente a la fabricación de componentes estructurales usando procesos de laminación de fibra compuesta, y más específicamente a la formación de estructuras de laminado de fibra compuesta que tienen perfiles contorneados.

10 Las ventajas del rendimiento estructural de los compuestos, tales como, para nombrar solo algunos, materiales de epoxi de fibra de carbono y bismaleimida de grafito (BMI), se conocen ampliamente en la industria aeroespacial. Los diseñadores de aeronaves se han visto atraídos hacia los compuestos debido a su rigidez superior, resistencia y capacidades de absorción de radar, por ejemplo. A medida que materiales más avanzados y una variedad más amplia de formas de materiales han estado disponibles, el uso aeroespacial de compuestos se ha incrementado. La tecnología de capas de cinta automática se ha desarrollado para volverse un proceso automatizado ampliamente usado para la fabricación de grandes estructuras compuestas tales como alas, sin limitación, fuselajes y conjuntos de empenaje. La colocación de fibras compuestas y la tecnología de estratificación de cinta actuales han mejorado para ofrecer flexibilidad en capacidades de proceso necesarias para una gran variedad de componentes aeroespaciales. A medida que los procesos de estratificación compuesta mejoren con avances en la automatización, se definirán nuevas e innovadoras aplicaciones.

25 La fabricación de determinados componentes a partir de materiales compuestos, tales como vigas de soporte, armazones y refuerzos para aeronaves o vehículos es aconsejable para un peso reducido y mejorar la corrosión y las capacidades de resistencia a la fatiga. Tales componentes se estratificarían normalmente con pliegues de materiales compuestos de fibra de carbono unidireccionales, con pliegues orientados de manera diferente entre sí dependiendo de las propiedades estructurales deseadas.

30 Se ha observado, sin embargo, que algunos pliegues pueden arrugarse durante la fabricación de determinados componentes que tienen secciones transversales no uniformes a lo largo de la longitud de la pieza. Esto puede tener como resultado que el componente tenga un contorno o perfil exterior variable y discontinuo a lo largo de su longitud. Tales arrugas son poco aconsejables y han evitado el uso extendido y la adopción de materiales compuestos para fabricar componentes que pueden ser propensos a arrugar los materiales compuestos.

35 El documento EP1151850 divulga un método para producir un producto escalonado semiendurecido que tiene un dentado en una porción terminal y productos producidos mediante tal método. El proceso comprende: (1) laminar una pluralidad de láminas compuestas reforzadas con fibras entre sí mediante el calentamiento y enfriamiento de las láminas bajo presión para proporcionar un laminado plano y con forma de placa; (2) ablandar el laminado con forma de placa mediante el calentamiento y posteriormente conformarlo con una forma particular usando una herramienta de formación mientras se enfría bajo presión; y (3) calentar una región de borde bajo presión para formar un dentado.

45 El documento US2007/0175573 divulga piezas compuestas termoplásticas formadas de pliegues recopilados que forman una pila de múltiples capas. Pueden cortarse múltiples estratificaciones desde cada pila para fabricar la pieza compuesta. Las estratificaciones se preforman mediante doblamiento y calentamiento hasta que se obtiene una forma aproximada de la pieza terminada.

**Breve descripción**

50 La presente invención proporciona un componente estructural de acuerdo con la reivindicación 1.

De manera consistente con las realizaciones ejemplares divulgadas, los componentes y métodos de fabricación se proporcionan para la fabricación de componentes estructurales que tienen discontinuidades en su contorno exterior usando pliegues de material compuesto mientras se evita el indeseable arrugamiento de algunos de los pliegues de material usados para fabricar el componente.

60 En una realización ejemplar, se divulga un componente estructural. El componente comprende un cuerpo formado a partir de pliegues compuestos de fibra de carbono unidireccionales, teniendo el cuerpo un eje longitudinal y una sección transversal perpendicular al eje longitudinal. La sección transversal varía a lo largo de una porción del eje longitudinal para proporcionar al cuerpo al menos un contorno uniforme y al menos un contorno compuesto. Los pliegues compuestos que forman el contorno uniforme son discontinuos a lo largo del eje longitudinal.

65 La sección transversal puede comprender una banda y al menos una pestaña que se extiende desde la banda. Los pliegues de compuesto de fibra pueden comprender material preimpregnado de cinta unidireccional. El cuerpo puede comprender una viga que tiene una banda y pestañas opuestas que se extienden desde la banda, extendiéndose una porción de las pestañas opuestas en paralelo entre sí, y una porción de las pestañas

extendiéndose en oblicuo entre sí para definir el contorno compuesto. Una de las bandas opuestas puede ser parcialmente recta y continua, y una de las pestañas puede ser en parte paralela y en parte oblicua a la otra pestaña.

5 Al menos algunos de los pliegues compuestos que forman el contorno compuesto pueden ser continuos a lo largo del eje longitudinal, formando por tanto el perfil de contorno compuesto sin arrugamiento de fibras unidireccionales alineadas con el eje longitudinal. El cuerpo puede comprender múltiples pliegues compuestos de fibra de carbono unidireccionales dispuestos para definir un perfil lineal y un perfil no lineal, donde los múltiples pliegues que forman el perfil de contorno no lineal están dispuestos de manera diferente a partir de múltiples pliegues que forman el perfil lineal a lo largo del eje longitudinal del componente. Los pliegues compuestos que forman la fibra orientada en paralelo al eje longitudinal pueden ser discontinuos adyacentes al perfil contorneado no lineal. El componente puede comprender una viga alargada.

15 Una realización de un componente estructural fabricado a partir de un material compuesto también se divulga. El componente comprende un cuerpo alargado formado a partir de pliegues compuestos de fibra de carbono unidireccionales, teniendo el cuerpo un eje longitudinal y una longitud axial, siendo una superficie exterior del cuerpo en parte lineal y en parte no lineal a lo largo del eje longitudinal, y teniendo los pliegues al menos algunas fibras orientadas en paralelo al eje longitudinal. Las fibras orientadas en paralelo al eje longitudinal son discontinuas a lo largo de la superficie exterior no lineal, evitando por tanto el arrugamiento de las fibras unidireccionales alineadas con el eje longitudinal.

20 El cuerpo comprende una banda y al menos una pestaña, definiendo la pestaña la pieza no lineal del cuerpo. Los pliegues pueden comprender material preimpregnado de cinta unidireccional, y la porción no lineal puede comprender una porción recta que se extiende en oblicuo al eje longitudinal y al menos una porción de radio. Los múltiples pliegues que forman el perfil contorneado no lineal pueden estar dispuestos de manera diferente desde el perfil lineal a lo largo del eje longitudinal del componente.

### Breve descripción de los dibujos

30 Unas realizaciones no limitativas y no exhaustivas se describen en referencia a las siguientes figuras, donde los números de referencia similares se refieren a partes similares a través de las varias vistas a menos que se especifique lo contrario.

La Figura 1 es un diagrama de flujo de una producción de aeronaves y metodología de revisión.

35 La Figura 2 es un diagrama de bloques de una aeronave.

La Figura 3 es una vista en sección transversal de una aeronave que ilustra una aplicación ejemplar de un componente estructural fabricado con materiales compuestos.

40 La Figura 4 es una vista ampliada de una porción de la Figura 3.

La Figura 5 es una vista en perspectiva de una porción del componente mostrado en las Figuras 3 y 4.

45 La Figura 6 ilustra una estratificación de carga ejemplar y un método de secuenciación para la fabricación del componente mostrado en la Figura 5.

La Figura 7 es una vista en despiece del componente que ilustra su fabricación.

### Descripción detallada

50 Las realizaciones ejemplares de componentes y métodos de fabricación de los componentes que usan los materiales compuestos se divulgan en el presente documento a continuación y facilitan la formación de componentes con determinados contornos a formar sin indeseables arrugas de fibras. Los componentes y métodos ejemplares divulgados facilitan un uso más extensivo y eficaz de, por ejemplo, materiales de fibra de carbono unidireccionales en la fabricación de componentes que tienen, por ejemplo, contornos compuestos tal como se describe a continuación, que hasta ahora han demostrado ser demasiado difíciles o demasiado caros para producirse repetidamente de una manera eficaz y aceptable. La capacidad de formar componentes compuestos en tales formas contorneadas presenta ventajas significativas, incluyendo consideraciones de diseño que pueden demandar formas inusuales y sacudidas en el perfil de los componentes, ahorros de peso de una estructura de soporte utilizando materiales de peso más ligero para fabricar los componentes y el desarrollo de componentes de alto rendimiento diseñados para un uso específico.

65 En particular, los materiales compuestos más ligeros usados para formar los componentes pueden lograr ahorros de peso significativos cuando se utilizan en combinación para ensamblar una estructura de soporte o armazón de, por ejemplo, una aeronave u otro vehículo. Específicamente para una construcción de aeronave que tiene muchos componentes de soporte, los ahorros de peso potenciales pueden ser sustanciales, conduciendo a una mejor

economía de combustible y costes reducidos de funcionamiento de la aeronave. Los componentes de material compuesto pueden también facilitar una reducción en los costes de mantenimiento.

5 En referencia más particular a los dibujos, las realizaciones de la divulgación pueden describirse en el contexto de un método de fabricación y revisión **50** de aeronaves tal como se muestra en la Figura 1 y una aeronave **52** como se muestra en la Figura 2. Durante la preproducción, un método **50** ejemplar puede incluir la especificación y diseño **54** de la aeronave **52** y la obtención de material **56**. Durante la producción, tienen lugar la fabricación de componentes y subconjuntos **58** y la integración de sistemas **60** de la aeronave **52**. Después, la aeronave **52** puede pasar por la certificación y suministro **62** para ponerse en servicio **64**. Mientras está en servicio por parte de un cliente, la aeronave **52** se programa para un mantenimiento y revisión **66** rutinarios (que también pueden incluir modificación, reconfiguración, renovación etc.).

15 Cada uno de los procesos del método **50** puede realizarse o llevarse a cabo mediante un integrador de sistemas, una tercera parte y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los fines de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir sin limitación cualquier número de fabricantes de aeronaves y principales subcontratistas de sistema; una tercera parte puede incluir sin limitación cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, compañía de arrendamiento, entidad militar, organización de servicios, etc.

20 Tal como se muestra en la Figura 2, la aeronave **52** producida mediante el método **50** ejemplar puede incluir una aeroestructura **68** con una pluralidad de sistemas **70** y un interior **72**. Los ejemplos de sistemas de alto nivel **70** incluyen uno o más de un sistema de propulsión **74**, un sistema eléctrico **76**, un sistema hidráulico **78** y un sistema ambiental **80**. Cualquier número de otros sistemas puede incluirse. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención pueden aplicarse a otras industrias, tal como la industria de la automoción.

25 Los aparatos y métodos incorporados en el presente documento pueden emplearse durante una cualquiera o más de las fases del método de producción y revisión **50**. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al proceso de producción **58** pueden fabricarse o manufacturarse de manera similar a componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave **52** está en servicio. Además, una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de los mismos pueden utilizarse durante las fases de producción **58** y **60**, por ejemplo, acelerando sustancialmente el ensamblaje o reduciendo el coste de una aeronave **52**. De manera similar, una o más de las realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o combinaciones de los mismos pueden utilizarse mientras que la aeronave **52** está en servicio, por ejemplo y sin limitación, el mantenimiento y revisión **66**.

30 La Figura 3 es una vista en sección transversal de una aeronave 100 ejemplar, que puede corresponderse con la aeronave 52 de la Figura 2 que es el objeto del método 50 de la Figura 1, en el que se explicarán los componentes y métodos ejemplares. Se contempla, sin embargo, que los beneficios y ventajas de las realizaciones del componente inventivo y los métodos de formación descritos a continuación pueden aplicarse igualmente en otros entornos de vehículo, tal como automoción, camiones y vehículos recreativos, así como vehículos marinos y aplicaciones no vehiculares tales como edificios, torres y otras estructuras de soporte. Hablando generalmente, los componentes y métodos son aplicables a cualquier aplicación estructural donde los beneficios de construcción de materiales compuestos sean aconsejables. El siguiente análisis se proporciona por tanto para fines de ilustración en lugar de limitación, y los componentes y métodos divulgados en el presente documento no van destinados a limitarse a ninguna aplicación particular, incluyendo pero sin limitarse al uso en la aeronave 100, excepto cuando se defina específicamente como tal en las reivindicaciones adjuntas.

35 Tal como se muestra en la Figura 3, la aeronave 100 incluye un fuselaje 102 que define el cuerpo exterior de la aeronave 100. Una viga de suelo 104 compuesta y de alto rendimiento se proporciona de manera interior en el fuselaje 102 y se extiende horizontalmente por un interior del fuselaje 102. La viga de suelo 104 sirve como un componente estructural de la aeronave 100, y unos paneles de suelo 106 se extienden sobre y se conectan con la viga de suelo 104 para proporcionar un compartimento de pasajeros 108 sobre los paneles de suelo 106. De acuerdo con la aeronave conocida, el compartimento de pasajeros 108 está provisto de asientos y otras atenciones de aeronaves modernas para la comodidad, confort y conveniencia de los pasajeros. En otra realización, el compartimento 108 podría servir alternativamente como un compartimento de carga o para otro uso distinto a un compartimento de pasajeros.

40 Unos puntales 110 se extienden por debajo de la viga de suelo 104 y al menos en parte definen un compartimento de carga 112 por debajo de la viga de suelo 104. También de acuerdo con la aeronave conocida, el compartimento de carga 112 puede adaptarse para almacenar, por ejemplo, bolsas de viaje, bártulos de viaje, equipajes u otros artículos que pertenecen al pasajero de la aeronave. Como alternativa, o además de tales artículos, el compartimento de carga 112 también puede adaptarse para almacenar, contener y asegurar otros artículos de carga independientes de, y que no pertenecen a, ningún pasajero particular de la aeronave en uso. La aeronave 100 está dispuesta para el uso civil predominantemente para transportar pasajeros y sus bienes personales de un lugar a otro, para uso militar al transportar personal y equipamiento de una ubicación a otra o para el envío y distribución comercial de bienes a diferentes ubicaciones.

Debería entenderse que muchas vigas del suelo 104 se proporcionan a lo largo de la longitud de la aeronave en un plano que se extiende dentro y fuera del plano de la página de la Figura 3. Una aeronave 100 más grande requeriría vigas 104 más grandes y más largas y un mayor número de vigas 104 que una aeronave 100 más pequeña. De manera colectiva, las vigas 104 proporcionan soporte estructural y un armazón para la aeronave 100.

En referencia ahora a la Figura 4, se ve que la viga de suelo 104 en una realización ejemplar se forma con una forma 1 alargada que tiene una pestaña superior 120, una pestaña inferior 122 y una banda 124 que interconecta las pestañas superior e inferior 120 y 122. La pestaña superior 120 es generalmente recta y continua mientras que la pestaña inferior 122 no es ni recta ni continua a lo largo de toda la longitud de la viga.

Tal como se muestra en la Figura 4, la pestaña inferior 122 incluye una primera porción 126, una segunda porción 128 y una porción de transición 130 que se extiende entre la primera y segunda porción 126 y 128. La primera porción 126 es generalmente paralela a la primera pestaña 120 y está separada mediante una primera distancia transversal  $H_1$ , medida en una dirección perpendicular desde la primera pestaña 120. La segunda porción 128 también se extiende generalmente paralela a la primera pestaña 120, y está separada a una distancia  $H_2$ , también medida en una dirección perpendicular desde la primera pestaña 120, que es menor que  $H_1$ . En un ejemplo,  $H_1$  tiene aproximadamente 19,05 centímetros (7,5 pulgadas), y  $H_2$  tiene aproximadamente 14,2 centímetros (5,6 pulgadas). La dimensión menor  $H_2$  proporciona un aclaramiento incrementado subyacente a la pestaña inferior 122 para acomodar, por ejemplo, y sin limitación, cables o conductos 131 que corren bajo la viga de suelo 104. Aunque se han proporcionado las dimensiones ejemplares de  $H_1$  y  $H_2$ , estas no son en ningún caso necesarias, y se aprecia que los valores de  $H_1$  y  $H_2$  pueden variar en otras realizaciones.

Considerando ahora la pestaña inferior 122 en mayor detalle, la porción de transición 130 conecta las primeras y segundas porciones 126 y 128 que son generalmente rectas y paralelas a la primera pestaña 120, y la porción de transición 130 se extiende en un ángulo con respecto a cada una de la primera y segunda porción 126 y 128. En la realización ilustrada, la porción de transición 130 se extiende en oblicuo a la primera pestaña 120 y cada una de la primera y segunda porción 126 y 128 de la segunda pestaña 122 para una distancia específica. En cualquier punto determinado a lo largo de la porción de transición 130, un borde de la porción de transición se separa de la primera pestaña 120, medido en una dirección perpendicular de la primera pestaña 120, a una tercera distancia variable  $H_3$  que está entre la distancia  $H_1$  y  $H_2$ . Es decir,  $H_3$  es casi igual a  $H_1$  donde la porción de transición 130 contacta con la primera porción 122 y disminuye gradualmente hasta un valor aproximadamente igual a  $H_2$  donde la porción de transición 130 contacta con la segunda porción 128.

Los puntos de inflexión 132 y 134 que conectan la porción de transición 130 con las primeras y segundas porciones 126 y 128 presentan una discontinuidad en el contorno de superficie exterior de la segunda pestaña 122 y la viga 104 en general. En la práctica, los puntos de inflexión 132 y 134 presentan radios que interconectan los extremos de la porción de transición 130 con las primeras y segundas porciones 126 y 128 de la segunda pestaña. Uno de los radios en el punto 132 es un radio convexo y el otro radio en el punto 134 es un radio cóncavo.

Siguiendo el contorno de la pestaña inferior 122 de derecha a izquierda en la Figura 4, la primera porción 126 es generalmente recta, lisa y horizontal en su forma y contorno exterior hasta que coincide con el radio convexo en el punto 132. Después del radio convexo 132, la pestaña 122 en la porción de transición 130 se vuelve de nuevo recta y generalmente lisa pero se extiende en un ángulo o se inclina con respecto a la primera porción 126 hasta que la porción de transición 130 se encuentra con el radio cóncavo en el punto de conexión 134. Después del radio en el punto 134, la pestaña inferior 122 en la porción 128 de nuevo se vuelve generalmente recta, lisa y horizontal. De manera colectiva, las porciones 126, 128 y la porción de transición 130 hacen que el contorno de la pestaña inferior 122 no sea ni recto ni liso debido a las discontinuidades entre las porciones rectas y curvadas de los puntos de inflexión 132 y 134.

La porción de transición 130 en la realización ilustrada está moldeada para que la pestaña inferior 122 realice una sacudida interior para reducir el perfil de altura de la viga 104 y puede proporcionar un aclaramiento incrementado para los cables o conductos 131, o una mayor altura de la banda 124 donde sea necesario. El dentado puede permitir la colocación de los cables y conductos 131 en una disposición más compacta relativa a la viga 104, sin impactar significativamente en el uso de espacio por encima o por debajo de la viga 104. En el contexto de una viga de suelo, esta disposición se denomina a menudo "dentado" que presenta unos desafíos de fabricación particulares para la formación de la viga 104 usando materiales compuestos. De nuevo en referencia a la Figura 3 por un momento, la viga 104 puede tener más de una porción de transición 130 formando más de un dentado a lo largo de la longitud de la viga para proporcionar una extensión relativamente grande de la viga que tiene un aclaramiento incrementado para el desarrollo de los cables y conductos, o para acomodar otros componentes mecánicos y eléctricos de la aeronave.

Se ha observado que cuando se intenta construir la viga 104 a partir de pliegues de materiales compuestos de fibra de carbono unidireccionales, algunos de los pliegues de material pueden arrugarse a lo largo de la pestaña inferior 122 en la región de la porción de transición 130. Como se ha mencionado, tales arrugas pueden ser indeseables, y los esfuerzos por construir de manera fiable vigas aceptables con materiales compuestos de manera rentable han demostrado ser generalmente poco exitosos hasta que la viga inventiva y los métodos para fabricar la misma se

descubrieron y desarrollaron.

La Figura 5 ilustra una porción de una carga de canal 142 con forma de C usada para fabricar la viga 104. Tal como se cree que es evidente a partir de la Figura 4, dos cargas de canal 142 con forma de C pueden ensamblarse espalda con espalda y sujetarse entre sí para formar, por ejemplo, la viga 104 con forma de I. La carga 142 se muestra en vista en perspectiva en la Figura 5 donde los problemas de fabricación son quizás un poco más evidentes. Tal como se ha explicado anteriormente, en la construcción de la viga, incluyendo las pestañas 120 y 122, estas generalmente se oponen entre sí y se interconectan con la banda 124 en una disposición de canal con forma de C. La pestañas 120 y 122 generalmente se extienden en perpendicular desde la banda 124. La viga 104 es generalmente alargada y tiene un eje longitudinal 140. La primera pestaña 120 en la realización ejemplar puede ser generalmente recta y continua y puede extenderse en paralelo al eje longitudinal 140. Las primeras y segundas porciones 126 y 128 también se extienden generalmente en paralelo a la primera pestaña 120 y entre sí, pero se separan a diferentes distancias de la primera pestaña 120 tal como se ha descrito antes. La banda 124 también es generalmente plana y se extiende en paralelo al eje longitudinal 140. Tal como es evidente a partir de la Figura 5, sin embargo, la porción de transición 130 y el radio de los respectivos puntos de inflexión 132 y 134 no son paralelos al eje longitudinal 140.

En la segunda pestaña 122, la combinación de las porciones rectas 126 y 128, la curvatura convexa y cóncava de las porciones con radios 132 y 134 y la porción lisa pero de extensión oblicua entremedias en la porción de transición 130, es un ejemplo de lo que a menudo se denomina contorno compuesto. La porción de transición 130 en la realización ilustrada está parcialmente redondeada en los puntos de inflexión 132 y 134 con diferentes centros de curvatura y potencialmente un radio de curvatura diferente, y está al menos parcialmente ahusada para reducir el perfil exterior de la viga.

Aunque se ilustra un ejemplo específico de un contorno compuesto en las figuras, debe apreciarse que otras formas de contornos compuestos son posibles que también se beneficiarían de las técnicas explicadas a continuación que evitan el arrugamiento de los materiales compuestos cuando se construyen componentes estructurales, incluyendo pero sin limitarse a vigas de suelo. En otras realizaciones, no es necesario que un contorno compuesto tenga todas las características mencionadas en la viga 104. Es decir, un contorno puede ser un contorno compuesto y no tener radios tanto convexos como cóncavos, y un contorno compuesto no necesita tampoco necesariamente diferentes porciones rectas que están en ángulo, inclinadas o en pendiente en relación entre sí.

Tal como se usa en el presente documento, el término "contorno compuesto" se referirá ampliamente a cualquier forma o perfil de superficie exterior que incluya uno o más cambios significativos e inconsistencia asociada en su forma y perfil exterior, excluyendo aberturas de superficie, escotaduras y similares para unir el componente a una estructura, o para unir otras estructuras al componente. Es decir, tal como se usa en el presente documento, el "perfil" se refiere a la forma general del componente en su totalidad, que generalmente puede no depender o verse afectado por aberturas u otras características de unión para montar el componente en una ubicación específica. Los cambios e inconsistencia en el perfil y forma exterior del componente que forman un contorno compuesto pueden caracterizarse por una combinación de superficies que se cruzan de diferente carácter que pueden identificarse por separado entre sí. Un carácter diferente de superficies adjuntas o que se cruzan puede identificarse mediante la presencia de uno o más puntos de inflexión, una o más superficies redondeadas, diferentes tipos de superficies curvadas tales como superficies convexas y cóncavas, una o más curvaturas que tienen diferentes centros y radios, porciones rectas que están inclinadas de manera diferente en relación unas con otras, cambios abruptos en el perfil exterior y combinaciones de los mismos. Los "contornos compuestos" se distinguen específicamente de los contornos simples, los ejemplos de los cuales incluyen, pero no se limitan a, un componente que está ahusado de manera uniforme a lo largo de toda su longitud, un componente que está curvado de manera uniforme a lo largo de toda su longitud y un componente que tiene un contorno uniforme o sin cambios a lo largo de toda su longitud.

Como resultado del contorno compuesto de la viga 104 en la realización ilustrada, la sección transversal de la viga 104, tomada en un plano perpendicular al eje longitudinal 140, no es uniforme a lo largo de la longitud de la viga. Las porciones de la viga que tienen una sección transversal constante o continua se denominan a veces porciones lineales de la viga 104, mientras que la porción de transición de la viga se denomina a veces porción no lineal de la viga 104 gracias a su sección transversal cambiante o variable y su forma exterior a lo largo de la longitud de la viga 104.

Se cree que el arrugamiento de los pliegues de material compuesto cuando se intenta construir tal componente estructural contorneado como la viga 104 usando procesos de fabricación compuesta convencional que estratifican diferentes pliegues de material compuesto descansa en diferentes pliegues de material compuesto que tienen fibras estructurales dispuestas para orientarse con el eje longitudinal 140 a lo largo de la longitud de la viga 104. En particular, y debido a la forma de la pestaña inferior 122 que tiene la porción de transición 130, las fibras que se orientan a lo largo y generalmente en paralelo al eje longitudinal 140 en las porciones rectas 126 y 128 se doblan y se colocan en compresión a medida que la porción de transición 130 se moldea, provocando que algunas de las fibras se compriman y se encorven o comben y creen las arrugas. Tal encorvamiento de las fibras también puede provocar arrugas en otros pliegues de material compuesto adyacente donde las fibras estructurales no están alineadas con el eje longitudinal 140, tal como pliegues donde las fibras estructurales están orientadas, por ejemplo,

en ángulos de 45° y 90° respecto al eje longitudinal 140. Se ha observado, por ejemplo, que cuando se construye la forma de la carga de canal 142 ilustrada en la Figura 5 con una estratificación de pliegues de material compuesto, los pliegues con fibras orientadas a más de 45°, 90° y -45° medidos respecto al eje longitudinal 140 no tienden a crear arrugas en la pestaña inferior 122 a menos que también estén presentes pliegues de 0° o pliegues que tienen fibras que se extienden en paralelo al eje longitudinal 140.

En reconocimiento de este problema con las fibras de extensión longitudinal que se extienden en un ángulo de 0° respecto al eje longitudinal 140 (es decir, paralelo al eje longitudinal), la viga 104, a diferencia de las técnicas de fabricación convencionales que producen arrugas, se fabrica usando diferentes orientaciones de pliegue para las diversas porciones de la viga 104 y, de manera notable, no implica la flexión de las fibras orientadas a lo largo del eje longitudinal 140 para producir el contorno compuesto. En cambio, los pliegues que tienen fibras orientadas en paralelo al eje longitudinal se cortan para que sean discontinuas a lo largo de los bordes contorneados de la banda 124 y la pestaña 122 sobre la longitud de la pieza. Los pliegues de material que de lo contrario tendrían como resultado la compresión de las fibras orientadas a lo largo del eje longitudinal 140 se separan de la construcción de componente y estos pliegues se colocan independientemente de los otros pliegues que tienen fibras orientadas de manera diferente a lo largo del eje longitudinal para formar la pestaña contorneada. Como resultado de la naturaleza discontinua de las fibras orientadas en paralelo al eje longitudinal 140, y también de la aplicación separada de aquellas fibras respecto a las porciones contorneadas de la viga 104, ninguna de aquellas fibras se coloca en compresión durante la fabricación de la viga 104, evitando por tanto arrugas en el componente formado.

Todavía adicionalmente, se adopta un enfoque único durante la estratificación de cargas planas usadas para formar la viga 104. En una realización, por ejemplo, las cargas planas se agrupan lo máximo posible en pilas discretas de pliegues de 0° con fibras que se extienden en paralelo al eje longitudinal 140, o pliegues que tienen fibras orientadas a +45°, 90° y -45° con respecto al eje longitudinal. Es decir, el enfoque implica la secuenciación de una estratificación para crear grupos de pliegues discretos que consisten en pliegues de 0° y grupos de +45°, 90° y -45°. Los grupos de pliegues de 0° se separan en elementos discretos de banda y pestaña a lo largo de la porción contorneada de la carga de canal 142. En particular, los pliegues de 0° usados para fabricar los elementos de pestaña contorneados no se cubren junto con los pliegues para formar los otros elementos de la carga 142, sino que en cambio se colocan linealmente a lo largo de la longitud de la pieza a mano o a máquina. Esto evita las arrugas que ocurrirían si los elementos de pestaña contorneados de 0° fueran integrales con los otros elementos de estratificación.

Una máquina ejemplar que es adecuada para estratificar los pliegues se divulga en la patente de Estados Unidos del mismo solicitante n.º 7.188.370. Se cree que esta máquina y otras máquinas son familiares respecto a aquellas en la técnica de fabricación de componentes usando materiales compuestos y que el análisis detallado de las máquinas está generalmente más allá del alcance de esta divulgación. No se cree que sean necesarios un mayor detalle y explicación de las mismas para los expertos en la técnica. En otras realizaciones, se contempla que las cargas pueden estratificarse manualmente.

Las Figuras 6 y 7 ilustran detalles adicionales de la carga 142 y una estratificación de carga ejemplar y un método de secuenciación de cargas compuestas para fabricar la carga de canal 142 en forma de C a partir de, por ejemplo, material impregnado de cinta unidireccional, y más específicamente, pliegues de material de tejido de fibra de vidrio impregnado con resina de "Estilo 108". El método implica diversos pliegues que tienen fibras apiladas y secuenciadas para orientarse de manera diferente con respecto entre sí, y aplicar de manera separada algunos de los pliegues a las porciones lineales y no lineales del componente. Las referencias a los grados en conexión con los pliegues en el siguiente análisis deberán entenderse para referirse a la orientación relativa de las fibras de los pliegues con respecto al eje 140 de la carga de canal 142 con forma de C. Como tal, un pliegue de cero grados tendría sus fibras orientadas en paralelo al eje longitudinal. Además, tal como se muestra en la Figura 5, las cortinas de carga pueden estratificarse y ensamblarse usando un mandril de estratificación 158 que tiene la forma deseada del componente a fabricar.

Por ejemplo, y considerando la carga de canal 142 con forma de C mostrada en la Figura 5, y también en referencia a las Figuras 6 y 7, una primera carga de cortina 150 puede prepararse en una primera operación de cortina donde una capa orientada a más de 45 grados, una capa de 90 grados y una capa de menos de 45 grados se colocan planas y cubiertas sobre el mandril 158 para formar parte de la primera pestaña 120, la segunda pestaña 122 y la banda 124.

En una segunda operación de cortina, dos pliegues 152 y 153 de cero grados se colocan por separado en la banda 124 y la pestaña contorneada 122. Uno de los pliegues 152 de cero grados cubre la banda 124 y la pestaña recta 120. El otro de los pliegues 153 de cero grados cubre la pestaña contorneada 122.

Aunque el pliegue 152 de cero grados que cubre la banda 124 y la pestaña recta 120 se ilustran como parte de la segunda operación de cortina en la Figura 6, se entiende que el pliegue 152 de cero grados puede como alternativa combinarse y formarse simultáneamente con la carga de cortina 150 de la primera operación de cortina. En tal realización, sin embargo, el pliegue 153 de cero grados todavía se colocaría por separado en la operación de cortina separada.

En una tercera operación de cortina, una capa de más de 45 grados y una capa 154 de menos de 45 grados se colocan planas y cubiertas sobre las capas de la primera y segunda operación de cortina. Es decir, las capas de la tercera operación de cortina forman parte de la primera pestaña 120, la segunda pestaña 122 y la banda 124.

- 5 En una cuarta operación de cortina, un pliegue 156 de cero grados y un pliegue 157 de cero grados se colocan por separado en la banda 124, la pestaña recta 122 y la pestaña contorneada 122. El pliegue 156 cubre la banda 124 y la pestaña recta 120, y el pliegue 157 cubre la pestaña contorneada 122.

- 10 Aunque el pliegue 156 de cero grados que cubre la banda 124 y la pestaña recta 120 se ilustran como parte de la cuarta operación de cortina en la Figura 6, se entiende que el pliegue 156 de cero grados puede como alternativa combinarse y formarse simultáneamente con la carga de cortina 154 de la tercera operación de cortina. En tal realización, sin embargo, el pliegue 157 de cero grados todavía se colocaría por separado en la operación de cortina separada.

- 15 Después de haberse completado las operaciones de cortina de carga de canal, la carga 142 está lista para el ensamblaje para producir, por ejemplo, la viga de suelo 104 descrita en las Figuras 3 y 4.

- 20 Aunque se ha mostrado un ejemplo de la estratificación de carga y el método de secuenciación de pliegues con fibras orientadas a más y menos de 45° y 90°, además de los pliegues de cero grados, debe apreciarse que los pliegues de grados distintos de cero no tienen que orientarse a más o menos de 45° y/o 90° en otras realizaciones. También pueden utilizarse otros ángulos de fibras para cumplir necesidades y deseos particulares para formar componentes y para cumplir objetivos particulares. También se contempla que en algunas realizaciones algunos de los pliegues, tal como los pliegues de 90° analizados antes, pueden considerarse opcionales.

- 25 Usando la metodología antes descrita, los componentes estructurales tales como la viga 104, u otras vigas, refuerzos u otros componentes estructurales que tienen contornos compuestos y discontinuidades de superficies significativas, pueden por tanto fabricarse de manera eficaz a partir de materiales compuestos de fibra de carbono unidireccionales. Se facilita un uso más extensivo y eficaz de los materiales de fibra de carbono unidireccionales para fabricar compuestos que tienen formas contorneadas sin un arrugamiento inaceptable de los pliegues  
30 compuestos, y pueden conseguirse unos ahorros de peso apreciables cuando los componentes tales como la viga 104 se ensamblan en una estructura mayor.

- Aunque se han descrito una viga 104 ejemplar y una carga 142 con forma de C que tienen formas ejemplares, debe entenderse que otros componentes con otras formas y direcciones transversales pueden igualmente formarse  
35 mientras se evitan los problemas asociados con el arrugamiento de los pliegues. Cualquier componente que tenga una banda y una o más pestañas dispuestas en cualquier forma puede beneficiarse de la metodología antes descrita. Por ejemplo, y sin limitación, además de la viga 104 con forma de I antes descrita, unas técnicas similares podrían usarse para formar contornos en un componente con forma de J que tiene un contorno compuesto, un componente con forma de L que tiene una pestaña única contorneada que se extiende a partir de una banda, un  
40 componente con forma de T que tiene al menos una porción con un contorno compuesto y un componente con forma de Z que tiene al menos una porción del mismo con un contorno compuesto. Como otros ejemplos no limitativos adicionales, pueden formarse unos componentes con una forma en sección transversal que se asemeja a un número, tal como el número "7". Otras formas adicionales son posibles que no son reminiscentes de las formas de letras y números, incluyendo pero sin limitarse a formas de sombrero de copa y otras formas y secciones transversales. Además, las combinaciones de tales formas ejemplares de componentes pueden ensamblarse para formar otras formas adicionales, tales como los canales con forma de C antes descritos que se usan para producir una viga con forma de I.

- De igual manera, tales técnicas pueden utilizarse para formar elementos tubulares (rectangulares y cuadrados) con contornos que pueden de lo contrario tener como resultado materiales compuestos arrugados. Aunque las realizaciones ejemplares ilustradas en el presente documento incluyen una pestaña recta y una pestaña contorneada, se entiende que en realizaciones alternativas y/o adicionales, más de una pestaña contorneada puede fabricarse en el mismo componente usando los métodos y técnicas antes analizados. Es decir, los componentes que tienen múltiples pestañas contorneadas podrían formarse en un vasto número de formas deseadas para producir  
50 componentes sin un arrugamiento indeseable.

- Además, aunque las realizaciones de componentes y métodos de fabricación de los mismos se han divulgado hasta ahora en el contexto de una viga de suelo, también pueden fabricarse otros componentes estructurales que evitan problemas similares y ofrecen ventajas similares. Es decir, las vigas para otros fines pueden beneficiarse igualmente  
60 de las técnicas divulgadas en el presente documento, así como componentes que no son para vigas que proporcionan resistencia estructural y soporte para un conjunto de componentes que definen colectivamente una estructura mayor.

- Aunque los componentes y métodos divulgados se han descrito en términos de diversas realizaciones específicas, los expertos en la materia reconocerán que los componentes y métodos pueden practicarse con modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones.  
65

REIVINDICACIONES

1. Un componente estructural que comprende:

5 un cuerpo que comprende pliegues (152, 153, 156, 157) compuestos de fibra de carbono unidireccionales, teniendo el cuerpo un eje longitudinal y una sección transversal perpendicular al eje longitudinal, variando la sección transversal a lo largo de una porción del eje longitudinal para proporcionar al cuerpo al menos un contorno uniforme y al menos un contorno compuesto;

10 donde el cuerpo comprende una viga (104) que tiene una banda (124) y al menos una pestaña (122) que se extiende desde la banda, extendiéndose una porción de la al menos una pestaña en paralelo al eje longitudinal y extendiéndose una porción de la al menos una pestaña en oblicuo al eje longitudinal para definir el contorno compuesto; **caracterizado por que:**

15 los pliegues compuestos que tienen fibras orientadas en paralelo al eje longitudinal son discontinuos a lo largo de los borde contorneados de la banda y la pestaña sobre la longitud el cuerpo.

2. El componente de la reivindicación 1, donde los pliegues (152, 153, 156, 157) compuestos de fibras comprenden material de cinta preimpregnada unidireccional.

20 3. El componente de la reivindicación 1, que comprende además una pestaña opuesta (120), oponiéndose dicha pestaña a la al menos una pestaña y extendiéndose desde la banda, donde la porción de la al menos una pestaña que se extiende paralela al eje longitudinal se extiende en paralelo a la pestaña opuesta, y donde la porción de la al menos una pestaña que se extiende en oblicuo al eje longitudinal se extiende en oblicuo a la pestaña opuesta.

25 4. El componente de la reivindicación 3, donde la pestaña opuesta (120) es sustancialmente recta y continua.

30 5. El componente de la reivindicación 3, donde la al menos una pestaña (122) es en parte paralela y en parte oblicua respecto a la pestaña opuesta (120).

35 6. El componente de la reivindicación 1, donde al menos algunos de los pliegues compuestos (152, 153, 156, 157) que forman la al menos una pestaña son continuos a lo largo del eje longitudinal, formando por tanto el perfil de superficie de la al menos una pestaña sin arrugamiento de las fibras unidireccionales alineadas con el eje longitudinal.

7. El componente de la reivindicación 1, donde la al menos una pestaña comprende:

40 una primera porción recta (126) que tiene una primera sección transversal uniforme a lo largo del eje longitudinal; una segunda porción recta (128) que tiene una segunda sección transversal uniforme a lo largo del eje longitudinal, siendo diferente la segunda sección transversal de la primera sección transversal; y una porción de transición (130) que se extiende entre la primera y la segunda porción recta que tiene una tercera sección transversal que no es uniforme a lo largo del eje longitudinal.

45 8. El componente de la reivindicación 1, donde el cuerpo comprende múltiples pliegues (152, 153, 156, 157) compuestos de fibra de carbono unidireccionales, donde las fibras en los múltiples pliegues se orientan de manera diferente entre sí.

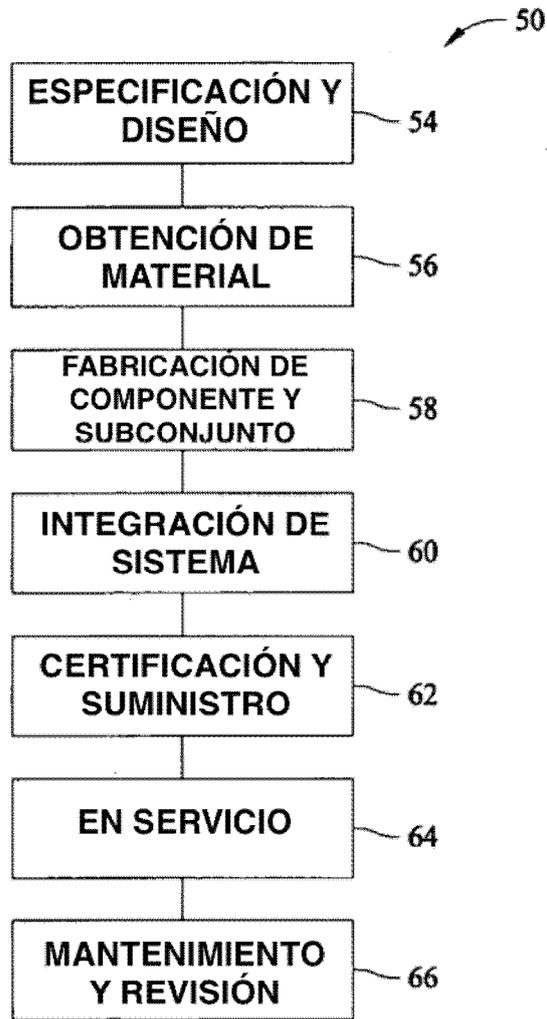


FIG. 1

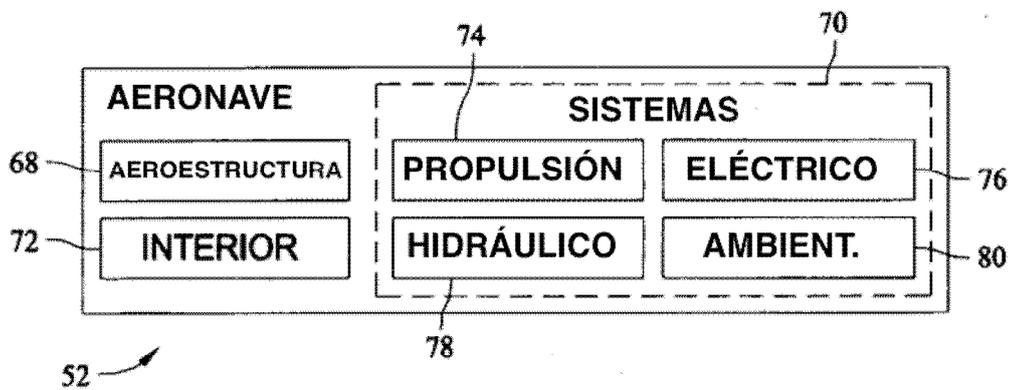


FIG. 2

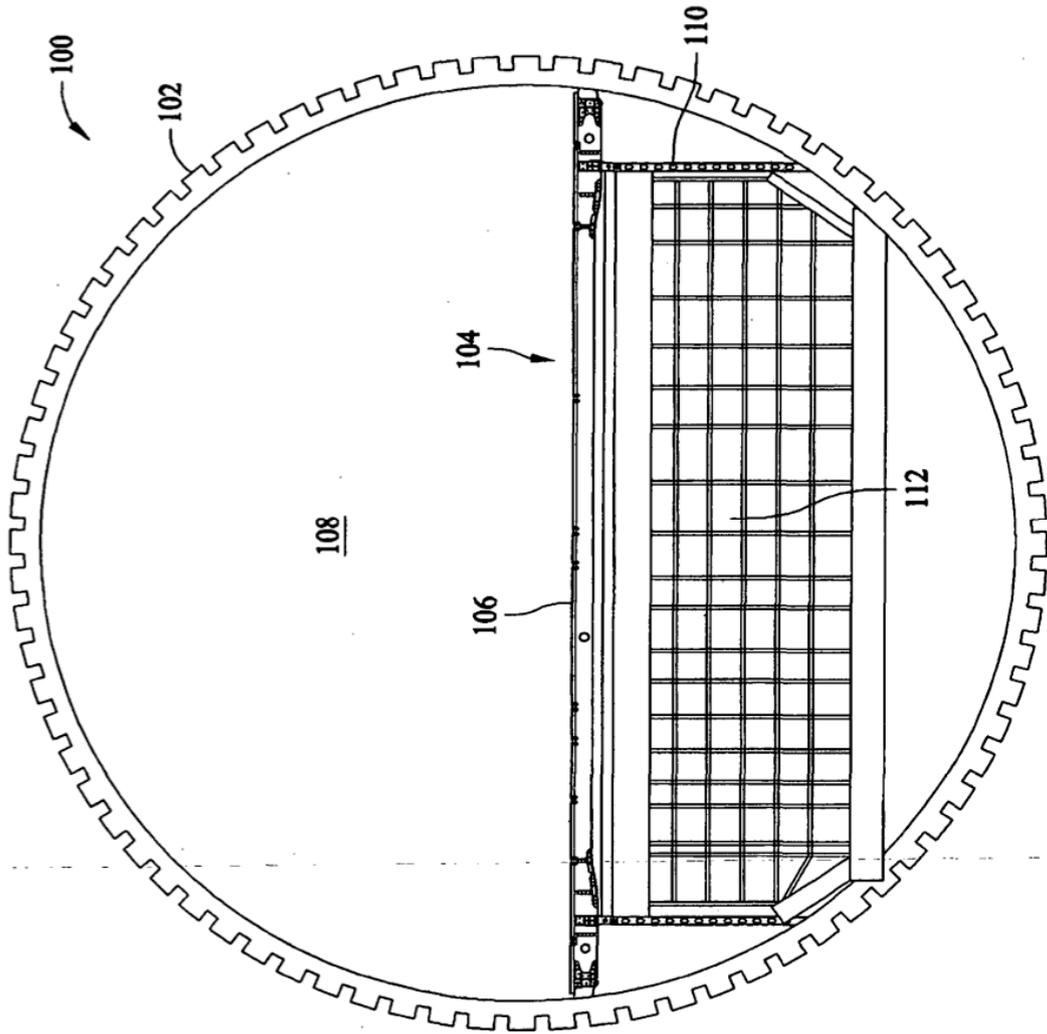


FIG. 3

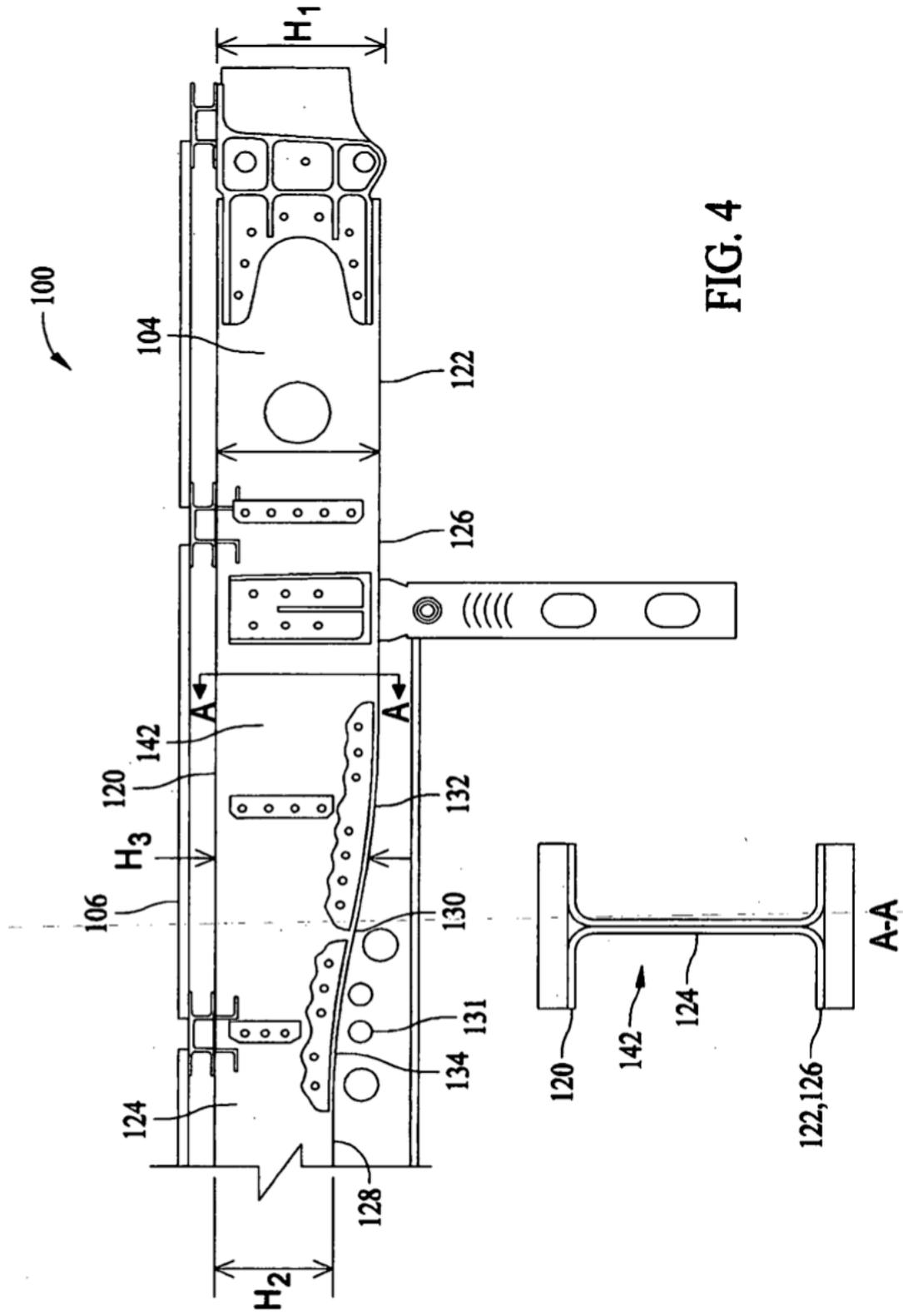


FIG. 4

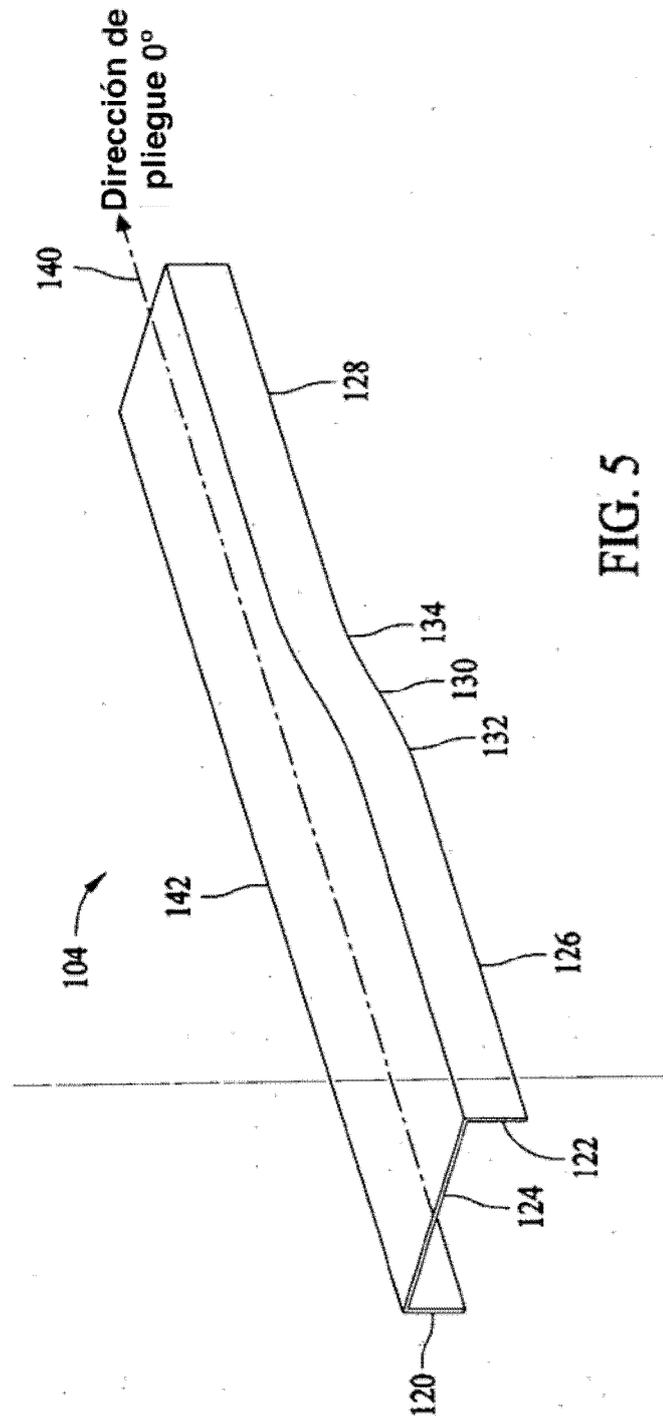


FIG. 5

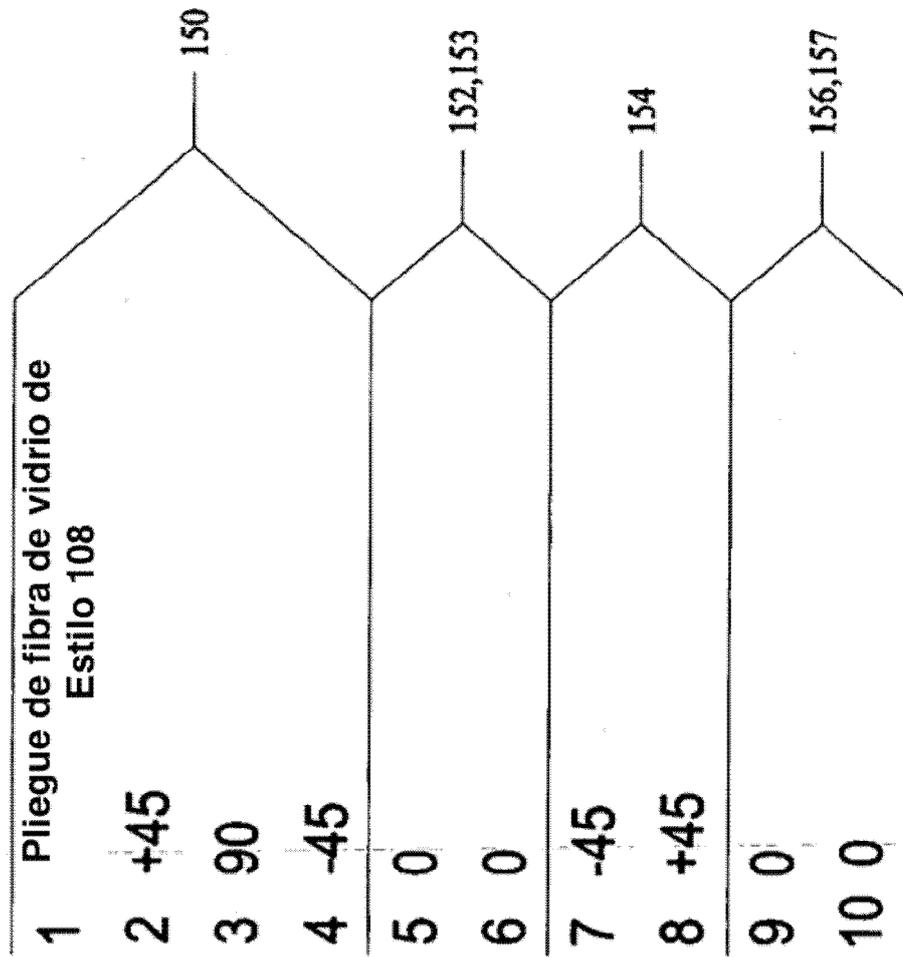


FIG. 6

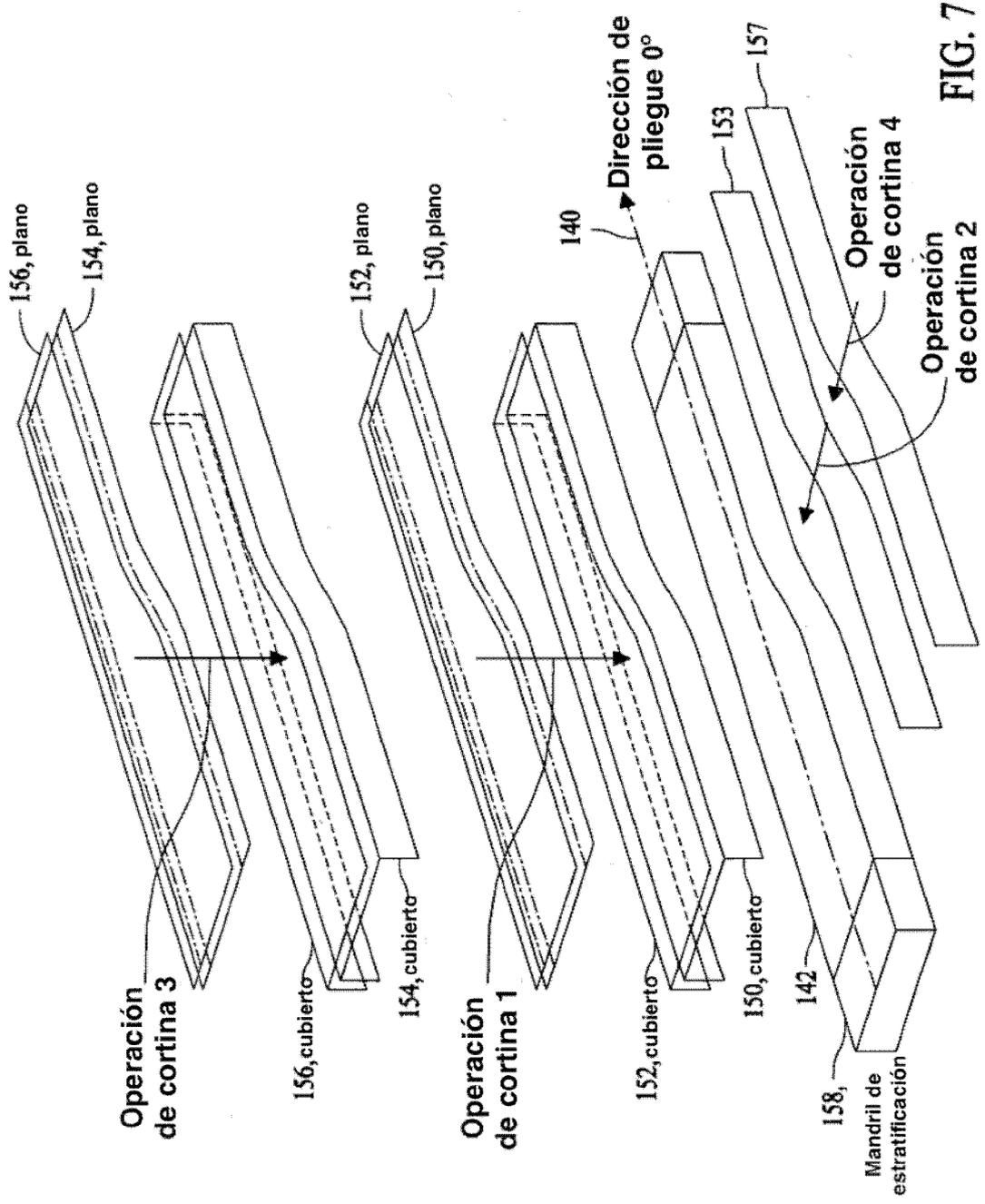


FIG. 7