

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 472 726**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/34** (2006.01)

**B29D 99/00** (2010.01)

**B64C 1/18** (2006.01)

**B29C 70/20** (2006.01)

**B29K 707/04** (2006.01)

**B29L 31/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2008 E 12172778 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2014 EP 2502734**

54 Título: **Vigas de material compuesto contorneadas complejas y procedimientos de fabricación**

30 Prioridad:

**07.08.2007 US 835202**

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

**02.07.2014**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

**IZQUIERDO FACES, José**

**ES 2 472 726 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 de material compuesto contorneadas complejas y procedimientos de fabricación.

5 ANTECEDENTES DE LA DIVULGACIÓN

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

10 Las ventajas del rendimiento estructural de los materiales compuestos, tales como, solo por nombrar algunos, materiales de fibra de carbono-epoxi y grafito-bismaleimida (BMI), son ampliamente conocidas en la industria aeroespacial. Los diseñadores de aviones han sido atraídos por materiales compuestos debido a, por ejemplo, su rigidez, fuerza y capacidades absorción de radar superiores. Como están disponibles materiales más avanzados y una variedad más amplia de formas de material, el uso aeroespacial de los materiales compuestos ha aumentado. Se ha desarrollado la tecnología de capas de cinta automatizada para convertirse en un procedimiento automatizado ampliamente usado para la fabricación de estructuras de material compuesto grandes tales como ala, sin limitación, fuselaje y ensamblajes de empenaje. La actual tecnología de disposición de fibra compuesta y colocación de cinta ha mejorado para ofrecer flexibilidad en las capacidades de procedimiento requeridas para una amplia variedad de componentes aeroespaciales. A medida que mejoren los procedimientos de apilamiento de material compuesto con los avances en la automatización, se definirán aplicaciones nuevas e innovadoras.

15 La fabricación de ciertos componentes de material compuesto, tales como vigas de soporte, marcos y refuerzos para avión o vehículos, se desea por peso reducido y capacidades de resistencia a la corrosión y fatiga mejoradas. Tales componentes normalmente se apilarían con capas de materiales compuestos de fibra de carbono unidireccional, con capas orientadas de manera diferente de una a otra dependiendo de las propiedades estructurales deseadas.

20 El documento EP 1 609 584 A1 desvela la fabricación de componentes de material compuesto que tienen una parte de compuesto de capas de materiales compuestos de fibra de carbono unidireccional.

25 Se ha observado, sin embargo, que algunas de las capas pueden arrugarse durante la fabricación de ciertos componentes que tienen secciones transversales no uniformes a lo largo de la longitud de la parte. Esto puede producir que el componente tenga un contorno o perfil externo variable, y discontinuo, a lo largo de su longitud. Tales arrugas son no deseables y han prevenido el uso generalizado y la adopción de materiales compuestos para fabricar componentes que pueden ser propensos a arrugar los materiales compuestos.

BREVE DESCRIPCIÓN

30 De acuerdo con realizaciones a modo de ejemplo desveladas, se proporcionan componentes y procedimientos de fabricación para la fabricación de componentes estructurales que tienen discontinuidades en su contorno externo usando capas de material compuesto mientras que se evita la formación de arrugas no deseables de algunas de las capas de material usadas para fabricar el componente.

35 En una realización a modo de ejemplo se desvela un componente estructural. El componente comprende un cuerpo formado de capas de material compuesto de fibra de carbono unidireccional, teniendo el cuerpo un eje longitudinal y una sección transversal perpendicular al eje longitudinal. La sección transversal varía a lo largo de una porción de los ejes longitudinales que proveen al cuerpo de al menos un contorno uniforme y al menos un contorno complejo. Las capas de material compuesto que forman el contorno uniforme son discontinuas a lo largo del eje longitudinal.

40 Opcionalmente, la sección transversal puede comprender una banda continua y al menos un reborde que se extiende de la banda continua. Las capas de material compuesto de fibra pueden comprender material preimpregnado de cinta unidireccional. El cuerpo puede comprender una viga que tiene una banda continua y rebordes opuestos que se extienden de la banda continua, extendiéndose una porción de los rebordes opuestos paralela a otra, y extendiéndose una porción de los rebordes oblicuamente a otra para definir el contorno complejo. Una de las bandas continuas opuestas puede ser sustancialmente recta y continua, y uno de los rebordes puede ser en parte paralelo y en parte oblicuo al otro reborde. Al menos algunas de las capas de material compuesto que forman el contorno complejo pueden ser continuas a lo largo del eje longitudinal, formando así el perfil de contorno complejo sin formación de arrugas de fibras unidireccionales alineadas con el eje longitudinal. El cuerpo puede comprender múltiples capas de material compuesto de fibra de carbono unidireccional dispuestas para definir un perfil lineal y un perfil no lineal, en el que las múltiples capas que forman el perfil de contorno no lineal están dispuestas de manera diferente de las múltiples capas que forman el perfil lineal a lo largo del eje longitudinal del componente. Las capas de material compuesto que forman la fibra orientada paralela al eje longitudinal pueden ser discontinuas adyacentes al perfil contorneado no lineal. El componente puede comprender una viga alargada.

También se desvela una realización de un componente estructural fabricado de un material compuesto. El componente comprende un cuerpo alargado formado de capas de material compuesto de fibra de carbono unidireccional, teniendo el cuerpo un eje longitudinal y una longitud axial, siendo una superficie externa del cuerpo parcialmente lineal y parcialmente no lineal a lo largo de la longitud axial, y teniendo las capas al menos algunas fibras orientadas paralelas al eje longitudinal. Las fibras orientadas paralelas al eje longitudinal son discontinuas a lo largo de la superficie externa no lineal, evitando así la formación de arrugas de las fibras unidireccionales alineadas con el eje longitudinal.

De acuerdo con las realizaciones a modo de ejemplo desveladas, un contorno complejo puede comprender una primera porción recta que tiene una primera sección transversal y uniforme a lo largo del eje longitudinal; una segunda porción recta que tiene una segunda sección transversal y uniforme a lo largo del eje longitudinal, siendo la segunda sección transversal diferente de la primera sección transversal; y una porción de transición que se extiende entre la primera y segunda porciones rectas que tiene una tercera sección transversal que no es uniforme a lo largo del eje longitudinal.

Opcionalmente, el cuerpo puede comprender una banda continua y al menos un reborde, definiendo el reborde la parte no lineal del cuerpo. Las capas pueden comprender material preimpregnado de cinta unidireccional, y la porción no lineal puede comprender una porción recta que se extiende oblicuamente al eje longitudinal y al menos una porción de radio. Las múltiples capas que forman el perfil contorneado no lineal pueden estar dispuestas de forma diferente del perfil lineal a lo largo del eje longitudinal del componente.

Se desvela un procedimiento de fabricación de un elemento estructural de material compuesto que tiene en parte un contorno uniforme y en parte un contorno complejo según la invención. El componente está formado de cargas planas de capas de material compuesto de fibra de carbono unidireccional, y el procedimiento comprende: agrupar las cargas planas en pilas discretas de capas que tienen fibras de cero grados y capas que tienen fibras de no cero grados; ordenar las pilas de cargas planas para crear grupos de capas discretas para las porciones de contorno uniforme y complejo del componente, respectivamente, y aplicar por separado al menos algunas de las capas que tienen fibras de cero grados a las porciones contorneadas y no contorneadas del componente.

Opcionalmente, el agrupar las cargas planas en pilas discretas de capas de no cero grados comprende agrupar las cargas planas en capas que tienen fibras orientadas a más 45° y menos 45° con respecto a las fibras de cero grados. El componente puede formarse como un canal en forma de C que tiene un reborde recto, una banda continua y un reborde no recto, comprendiendo el procedimiento además: preparar una primera carga de cubrición de al menos una capa que tiene fibra orientada a más 45 grados y al menos una capa que tiene fibra orientada a menos 45 grados, englobando la primera carga de cubrición el reborde recto, la banda continua y el reborde no recto del canal en C; preparar una segunda carga de cubrición que incluye una capa que tiene fibra orientada a cero grados que cubre el reborde no recto; preparar una tercera carga de cubrición de al menos una capa que tiene fibra orientada a más 45 grados y al menos una capa que tiene fibra orientada a menos 45 grados, englobando la tercera carga de cubrición el reborde recto, la banda continua y el reborde no recto del canal en C; y preparar una cuarta carga de cubrición que incluye una capa que tiene fibra orientada a cero grados que se aplica al reborde no recto.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Realizaciones no limitantes y no exhaustivas se describen con referencia a las siguientes figuras, en las que números de referencia similares se refieren a partes similares en todas las diversas vistas, a menos que se especifique de otro modo.

La Figura 1 es un diagrama de flujo de la producción de aviones y metodología de servicio.

La Figura 2 es un diagrama de bloques de un avión.

La Figura 3 es una vista en sección transversal de un avión que ilustra una aplicación a modo de ejemplo de un componente estructural fabricado con materiales compuestos.

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.

La Figura 6 ilustra un procedimiento de apilamiento y ordenación de la carga a modo de ejemplo para la fabricación del componente mostrado en la Figura 5.

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

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

Realizaciones a modo de ejemplo de componentes y procedimientos de fabricación de los componentes usando materiales compuestos se desvelan en el presente documento más adelante que facilitan la formación de componentes con ciertos contornos que van a formarse sin arrugas de fibra no deseables. Los componentes y procedimientos a modo de ejemplo desvelados facilitan un uso más amplio y eficaz de, por ejemplo, materiales de fibra de carbono unidireccional en la fabricación de componentes que tienen, por ejemplo, contornos complejos como se describe más adelante, que hasta ahora han demostrado ser tanto difíciles como caros de producir repetidamente de una manera eficaz y aceptable. La capacidad para formar componentes de material compuesto en

tales formas contorneadas presenta ventajas significativas, que incluyen consideraciones de diseño que pueden demandar formas y movimientos inusuales 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 manipulados para uso específico.

5 En particular, los materiales compuestos de peso más ligero usados para formar los componentes pueden alcanzar ahorros de peso significativos cuando se utilizan en combinación para montar una estructura de soporte o marco de, por ejemplo, un avión u otro vehículo. Específicamente para una construcción de avión que tiene muchos componentes de soporte, los posibles ahorros de peso pueden ser sustanciales, conduciendo a mejor economía del combustible y costes reducidos de operación del avión. Los componentes de material compuesto pueden también facilitar una reducción en los costes de mantenimiento.

15 Refiriéndose más particularmente a los dibujos, realizaciones de la divulgación pueden describirse en el contexto de un procedimiento **50** de fabricación y servicio de aviones como se muestra en la Figura **1** y un avión **52** como se muestra en la Figura **2**. Durante la pre-producción, el procedimiento **50** a modo de ejemplo puede incluir especificación y diseño **54** del avión **52** y adquisición **56** del material. Durante la producción tiene lugar la fabricación **58** de componentes y subensamblajes e integración **60** de sistemas del avión **52**. Más adelante, el avión **52** puede pasar la certificación y administración **62** con el fin de ponerse en servicio **64**. Mientras que está en servicio por un cliente, el avión **52** está programado para mantenimiento y servicio **66** rutinario (que también puede incluir modificación, reconfiguración, renovación, etc.).

25 Cada uno de los procesos del procedimiento **50** puede realizarse o llevarse a cabo por 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 aviones y subcontratistas del sistema principal; una tercera parte puede incluir, sin limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una línea aérea, empresa de arrendamiento con opción a compra, entidad militar, organización de servicios, etc.

30 Como se muestra en la Figura 2, el avión **52** producido por un procedimiento **50** a modo de ejemplo puede incluir un armazón **68** con una pluralidad de sistemas **70** y un interior **72**. Ejemplos de sistemas **70** de alto nivel incluyen uno o más de un sistema **74** de propulsión, un sistema **76** eléctrico, un sistema **78** hidráulico y un sistema **80** ambiental. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención pueden aplicarse a otras industrias, tales como la industria automovilística.

35 El aparato y procedimientos integrados en el presente documento pueden emplearse durante una cualquiera o más de las etapas del procedimiento **50** de producción y servicio. Por ejemplo, los componentes o subensamblajes correspondientes al procedimiento **58** de producción pueden fabricarse o manufacturarse de un modo similar a los componentes o subensamblajes producidos mientras que el avión **52** está en servicio. Por tanto, una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de procedimiento, o una combinación de las mismas, puede utilizarse durante las etapas **58** y **60** de producción, por ejemplo, enviando sustancialmente el ensamblaje de o reduciendo el coste de un avión **52**. Similarmente, una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de procedimientos, o una combinación de las mismas, puede utilizarse mientras que el avión **52** está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para mantenimiento y servicio **66**.

45 La Figura 3 es una vista en sección transversal del avión 100 a modo de ejemplo, que puede corresponderse con el avión **52** de la Figura 2 que es el objeto si el procedimiento **50** de la Figura 1, en la que van a explicarse componentes y procedimientos a modo de ejemplo. Se contempla, sin embargo, que los beneficios y ventajas de las realizaciones de componentes inventivas y procedimientos de formación descritos más adelante puedan aplicarse igualmente en otros entornos de vehículos, tales como vehículos automotivos, camiones y recreativos, además de vehículos marinos y aplicaciones no vehiculares tales como edificios, torres y otras estructuras de soporte. En términos generales, los componentes y procedimientos son aplicables a cualquier aplicación estructural en la que sean deseables los beneficios de la construcción de materiales compuestos. Por tanto, la siguiente discusión se proporciona para los fines de ilustración en vez de limitación, y los componentes y procedimientos desvelados en el presente documento no pretenden limitarse a ninguna aplicación particular, que incluye, pero no se limita a, el uso en el avión 100, excepto cuando se defina específicamente como tal en las reivindicaciones adjuntas.

50 Como se muestra en la Figura 3, el avión 100 incluye un fuselaje 102 que define el cuerpo externo del avión 100. Una viga 104 de suelo de material compuesto de alto rendimiento se proporciona interior al fuselaje 102 y se extiende horizontalmente a través de un interior del fuselaje 102. La viga 104 del suelo sirve de componente estructural del avión 100, y paneles 106 del suelo se extienden encima y están conectados a la viga 104 del suelo para proporcionar un compartimento 108 de pasajeros sobre los paneles 106 del suelo. Según el avión conocido, el compartimento 108 de pasajeros está provisto de asientos y otros servicios de aviones modernos para la seguridad, comodidad y conveniencia de los viajeros. En otra realización, el compartimento 108 podría servir alternativamente de compartimento de carga o para otro uso distinto de un compartimento de pasajeros.

65 Los soportes 110 se extienden por debajo de la viga 104 del suelo y al menos en parte definen un

compartimento 112 de carga bajo la viga 104 del suelo. También según el avión conocido, el compartimento 112 de carga puede adaptarse para el almacenamiento de, por ejemplo, bolsas de viaje, equipos de viaje, equipaje u otros artículos que pertenecen a los pasajeros del avión. Alternativamente, o además de tales artículos, el compartimento 112 de carga también puede adaptarse para guardar, contener y asegurar otros artículos de carga independientes de cualquier, y que no pertenecen a ningún, pasajero particular del avión en uso. El avión 100 es aceptado para uso civil predominantemente para transportar pasajeros y sus bienes personales de sitio a sitio, para uso miliar en transportar personal y equipo de localización a localización, o para el transporte comercial y distribución de mercancías a diferentes localizaciones.

Debe entenderse que muchas vigas 104 del suelo se proporcionan a lo largo de la longitud del avión en un plano que se extiende dentro y fuera del plano de la página de la Figura 3. El avión 100 más grande requeriría vigas 104 más grandes y más largas y un mayor número de vigas 104 que un avión 100 más pequeño. Conjuntamente, las vigas 104 proporcionan soporte estructural y región estructural para el avión 100.

Volviendo de nuevo a la Figura 4, se observa que la viga 104 del suelo en una realización a modo de ejemplo está formada en la forma de una forma en I alargada que tiene un reborde 120 superior, reborde 122 inferior y una banda 124 continua que interconecta los rebordes 120 y 122 superior e inferior. El reborde 120 superior es generalmente recto y continuo mientras que el reborde 122 inferior no es ni recto ni continuo a lo largo de la longitud completa de la viga.

Como se muestra en la Figura 4, el reborde 122 inferior incluye una primera porción 126, una segunda porción 128 y una porción 130 de transición que se extiende entre la primera y segunda porciones 126 y 128. La primera porción 126 es generalmente paralela al primer reborde 120 y está separada una primera distancia  $H_1$  transversal, medida en una dirección perpendicular del primer reborde 120. La segunda porción 128 también se extiende generalmente paralela al primer reborde 120, y está separada una distancia  $H_2$ , también medida en una dirección perpendicular del primer reborde 120, que es inferior a  $H_1$ . En un ejemplo,  $H_1$  tiene aproximadamente 7,5 pulgadas (19 cm) y  $H_2$  tiene aproximadamente 5,6 pulgadas (14 cm). La menor dimensión  $H_2$  proporciona una eliminación aumentada por debajo del reborde 122 inferior para acomodar, por ejemplo, y sin limitación, cables o conductos 131 que van bajo la viga 104 del suelo. Aunque se han proporcionado dimensiones a modo de ejemplo de  $H_1$  y  $H_2$ , ni mucho menos son necesarias, y se aprecia que los valores de  $H_1$  y  $H_2$  pueden variar en otras realizaciones.

Considerando ahora el reborde 122 inferior en más detalle, la porción 130 de transición conecta la primera y segunda porciones 126 y 128 que son generalmente rectas y paralelas al primer reborde 120, y la porción 130 de transición se extiende un ángulo con respecto a cada una de la primera y segunda porciones 126 y 128. En la realización ilustrada, la porción 130 de transición se extiende oblicuamente al primer reborde 120 y cada una de la primera y segunda porciones 126 y 128 del segundo reborde 122 durante una distancia especificada. En cualquier punto dado a lo largo de la porción 130 de transición, un borde de la porción de transición está separado del primer reborde 120, medido en una dirección perpendicular desde el primer reborde 120, a una tercera distancia  $H_3$  y variable que está entre la distancia  $H_1$  y  $H_2$ . Es decir,  $H_3$  es casi igual a  $H_1$ , en la que la porción 130 de transición sobresale de la primera porción 126, y gradualmente disminuye a un valor aproximadamente igual a  $H_2$  en la que la porción 130 de transición sobresale de la segunda porción 128.

Los puntos 132 y 134 de inflexión que conectan la porción 130 de transición con la primera y segunda porciones 126 y 128 presentan una discontinuidad en el contorno de la superficie externa del segundo reborde 122 y la viga 104 en general. En la práctica, los puntos 132 y 134 de inflexión presentan radios que interconectan los extremos de la porción 130 de transición con la primera y segunda porciones 126 y 128 del segundo reborde. 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 del reborde 122 inferior de derecha a izquierda en la Figura 4, la primera porción 126 es generalmente recta, lisa y horizontal en su forma externa y contorno hasta que se encuentra con el radio convexo en el punto 132. Después del radio 132 convexo, el reborde 122 en la porción 130 de transición se vuelve de nuevo recto y generalmente liso, pero se extiende un ángulo o inclina con respecto a la primera porción 126 hasta que la porción 130 de transición se encuentra con el radio cóncavo en el punto 134 de conexión. Después del radio en el punto 134, el reborde 122 inferior en la porción 128 se vuelve de nuevo generalmente recto, liso y horizontal. Conjuntamente, las porciones 126, 128 y la porción 130 de transición convierten el contorno del reborde 122 inferior en ni recto ni liso debido a las discontinuidades entre las porciones rectas y curvas en los puntos 132 y 134 de inflexión.

La porción 130 de transición en la realización ilustrada se forma de manera que el reborde 122 inferior haga un movimiento hacia adentro para reducir el perfil de altura de la viga 104 y pueda proporcionar elevado espacio libre para los cables o conductos 131, o una mayor altura de la banda 124 continua si se necesita. El empalme puede permitir la colocación de los cables y conductos 131 en una disposición más compacta con respecto a la viga 104, sin afectar significativamente el uso de espacio por encima o por debajo de la viga 104. En el contexto de una viga del suelo, esta disposición se denomina algunas veces un "empalme" que presenta retos de fabricación particulares a la formación de la viga 104 usando materiales compuestos. Con referencia de nuevo a la Figura 3 por un momento, la viga 104 puede tener más de una porción 130 de transición que forma más de un empalme a lo largo

de la longitud de la viga para proporcionar una extensión relativamente grande de la viga que tiene un elevado espacio libre para pasar cables y conducto, o para acomodar otros componentes mecánicos y eléctricos del avión.

Se ha observado que cuando se intenta construir la viga 104 de capas de materiales compuestos de fibra de carbono unidireccional, se ha observado que algunas de las capas de material pueden arrugarse a lo largo del reborde 122 inferior en la región de la porción 130 de transición. Como se ha mencionado, tales arrugas pueden ser no deseables, y esfuerzos para la construcción fidedigna de vigas aceptables con materiales compuestos de una manera eficaz han demostrado ser generalmente poco satisfactorios hasta que se descubrieron y desarrollaron la viga inventiva y procedimientos para fabricarla.

La Figura 5 ilustra una porción de una carga 142 de canal en forma de C usada para fabricar la viga 104. Como se cree que es evidente de la Figura 4, dos cargas 142 de canal en forma de C pueden ensamblarse espalda con espalda y asegurarse entre sí para formar, por ejemplo, la viga 104 en forma de I. La carga 142 se muestra en vista en perspectiva en la Figura 5 en la que las cuestiones de fabricación son quizás algo más evidentes. Como se ha explicado previamente, la construcción de la viga, que incluye los rebordes 120 y 122, generalmente se oponen entre sí e interconectan la banda 124 continua en una disposición en canal en forma de C. Los rebordes 120 y 122 generalmente se extienden perpendicularmente desde la banda 124 continua. La viga 104 es generalmente alargada y tiene un eje 140 longitudinal. El primer 120 reborde en la realización a modo de ejemplo puede ser generalmente recto y continuo y puede extenderse paralelo al eje longitudinal 140. La primera y segunda porciones 126 y 128 también se extienden generalmente paralelas al primer reborde 120 y entre sí, pero están separadas en diferentes distancias del primer reborde 120 como se describe previamente. La banda 124 continua también es generalmente plana y se extiende paralela al eje 140 longitudinal. Como es evidente de la Figura 5, sin embargo, la porción 130 de transición y el radio de los puntos 132 y 134 de inflexión respectivos no son paralelos al eje longitudinal 140.

En el segundo reborde 122, la combinación de las porciones 126 y 128 rectas, la curvatura convexa y cóncava de las porciones 132 y 134 de radio y la porción lisa, pero que se extiende oblicuamente, entremedias en la porción 130 de transición, es un ejemplo de lo que se denomina algunas veces un contorno complejo. La porción 130 de transición en la realización ilustrada está parcialmente redondeada en los puntos 132 y 134 de inflexión que tienen diferentes centros de curvatura y posiblemente diferentes radios de curvatura, y está parcialmente estrechada para reducir el perfil externo de la viga.

Aunque se ilustra un ejemplo específico de un contorno complejo en las figuras, deberá apreciarse que otras formas de contornos complejos que son posibles también se beneficiarían de las técnicas explicadas más adelante que evitan la formación de arrugas de los materiales compuestos cuando se construyen componentes estructurales, que incluyen, pero no se limitan a, vigas del suelo. En otras realizaciones es necesario que un contorno complejo tenga todas las características observadas en la viga 104. Es decir, un contorno puede ser un contorno complejo y no tener tanto radios convexos como cóncavos, y un contorno complejo adicionalmente no requiere necesariamente diferentes porciones rectas que sean angulosas, con pendiente o inclinadas las unas con respecto a las otras.

Como se usa en el presente documento, el término "contorno complejo" debe referirse ampliamente a cualquier forma o perfil de la superficie externa que incluye uno o más cambios significativos e inconsistencia asociada en su forma y perfil externo, excluidas las aberturas superficiales, indentaciones y similares para unir el componente a una estructura, o para unir otras estructuras al componente. Es decir, como se usa en el presente documento, el "perfil" se refiere a la forma global del componente en conjunto, que puede generalmente no ser dependiente de o estar afectado por las aberturas u otras características de unión para el montaje del componente en una localización especificada. Los cambios e inconsistencia en la forma y perfil externo del componente que forman un contorno complejo pueden caracterizarse por una combinación de superficies intersecantes de diferente carácter que pueden ser discretamente identificables entre sí. El carácter diferente de limitar o intersecar superficies puede ser identificable por la presencia de uno o más puntos de inflexión, una o más superficies redondas, diferentes tipos de superficies curvas tales como superficies convexas y cóncavas, una o más curvaturas que tienen diferentes centros y radios, porciones rectas que tienen diferente pendiente entre sí, cambios súbitos en el perfil externo y combinaciones de los mismos. Los "contornos complejos" se diferencian específicamente de los contornos simples, ejemplos de los cuales incluyen, pero no se limitan a, un componente que se estrecha uniformemente a lo largo de su longitud entera, un componente que es uniformemente curvo a lo largo de su longitud entera, y un componente que tiene un contorno uniforme o invariable a lo largo de su longitud entera.

Como resultado del contorno complejo 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 algunas veces porciones lineales de la viga 104, mientras que la porción de transición de la viga se denomina algunas veces una porción no lineal de la viga 104 en virtud de su sección transversal cambiante o variable y forma externa a lo largo de la longitud de la viga 104.

La formación de arrugas de las capas de material compuesto cuando se intenta construir un componente estructural contorneado como la viga 104 usando procedimientos de fabricación de materiales compuestos convencionales apilando diferentes capas de material compuesto se cree que se basa en capas de material compuesto que tienen las fibras estructural dispuestas para ser orientadas con el eje 140 longitudinal a lo largo de la

longitud de la viga 104. Particularmente, y debido a la forma del reborde 122 inferior que tiene la porción 130 de transición, las fibras que están orientadas a lo largo y generalmente paralelas al eje 140 longitudinal en las porciones 126 y 128 rectas se flexionan y comprimen a medida que se forma la porción 130 de transición, haciendo que algunas de las fibras se compriman e inclinen o tuerzan y creen las arrugas. Tal inclinación de las fibras puede también producir arrugas en otras capas adyacentes de material compuesto en las que las fibras estructurales no están alineadas con el eje 140 longitudinal, tales como las capas en las que las fibras estructurales están orientadas, por ejemplo, ángulos de 45° y 90° con respecto al eje 140 longitudinal. Se ha observado, por ejemplo, que cuando se construye la forma de carga 142 del canal ilustrada en la Figura 5 con un apilamiento de capas de material compuesto, las capas con fibras orientadas más 45°, 90° y -45° medidas desde el eje 140 longitudinal no tienden a crear arrugas en el reborde 122 inferior, a menos que también estén presentes capas de 0° o capas que tienen fibras que se extienden paralelas al eje longitudinal 140.

En reconocimiento de esta cuestión con las fibras que se extienden longitudinalmente que se extienden un ángulo de 0° desde el eje 140 longitudinal (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 capa para las diversas porciones de la viga 104, y en particular no implica la flexión de fibras orientadas a lo largo del eje 140 longitudinal para producir el contorno complejo. Más bien, las capas que tienen fibras orientadas paralelas al eje longitudinal se cortan de manera que sean discontinuas a lo largo, por ejemplo, de los bordes contorneados de la banda 124 continua y el reborde 122 durante la longitud de la parte. Las capas de material que de otro modo producirían la compresión de las fibras orientadas a lo largo del eje 140 longitudinal se separan de la construcción de componentes y estas capas se disponen independientemente de las otras capas que tienen fibras orientadas de manera diferente a lo largo del eje longitudinal para formar el reborde contorneado. Como resultado de la naturaleza discontinua de las fibras orientadas paralelas al eje longitudinal 140, y también la aplicación separada de aquellas fibras para las porciones contorneadas de la viga 104, ninguna de aquellas fibras se comprime durante la fabricación de la viga 104, evitando así arrugas en el componente formado.

Todavía además se toma un enfoque único durante el apilamiento de cargas planas usadas para formar la viga 104. En una realización, por ejemplo, las cargas planas se agrupan en la medida de lo posible en pilas discretas de tanto capas de 0° con fibras que se extienden paralelas al eje 140 longitudinal como capas que tienen fibras orientadas a +45°, 90° y -45° con respecto al eje longitudinal. Es decir, el enfoque implica la ordenación de un apilamiento para crear grupos de capas discretas que consisten en capas de 0° y grupos de capas de +45°, 90° y -45°. Los grupos de capas de 0° se separan en elementos de banda continua y reborde discretos a lo largo de la porción contorneada de la carga 142 de canal. En particular, las capas de 0° usadas para fabricar los elementos de reborde contorneados no se cubren junto con las capas para formar los otros elementos de la carga 142, sino que se colocan linealmente a lo largo de la longitud de la parte a mano o máquina. Esto evita las arrugas que se producirían si los elementos de reborde contorneados de 0° estuvieran integrados con los otros elementos de apilamiento.

Una máquina a modo de ejemplo que es adecuada para apilar las capas se desvela en la patente de EE.UU. del mismo solicitante nº 7.188.370. Se cree que esta máquina y otras máquinas son familiares para aquellos en la materia de la fabricación de componentes usando materiales compuestos y que la discusión detallada de las máquinas está generalmente más allá del alcance de la presente divulgación. No se cree que sea necesario más detalle y explicación de la misma para aquellos expertos en la materia. En otras realizaciones se contempla que las cargas pueden apilarse manualmente.

Las Figuras 6 y 7 ilustran más detalles de la carga 142 y un apilamiento de carga a modo de ejemplo y un procedimiento de ordenación de cargas de material compuesto para la fabricación de la carga 142 de canal en forma de C a partir de, por ejemplo, material preimpregnado de cinta unidireccional, y más específicamente las capas de material de tela de fibra de vidrio impregnadas con la resina "Style 108". El procedimiento implica diversas capas que tienen fibras apiladas y ordenadas para estar orientadas de diferente manera entre sí, y aplicando por separado algunas de las capas a las porciones lineales y no lineales del componente. Referencias a grados a propósito de las capas en la siguiente discusión debe entenderse que se refiere a la orientación relativa de las fibras de las capas con respecto al eje 140 de la carga 142 de canal en forma de C. Como tal, una capa de grado cero tendría sus fibras orientadas paralelas al eje longitudinal. Por tanto, como se muestra en la Figura 5, los paños de carga pueden apilarse y ensamblarse usando un mandril 158 de apilamiento que tiene la forma deseada del componente que va a fabricarse.

Por ejemplo, y considerando la carga 142 de canal en forma de C mostrada en la Figura 5, y también con referencia a las Figuras 6 y 7, una primera carga 150 de cubrición puede prepararse en una primera operación de cubrición en la que una capa orientada más 45 grados, una capa de 90 grados y una capa de menos 45 grados se depositan planas y se cubren sobre el mandril 158 para formar parte del primer reborde 120, el segundo reborde 122 y la banda 124 continua.

En una segunda operación de cubrición, dos capas 152 y 153 de cero grados se depositan por separado sobre la banda 124 continua y el reborde 122 contorneado. Una de las capas 152 de cero grados cubre la banda 124 continua y el reborde 120 recto. La otra de las capas 153 de cero grados cubre el reborde 122 contorneado.

Aunque la capa 152 de cero grados que cubre la banda 124 continua y el reborde 120 recto se ilustra como parte de la segunda operación de cubrición en la Figura 6, se entiende que la capa 152 de cero grados puede combinarse alternativamente y formarse simultáneamente con la carga 150 de cubrición de la primera operación de cubrición. En una realización tal, sin embargo, la capa 153 de cero grados todavía se depositaría por separado en la operación de cubrición separada.

En una tercera operación de cubrición, una capa de más 45 grados y una capa 154 de menos 45 grados se depositan planas y se cubren sobre las capas de la primera y segunda operación de cubrición. Es decir, las capas de la tercera operación de cubrición forman parte del primer reborde 120, el segundo reborde 122 y la banda 124 continua.

En una cuarta operación de cubrición, una capa 156 de cero grados y una capa 157 de cero grados se depositan por separado sobre la banda 124 continua, el reborde 122 recto y el reborde 122 contorneado. La capa 156 cubre la banda 124 continua y el reborde 120 recto, y la capa 157 cubre el reborde 122 contorneado.

Aunque la capa 156 de cero grados que cubre la banda 124 continua y el reborde 120 recto se ilustran como parte de la cuarta operación de cubrición en la Figura 6, se entiende que la capa 156 de cero grados puede combinarse alternativamente y formarse simultáneamente con la carga 154 de cubrición de la tercera operación de cubrición. En una realización tal, sin embargo, la capa 157 de cero grados se depositaría todavía por separado en la operación de cubrición separada.

Después de completarse las operaciones de paños de carga de canal, la carga 142 está lista para que se produzca el ensamblaje, por ejemplo la viga 104 del suelo descrita en las Figuras 3 y 4.

Aunque un ejemplo de apilamiento de carga y procedimiento de ordenación de capas que tienen fibras orientadas a más y menos 45° y 90°, además de las capas de cero grados, debe apreciarse que las capas no cero no tienen que orientarse a más o menos 45° y/o 90° en otras realizaciones. Otros ángulos de fibras pueden asimismo utilizarse para cumplir necesidades particulares y deseos para formar componentes y para cumplir objetivos particulares. También se contempla que en algunas realizaciones ciertas de las capas, tales como las capas de 90° tratadas anteriormente, puedan considerarse opcionales.

Por tanto, usando la metodología anteriormente descrita, componentes estructurales tales como la viga 104, u otras vigas, refuerzos u otros componentes estructurales que tienen contorno complejo significativo y discontinuidades de superficie, pueden fabricarse eficazmente a partir de materiales compuestos de fibra de carbono unidireccional. Se facilita un uso más amplio y eficaz de los materiales de fibra de carbono unidireccional para fabricar componentes que tienen formas contorneadas sin la formación de arrugas inaceptable de las capas de material compuesto, y pueden realizarse ahorros de peso apreciables cuando los componentes tales como las vigas 104 se ensamblan en una estructura mayor.

Aunque se han descrito una viga 104 a modo de ejemplo y la carga 142 en forma de C que tienen formas a modo de ejemplo, debe entenderse que otros componentes que tienen otras formas y secciones transversales pueden asimismo formarse mientras que se eviten cuestiones asociadas a la formación de arrugas de las capas. Cualquier componente que tenga una banda continua y uno o más rebordes dispuestos de cualquier forma puede beneficiarse de la metodología anteriormente descrita. Por ejemplo, y sin limitación, además de la viga 104 en forma de I descrita anteriormente, podrían usarse técnicas similares para formar contornos en un componente con forma de J que tuvieran un contorno complejo, un componente en forma de L que tuviera un único reborde contorneado que se extendiera desde una banda continua, un componente en forma de T que tuviera al menos una porción con un contorno complejo y un componente en forma de Z que tuviera al menos una porción del mismo con un contorno complejo. Como todavía otros ejemplos no limitantes, pueden formarse componentes que tienen una forma en sección transversal que se parece a un número, tal como el número "7". Todavía son posibles otras formas que no son reminiscentes de las formas de letras y números, que incluyen, pero no se limitan a, formas de sombrero de copa y otras formas y secciones transversales. Además, combinaciones de tales formas de componentes a modo de ejemplo pueden ensamblarse para formar todavía otras formas, tales como los canales en forma de C descritos anteriormente que se usan para producir una viga en forma de I.

Asimismo, tales técnicas pueden utilizarse para formar elementos tubulares (rectangulares y cuadrados) con contornos que pueden de otro modo producir materiales compuestos arrugados. Mientras que las realizaciones a modo de ejemplo ilustradas en el presente documento incluyen un reborde recto y un reborde contorneado, se entiende que en realizaciones adicionales y/o alternativas, más de un reborde contorneado puede fabricarse del mismo componente usando los procedimientos y técnicas tratados anteriormente. Es decir, componentes que tienen múltiples rebordes contorneados podrían formarse en un amplio número de formas deseadas para producir componentes sin formación de arrugas no deseables.

Por tanto, mientras que las realizaciones de componentes y procedimientos de fabricación se han desvelado así en el contexto de una viga del suelo, también pueden fabricarse otros componentes estructurales que eviten problemas similares y ofrezcan ventajas similares. Es decir, las vigas para otros fines pueden beneficiarse



igualmente de las técnicas desveladas en el presente documento, además de componentes de no viga que proporcionan resistencia y soporte estructural a un ensamblaje de componentes que definen conjuntamente una estructura mayor.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de fabricación de un componente estructural de material compuesto (104) que tiene en parte un contorno uniforme (120, 124) y en parte un contorno complejo (122), estando el componente formado de cargas planas de capas de material compuesto de fibra de carbono unidireccional (150, 152, 153, 154, 156, 157), comprendiendo el procedimiento:
- 5
- agrupar las cargas planas en pilas discretas de capas que tienen fibras de cero grados y capas que tienen fibras de no cero grados;
- 10
- ordenar las pilas de cargas planas para crear grupos de capas discretas para las porciones de contorno uniforme y complejo del componente, respectivamente, y
- aplicar por separado al menos algunas de las capas que tienen fibras de cero grados a las porciones de contorno uniforme y complejo del componente.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que agrupar las cargas planas en pilas discretas de capas de no cero grados comprende agrupar las cargas planas en capas que tienen fibras orientadas a más 45° y menos 45° con respecto a las fibras de cero grados.
- 15
3. El procedimiento de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el componente se forma como un canal en forma de C que tiene un reborde recto (120), una banda continua (124) y un reborde no recto (122), comprendiendo el procedimiento además:
- 20
- preparar una primera carga de cubrición (150) de al menos una capa que tiene fibra orientada a más 45 grados y al menos una capa que tiene fibra orientada a menos 45 grados, englobando la primera carga de cubrición el reborde recto, la banda continua y el reborde no recto del canal en C;
- 25
- preparar una segunda carga de cubrición (152), (153) que incluye una capa que tiene fibra orientada a cero grados que cubre el reborde no recto;
- preparar una tercera carga de cubrición (154) de al menos una capa que tiene fibra orientada a más 45 grados y al menos una capa que tiene fibra orientada a menos 45 grados, englobando la tercera carga de cubrición el reborde recto, la banda continua y el reborde no recto del canal en C; y
- 30
- preparar una cuarta carga de cubrición (156, 157) que incluye una capa que tiene fibra orientada a cero grados que se aplica al reborde no recto.



FIG. 1

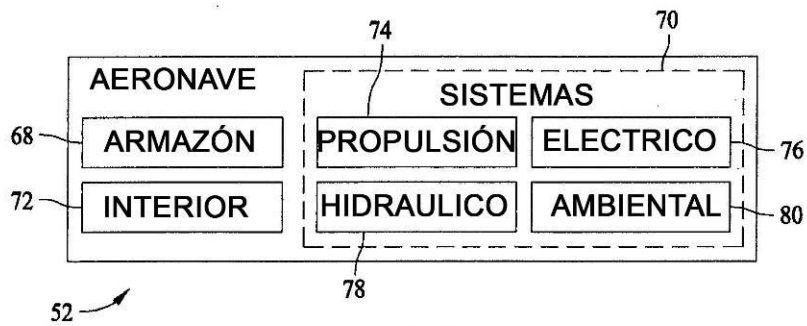


FIG. 2

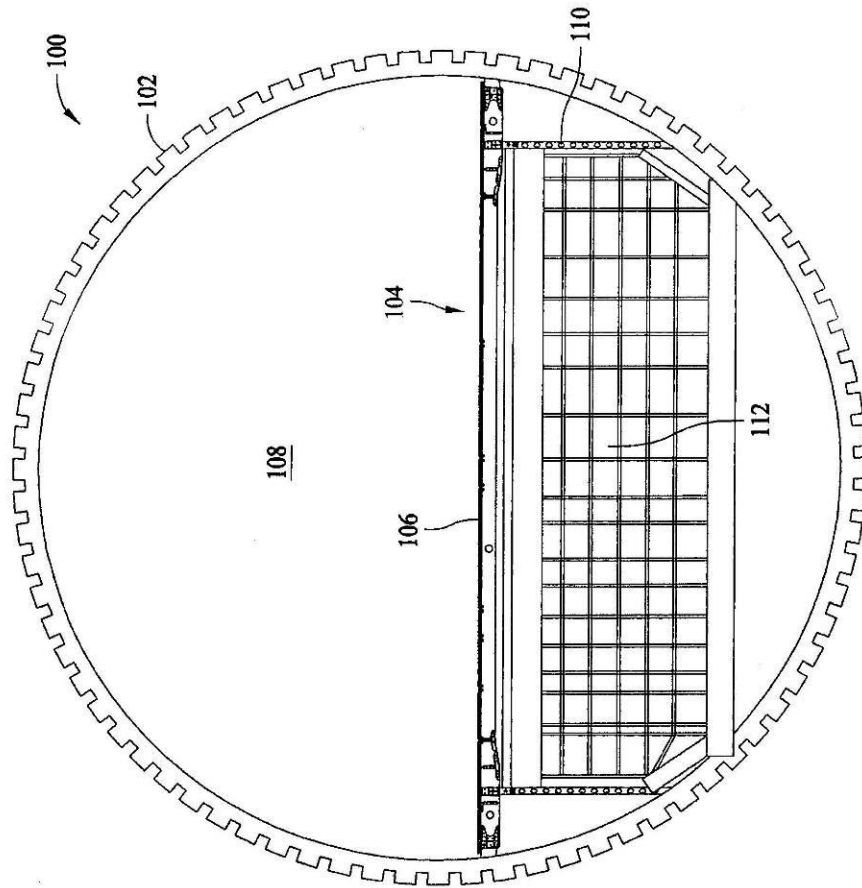


FIG. 3

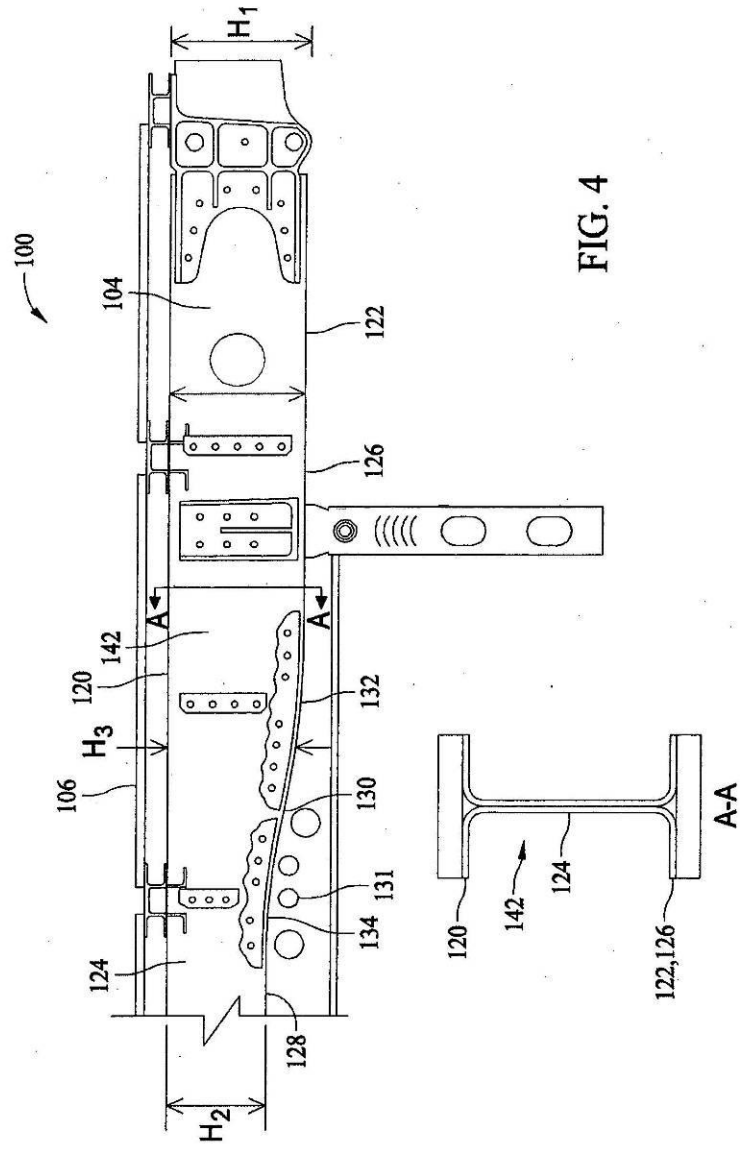


FIG. 4

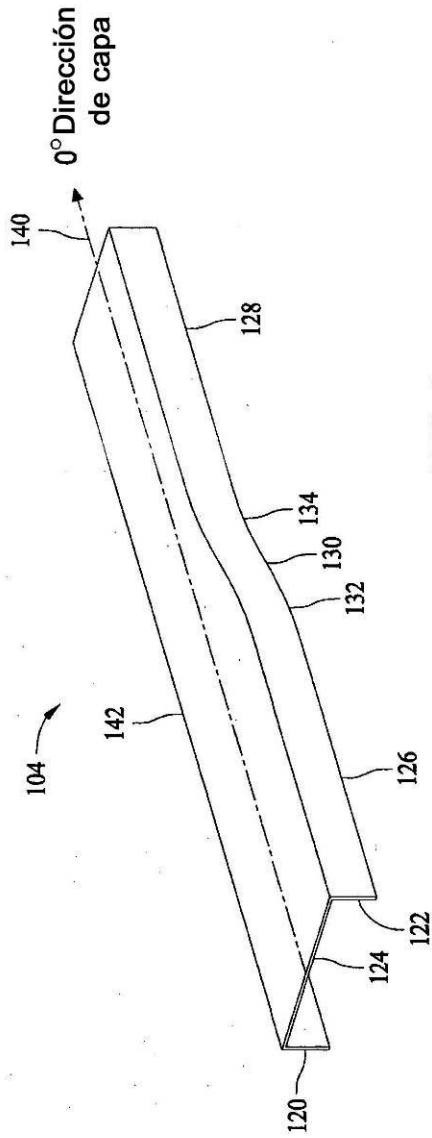


FIG. 5

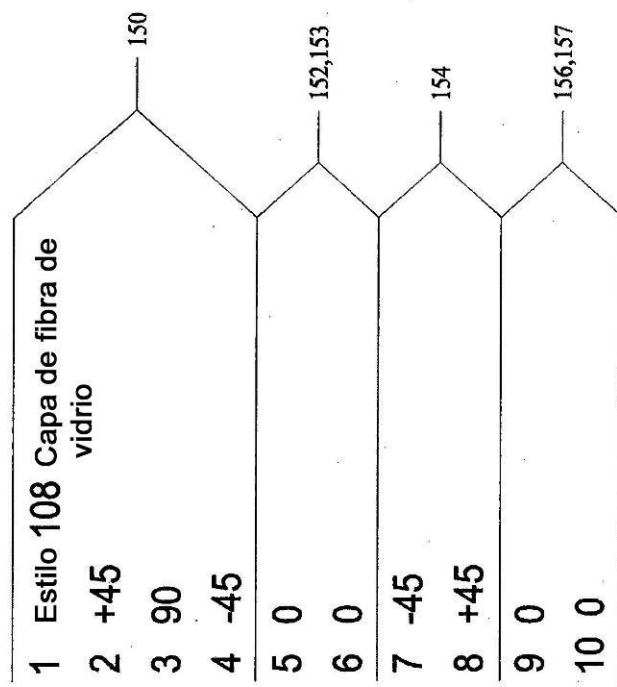


FIG. 6

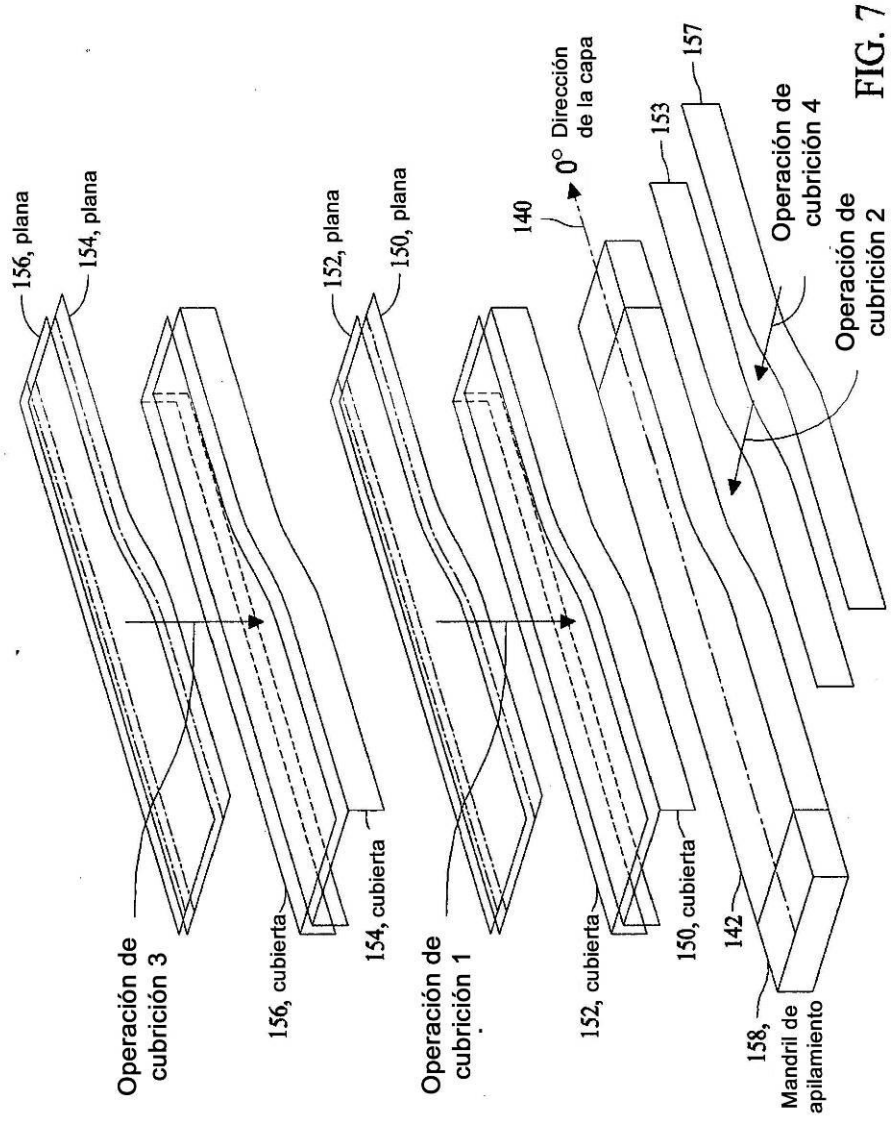


FIG. 7