

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 788**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/44** (2006.01)

**B29C 70/54** (2006.01)

**B64C 1/06** (2006.01)

**B29D 99/00** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.09.2010 E 10176419 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2012 EP 2295228**

54 Título: **Método de fabricación de una cuaderna de fuselaje de material compuesto**

30 Prioridad:

**15.09.2009 IT TO20090701**

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

**12.04.2013**

73 Titular/es:

**ALENIA AERMACCHI S.P.A. (100.0%)**

**Via Ing. Paolo Foresio 1**

**21040 Venegono Superiore (VA), IT**

72 Inventor/es:

**INSERRA IMPARATO, SABATO;**

**AVAGLIANO, LUIGI y**

**DE LUCA, DIEGO**

74 Agente/Representante:

**PÉREZ BARQUÍN, Eliana**

**ES 2 400 788 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**

Método de fabricación de una cuaderna de fuselaje de material compuesto

5 La presente invención se refiere a un método de fabricación de una cuaderna de fuselaje de material compuesto.

10 Son conocidas las cuadernas de fuselaje creadas por elementos estructurales arqueados con una longitud de circunferencia de hasta 6 metros, hechas ventajosamente de material compuesto para optimizar la relación rigidez/peso. Las cuadernas deben resistir el "esfuerzo circunferencial", esto es, impedir que el fuselaje se expanda como resultado del diferencial de presión con el exterior que se produce durante el vuelo. En algunas aplicaciones, las cuadernas de fuselaje deben tener forma de Z en sección transversal.

15 Para aumentar la eficiencia estructural de estos miembros, la dirección de algunas de las fibras de refuerzo, que pueden ser de carbono, fibra de vidrio o similar, debe encontrarse en la misma dirección arqueada o circunferencial que el miembro estructural.

20 Este requisito no se puede satisfacer usando materiales compuestos tradicionales preimpregnados a través de procesos convencionales, siendo el problema que estos materiales se producen a partir de remolques de fibras, telas o cintas unidireccionales rectos impregnados en película de resina en un proceso continuo. A causa de la naturaleza continua de estos materiales, no se pueden usar procesos convencionales de tendido manuales o automáticos cuando las fibras de refuerzo están en una disposición arqueada, porque si se deforman los materiales compuestos preimpregnados (prepegs) tradicionales con fibras rectas en un intento de dar al miembro una forma arqueada, se forman inevitablemente arrugas en las fibras situadas donde el radio del pando o la curva es menor.

25 Para superar los límites impuestos por la preimpregnación y hacer componentes estructurales arqueados, se han desarrollado una variedad de métodos, tal como se describe en los documentos WO 2009/037647 A y US 2007/029038 A, pero tienen diversos inconvenientes. En particular, se han desarrollado procesos que hacen posible montar capas de refuerzo con fibras arqueadas, tales como capas planarias curvas trenzadas y telas espirales, que solucionan en parte el problema. Sin embargo, estos miembros planarios deben estar formados dentro de la geometría del componente que se desea producir (por ejemplo, cuadernas de sección en C o ligaduras de cizallamiento de sección en L), antes de ser impregnados con resina. La conformación de estas telas es crítica, porque las fibras no impregnadas se desvían fácilmente de la dirección original, terminando en posiciones impredecibles inconsistentes con el diseño. Para superar este problema, se ha desarrollado una tecnología en base a una técnica especial de conformación de tejidos conocida como *sobretrenzado*. En esta técnica, la fibra de refuerzo es tejida por máquinas especiales en un mandril temporal de soporte que tiene la misma forma arqueada que el componente que se va a producir, siendo su sección transversal adecuada para convertirse, mediante un solo corte longitudinal, en la sección transversal del componente que se desea producir.

40 Sin embargo, incluso la tecnología de sobretrenzado tiene algunas limitaciones significativas. Específicamente:

45 - Las fibras de refuerzo no se pueden orientar en todas direcciones, como sería deseable para aumentar el rendimiento estructural, sino sólo dentro de una gama muy restringida, normalmente en la gama de aproximadamente +70° a -70° con respecto a la dirección longitudinal del miembro terminado. No es por tanto posible cargar fibras a 90° (con respecto a la dirección longitudinal del miembro), que son típicas del tendido de componentes estructurales de un material compuesto.

50 - La fragilidad de las preformas significa que, desde el momento de la formación de tejido hasta el momento de uso, las realizaciones deben estar soportadas por los mandriles auxiliares de formación de tejido, creando problemas de costes y logística de transporte y de almacenamiento. Se requiere también un gran número de caros mandriles de soporte.

55 - Las secciones transversales que se pueden conseguir con el proceso de sobretrenzado están limitadas a las que se pueden derivar de una sección transversal cerrada de tipo C. Otras secciones transversales son difíciles de producir y tienen problemas de calidad: la orientación de la fibra no es como se pretendía, arrugas, etc.

- Las secciones transversales que se pueden conseguir con el proceso de sobretrenzado están limitadas a las de grosor constante y no se pueden variar con respecto a la sección transversal del miembro.

60 - El proceso de infundir la preforma de refuerzo con resina es muy complicado y limita los tipos de resina que se pueden usar.

65 Otro método, discutido en el documento WO 2009/016552 A a nombre del presente solicitante, está basado en infusión previa de resina de capas planarias de refuerzos trenzados con fibras que están ya arqueadas, con un radio constante que interpola el del componente que se va a producir, el cual es generalmente de radio variable. Este proceso supera ciertas limitaciones del proceso previo porque es posible variar el grosor en la sección transversal y no requiere mandriles de formación de tela, pero es adecuado para componentes en los que las variaciones locales

de radio no son superiores al 5-10% del radio de los miembros planarios, ya que, de otro modo, se formarían arrugas inaceptables cuando se conformaran para dar la forma final del componente.

5 Es un objeto de la invención fabricar cuadernas que comprenden fibras de refuerzo orientadas circunferencialmente en el alma de la cuaderna y que usan cintas unidireccionales de material compuesto preimpregnado, evitando la formación de arrugas. Las cintas unidireccionales de material compuesto preimpregnado son ventajosas porque son materiales estandarizados de los que se conocen sus propiedades de resistencia estructural de manera precisa y que no tienen los inconvenientes indicados anteriormente. Su uso permite también una gran libertad en la selección de las posiciones de los dobladores. Otro objeto de la invención es proporcionar un método que es especialmente ventajoso para fabricar cuadernas de sección en Z.

Estos y otros objetos y ventajas, que se entenderán más claramente de aquí en adelante, se consiguen por la presente invención mediante un método de fabricación como se define en las reivindicaciones que se acompañan.

15 Se describirá ahora una realización preferida pero no limitante de la invención. Se hace referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 es un corte transversal de un miembro estructural para formar una cuaderna de fuselaje;

20 la figura 2 es un corte transversal a través del miembro mostrado en la figura 1;

la figura 3 es un corte transversal esquemático a través de las partes componentes del miembro mostrado en la figura 1;

25 las figuras 4A-4B y 5A-5C muestran esquemáticamente ciertos pasos en la formación de un estratificado que contiene el miembro estructural mostrado en la figura 1;

la figura 6 es una vista esquemática en perspectiva de parte de un miembro dispuesto en una herramienta de formación;

30 la figura 7 es una vista esquemática de un paso de conformación del método de acuerdo con la invención; y

la figura 8 es una vista esquemática en perspectiva, parcialmente en corte, de parte de la herramienta mostrada en la figura 6 durante un paso del método que viene después del mostrado en la figura 6.

35 Haciendo referencia inicialmente a las figuras 1 y 2, el número de referencia 10 designa en general un miembro estructural arqueado de sección transversal llamada en Z para la construcción de una cuaderna, una parte de rigidización del fuselaje de un avión. El miembro 10 tiene un alma 11 que se encuentra en un plano radial, una brida radialmente exterior 12 y una brida radialmente interior 13, formando estas dos últimas dos superficies cilíndricas coaxiales. La referencia 14 indica un engrosamiento local o "doblador", que se extiende en una dirección circunferencial, en ángulo recto con el plano del dibujo cuando se observa la figura 2.

45 El miembro acabado 10, como se ilustra en la figura 1, comprende una serie de cavidades o aberturas redondeadas periféricas 15 espaciadas circunferencialmente. Las cavidades 15 alojan los rigidizadores longitudinales paralelos conocidos como "larguerillos" (no mostrados) que se encuentran en la superficie interior del revestimiento de fuselaje y que se orientan en ángulo recto con el plano del dibujo de la figura 1.

50 La figura 3 muestra esquemáticamente las porciones o "cargas" que crean el miembro 10; únicamente a modo de ilustración, las cargas se muestran separadas unas de otras. Una primera carga con forma de Z se indica con el 20. Esta primera carga constituye ese lado del miembro o "cuaderna" que será más tarde situado contra el mandril de formación durante la fase de curado en el autoclave. La primera carga es una estratificación de capas o mantos de cintas unidireccionales de material compuesto preimpregnado con fibras de carbono orientadas, de una manera de por sí conocida, a 45°, -45°, 90°, -45° y 45° con respecto a la dirección circunferencial o longitudinal en la que se extiende el miembro 10.

55 La primera carga 20 (figura 4A) se forma partiendo de una lámina arqueada plana 20' que se coloca en una superficie planaria radial F de un mandril alargado y arqueado M1 de formación. La superficie planaria F forma un borde angular D con una superficie cilíndrica convexa S descrita aquí como "radialmente exterior" de dicho mandril M1. El mandril está asociado a una lámpara L de infrarrojos. Se imparte un primer pando 21a para identificar una brida exterior 22, dando como resultado una sección en L (figuras 4A-4B); la carga se coloca entonces en un mandril M2 en el que la brida interior 23 se forma por pando, otorgando la forma de Z (figuras 5A-5C). La referencia 21 indica la porción radial que contribuye a formar el alma del miembro 10.

65 Se observará que el pando de la brida exterior reduce el diámetro porque el borde 24 se desplaza desde una circunferencia inicial que está radialmente más fuera, en la condición plana inicial (figura 4A), hasta una circunferencia final que está radialmente más dentro, en la condición de brida pandeada (figura 4B). Para evitar la

formación de arrugas resultante de esta operación de pandeo, la herramienta de formación está asociada a una pluralidad de formaciones P de promontorio (sólo una de estas formaciones se muestra en las figuras 6 y 7). Éstas se propagan radialmente hacia fuera con respecto a la superficie cilíndrica exterior S del mandril M1. Cada formación P comprende un cuerpo C en forma de cúpula con una nervadura o pared vertical N orientada radialmente que conecta con la cúpula C a la superficie cilíndrica exterior S del mandril.

Como se ilustra en la figura 7, el pandeo se hace usando una membrana elastómera E sellada herméticamente a una base B de manera tal que cubra el mandril M1, la carga 20' que se va a pandear y las formaciones P de promontorio. La carga 20' se calienta con la lámpara de infrarrojos y se aplica un vacío entre la membrana E y la base B. El vacío tira de la membrana hacia abajo sobre el mandril y sobre la carga de material compuesto. La parte 20" de la carga que se proyecta más allá del borde angular D es la que está destinada a formar la brida 22. Esta parte saliente 20", pandeada mediante la membrana, entra en contacto con y copia la forma cilíndrica de la superficie cilíndrica S del mandril en las áreas intermedias entre los promontorios. Por otra parte, cerca de los promontorios, donde se formarán las cavidades periféricas 15, las cúpulas y nervaduras impiden que la membrana se mueva inmediatamente hacia la superficie S del mandril. El contacto de la membrana en las áreas cercanas a las nervaduras N se produce cuando la brida exterior 22 está ya adyacente a la superficie S y ha copiado su forma correctamente. En otras palabras, la membrana se detiene poco antes del mandril en las áreas cerca de los promontorios, o contacta con la superficie S en un punto posterior, siendo soportada por los promontorios salientes, particularmente por las nervaduras N.

Como resultado de esta configuración, las arrugas que se producirían por la reducción del radio son guiadas o forzadas a formarse en el área de los promontorios. Se cortan entonces esas porciones de la brida que se encuentran a horcajadas en los promontorios, para formar las cavidades periféricas 15. De este modo, la brida exterior 22 consiste en una serie de tramos en forma de segmentos cilíndricos libres de arrugas interrumpidos por las cavidades 15.

No hay problema de arrugas cuando se pandea la brida radialmente interior 23, porque esto implica aumentar el diámetro, y, por consiguiente, introduce un esfuerzo de tracción. El borde radialmente interior 25 se desplaza desde una circunferencia inicial que está radialmente más dentro, en la condición plana inicial (figuras 5A y 5B), hasta una circunferencia final que está radialmente más fuera, en la condición en la que la brida interior 23 está pandeada (figura 5C) contra la pared cilíndrica cóncava T radialmente interior del mandril M2. Por lo tanto, esta operación no requiere ni el uso de las formaciones de promontorio ni hacer cavidades en la periferia interior del miembro.

Una vez que la primera carga Z se ha formado, las capas o mantos intermedios 31, 32, 33, cuyas fibras curvas de refuerzo están orientadas circunferencialmente (o a 0°), se encuentran en posición. El uso de las cintas de material compuesto preimpregnado no crea ningún problema al formar las bridas 32 y 33 de la sección transversal en Z, donde las cintas se encuentran sobre superficies cilíndricas, en las bridas 22 y 23, respectivamente, de la primera carga 20. Para formar las capas 31 del alma, tiras 31a de material compuesto preimpregnado, orientadas circunferencialmente y que se encuentran en la superficie radial de la porción 21 de alma de la primera carga 20, se tienden cuidadosamente en un diseño en forma de arcoíris. Pruebas experimentales realizadas por el solicitante han mostrado que la formación de las capas 31 de alma no produce arrugas en la parte radialmente interior de cada tira 31a si se usan tiras de material compuesto preimpregnado que no sean más anchas de 12 mm en dirección radial. Estas tiras se pueden tender en grupos de ocho, lado con lado en la dirección axial, por medio de una máquina de colocación de fibras de tipo conocido.

Dependiendo de los requisitos del diseño, se proporcionan dobladores 40 (la figura 3), después de lo cual se forma la segunda carga 50 en Z en un mandril separado (no mostrado), siguiendo los mismos pasos que los descritos anteriormente en relación con la formación de la primera carga 20. En pocas palabras, comenzando con un estratificado arqueado plano, las bridas exterior 52 e interior 53 se pandean usando un mandril que tiene una serie de formaciones radialmente exteriores de promontorio para impedir las arrugas en el área de la brida exterior, en gran medida de la misma manera que fue descrita anteriormente en relación con la brida 22.

La segunda carga 50 es ese lado del miembro 10 que estará hacia la bolsa de vacío durante el subsiguiente paso de curado en el autoclave. Como la primera carga 11, la segunda carga 50 comprende preferiblemente una estratificación de capas de cintas unidireccionales de material compuesto preimpregnado combinadas juntas y orientadas por ejemplo a 45°, -45°, 90°, -45° y 45°.

Una vez que el tendido de las cargas está completado, el proceso se continúa mediante el uso de una bolsa de vacío, usando equipo que es conocido en el sector, tal como una película separadora, una tela de ventilación, o una película de bolsa sellada sobre los bordes de la herramienta de curado, y poniendo válvulas de vacío a esta película de bolsa. Finalmente, el miembro se cura y compacta al realizar un ciclo combinado de presión y temperatura para compactar las capas y activar el curado de la resina. En algunas aplicaciones, el vacío y la temperatura solas son suficientes para compactar y curar el miembro.

No se pretende que la invención esté limitada a la realización descrita e ilustrada anteriormente; por el contrario, la invención se puede modificar en términos de forma y dimensiones, disposiciones de partes y detalles de diseño. Por

ejemplo, la invención es igualmente aplicable para miembros estructurales de fabricación que tienen secciones transversales de formas distintas a una Z, en particular secciones transversales en C, L, T, etc.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un método de fabricación de un miembro estructural arqueado de una cuaderna de fuselaje de material compuesto usando cintas de fibras unidireccionales preimpregnadas de resina, incluyendo el miembro (10) un alma (11) que se encuentra en un plano radial y al menos una brida cilíndrica (12) radialmente exterior, en el que el método incluye los pasos de:
- 10 proporcionar un mandril alargado arqueado (M1) de formación que tiene una superficie radial plana (F) que forma un borde angular (D) con una superficie cilíndrica convexa (S) radialmente exterior;
- 15 proporcionar una pluralidad de formaciones (P) en forma de promontorio que se propagan hacia fuera con respecto a la superficie cilíndrica (S);
- tender en el mandril (M1) de formación una pluralidad de capas de material compuesto preimpregnado de modo que se forme, al menos, un primer estratificado arqueado plano (20'), con una parte (20'') del estratificado proyectándose radialmente hacia fuera más allá del borde angular (D);
- 20 cubrir el mandril (M1), el estatificado (20') y las formaciones (P) de promontorio con una membrana (E);
- 25 aplicar un vacío debajo de la membrana, haciendo que la membrana impulse la parte saliente (20'') del estratificado contra la superficie cilíndrica (S) y contra las formaciones (P) de promontorio, por lo que la parte saliente, pandeada por la membrana, copia parcialmente la forma de la superficie cilíndrica (S) del mandril en las áreas intermedias entre los promontorios, a la vez que éstos impiden o retardan el contacto de la parte saliente (20'') con la superficie cilíndrica (S) cerca de los promontorios;
- 30 quitar porciones discretas de la parte saliente (20'') cerca de las formaciones de promontorio, obteniendo cavidades periféricas (15) separadas unas de otras por tramos (22) de brida en forma de segmentos cilíndricos.
- 35 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer estratificado comprende una porción (21) de alma formada por capas que tienen fibras orientadas en ángulos diferentes de 0° con respecto a la dirección circunferencial en la que se extiende el miembro arqueado (10), caracterizado porque el método incluye el paso de tender, en la porción (21) de alma, una pluralidad de capas de material compuesto preimpregnado creado por tiras (31a) con fibras curvas de refuerzo orientadas circunferencialmente, teniendo cada tira (31a) una anchura que no excede de aproximadamente 12 mm al ser medida en la dirección radial.
- 40 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque las tiras (31a) se tienden en pilas, lado con lado en dirección axial.
- 45 4. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque cada formación (P) de promontorio incluye un cuerpo (C) en forma de cúpula.
- 50 5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque cada cuerpo (C) en forma de cúpula se conecta a la superficie cilíndrica exterior (S) del mandril mediante una pared o nervadura (N) orientada radialmente para soportar la membrana (E) durante el paso de vacío.
6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque la pared (N) de conexión es vertical.
7. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el miembro estructural arqueado (10) tiene una sección transversal en forma de Z con un alma (11) que se encuentra en un plano radial, una brida radialmente exterior (12) y una brida radialmente interior (13), formando estas dos últimas bridas dos superficies cilíndricas coaxiales.

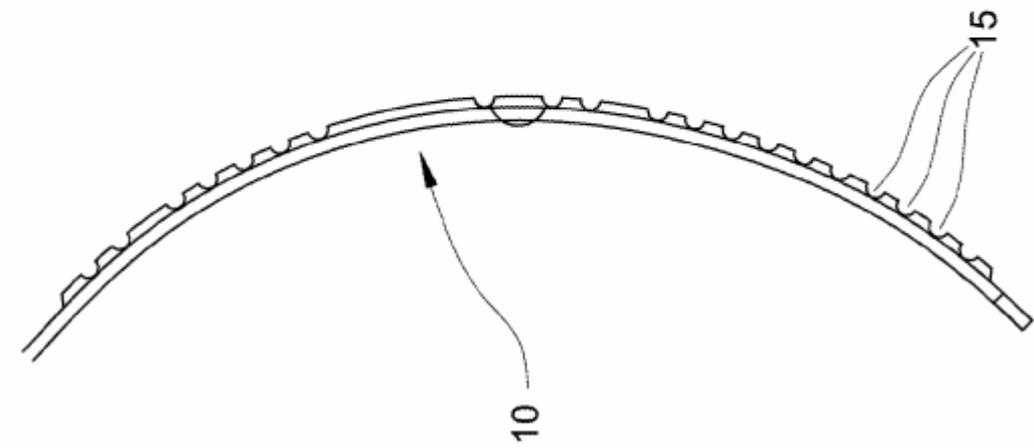


FIG.1

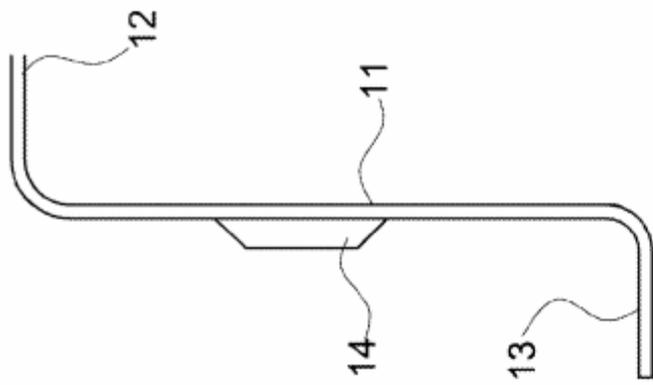


FIG.2

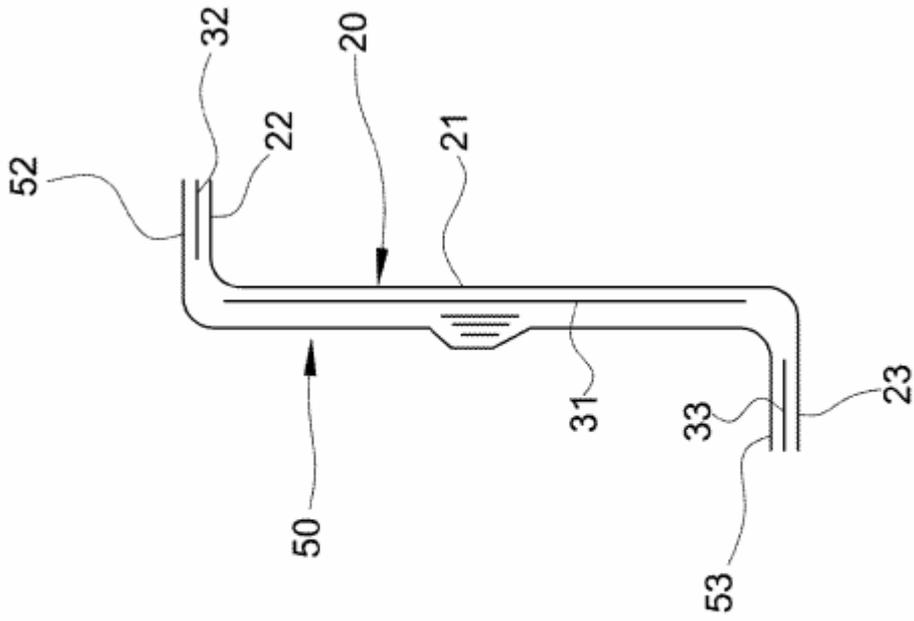


FIG.3



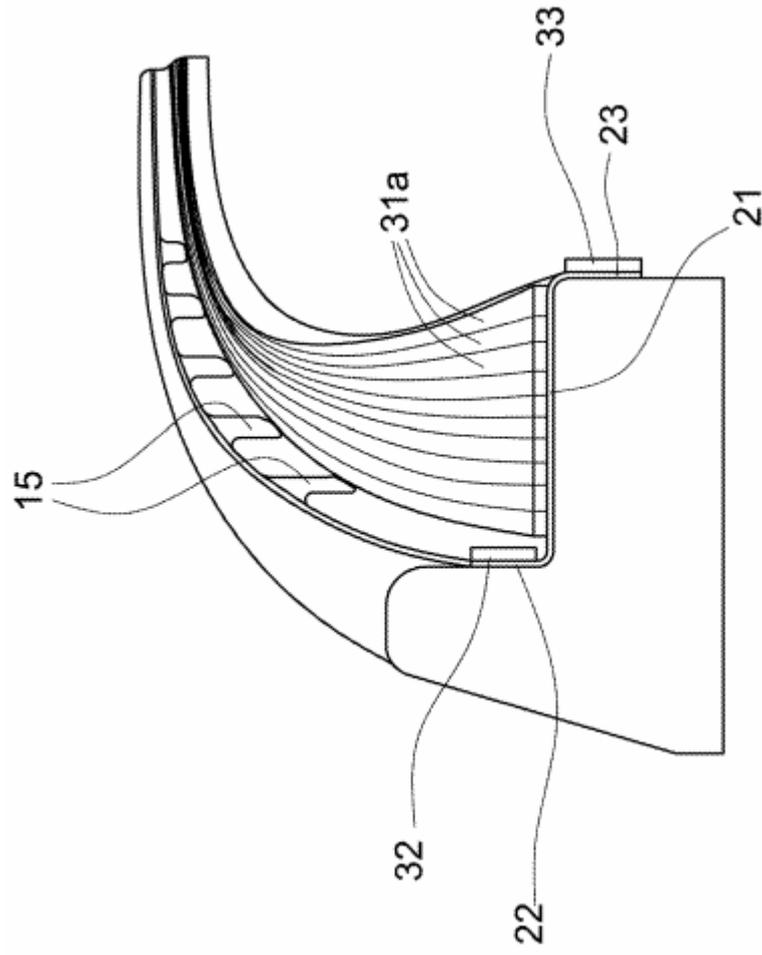


FIG.8