

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 118**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.05.2012** E 12382190 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018** EP 2527130

54 Título: **Método de apilado para componentes no planos de material compuesto**

30 Prioridad:

**27.05.2011 ES 201130883**

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

**07.12.2018**

73 Titular/es:

**AIRBUS OPERATIONS, S.L. (100.0%)  
Avenida John Lennon s/nº  
28906 Getafe (Madrid), ES**

72 Inventor/es:

**LOZANO SEVILLA, ALBERTO;  
GRANADO MACARRILLA, JOSÉ ORENCIO;  
MARTÍNEZ VALDEGRAMA, VICENTE y  
BURGOS GALLEGO, RAÚL**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 693 118 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 apilado para componentes no planos de material compuesto

**Campo de la invención**

5 Esta invención se refiere a la fabricación de componentes de materiales compuestos y más en particular a la fabricación de componentes no planos de materiales compuestos tales como el revestimiento del cajón de torsión de un ala de aeronave utilizando una máquina de Apilado Automático de Cinta.

**Antecedentes de la invención**

En la industria aeronáutica y así mismo en otras industrias son bien conocidos procesos de fabricación de componentes que comprenden una etapa de apilado en la que se colocan capas de un material compuesto en un formato de rollo en un molde de forma apropiada y una etapa de curado.

10 Los materiales compuestos más utilizados en la industria aeronáutica son los consistentes en fibras o haces de fibra embebidos en una matriz de resina termoestable o termoplástica, en forma de material preimpregnado ó "prepeg". Sus principales ventajas se refieren a:

- Su elevada resistencia específica respecto a los materiales metálicos. Se trata de la ecuación resistencia/peso.
- Su excelente comportamiento ante cargas de fatiga.

15 - Las posibilidades de optimización estructural debidas a la anisotropía del material y la posibilidad de combinar fibras con diferentes orientaciones, permitiendo el diseño de elementos con diferentes propiedades mecánicas, ajustadas a las diferentes necesidades en términos de cargas aplicadas.

20 Las capas de material compuesto no se colocan aleatoriamente sino que se disponen en cada zona en un número y con una orientación de su refuerzo fibroso, típicamente de fibra de carbono, determinados en función de la naturaleza y la magnitud de los esfuerzos que vaya a soportar la pieza en cada zona. Cada zona tiene pues una estructura propia de la disposición o apilado de las capas. La diferencia en espesor entre las diferentes zonas genera caídas en las capas, lo que requiere disponer de un modelo de telas para cada pieza que establezca claramente como debe llevarse a cabo su disposición sobre el molde durante el proceso de apilamiento.

25 La etapa de apilado se lleva a cabo normalmente usando máquinas de apilado automático de cintas (en adelante máquinas ATL) para apilar cintas unidireccionales (UD) o cintas de telas. Las cintas se colocan directamente sobre un molde siguiendo la forma del componente con sus fibras de refuerzo en la orientación establecida por el diseñador. Para ello se deben proporcionar a la máquina ATL las trayectorias a seguir para apilar las cintas de material compuesto (por lo general de un prepeg de CFRP).

30 Las trayectorias de las cintas en la dirección de 0° en una superficie curvada deberán seguir deseablemente un "camino natural", entendiéndose por tal un camino en el que la cinta, cuando se está apilando, recorre la superficie curvada sin estiramientos ni arrugas.

La determinación de dicho "camino natural" para superficies no planas es, sin embargo, difícil.

35 En un primer enfoque, se ha propuesto determinar las trayectorias de las cintas en la dirección de 0° como curvas geodésicas (es decir, curvas que son localmente rectas con respecto a la superficie debido a que su curvatura geodésica es igual a cero en cada punto), pero se ha observado que estas trayectorias generan unas distancias excesivas entre cintas adyacentes con las dimensiones usadas generalmente en la industria.

40 US 2006/0073309 describe un método para calcular las trayectorias de las cintas en la dirección de 0° que evitan dichas distancias excesivas y también la producción de arrugas en la cinta como unas trayectorias definidas por una pluralidad de segmentos de "camino natural", definiendo cada uno de ellos un ángulo no-natural en relación a los segmentos adyacentes del recorrido para que el borde transversal de cada cinta quede dispuesto dentro de un rango predeterminado de distancia de desplazamiento respecto a una cinta adyacente. La implementación de este método para grandes piezas de material compuesto de una geometría compleja, como los revestimientos de alas de aeronaves de doble curvatura, implica problemas computacionales y no asegura la ausencia de arrugas.

45 Sería por tanto deseable un método de apilado en el que dichas deseadas trayectorias puedan ser calculadas y proporcionadas a la máquina ATL fácilmente.

**Sumario de la invención**

50 Es un objeto de la presente invención proporcionar un método de apilado de las cintas de material compuesto preimpregnado en la dirección de 0° de un componente no plano de material compuesto en un molde apropiado utilizando una máquina ATL determinando las trayectorias de dichas cintas de modo que puedan ser apiladas por la máquina ATL sin producir arrugas.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método de apilado de las cintas de material compuesto preimpregnado en la dirección de  $0^\circ$  de un componente no plano de material compuesto en un molde apropiado utilizando una máquina ATL en el que las trayectorias de dichas cintas pueden ser fácilmente calculadas.

5 Es otro objeto de la presente invención proporcionar un componente no-plano de material compuesto con las cintas del material compuesto debidamente apiladas para evitar defectos tales como arrugas, distancias excesivas entre cintas contiguas y solapamientos entre cintas contiguas.

En un aspecto, esos y otros objetos se consiguen con un método de apilado de las cintas de material compuesto preimpregnado en la dirección de  $0^\circ$  de un componente no plano de material compuesto en un molde apropiado utilizando una máquina ATL según la reivindicación 1 y que comprende pasos de:

10 a) determinar las trayectorias de dichas cintas como trayectorias modificadas de trayectorias geodésicas cumpliendo las siguientes condiciones en sus proyecciones en un plano horizontal:

- que el radio de curvatura  $R_2$  de sus segmentos curvos sea mayor que un valor predeterminado  $R_{\min}$  de 400mm para una cinta de un ancho de 300mm;

15 - que la distancia  $G_{2p}$  entre dos cintas contiguas esté comprendida entre 0 y un valor predeterminado  $G_{\max}$  de 3,5 mm;

con los siguientes sub-pasos:

a1) proyectar las trayectorias geodésicas correspondientes a dichas cintas en un plano horizontal;

a2) modificar las trayectorias proyectadas horizontalmente para el cumplimiento de las condiciones antes mencionadas;

20 a3) obtener las trayectorias modificadas en las correspondientes superficies de apilado por medio de la intersección de dichas superficies con un plano vertical por las trayectorias horizontales modificadas;

b) proporcionar dichas trayectorias modificadas a dicha máquina ATL.

Se proporciona, por lo tanto, un método que puede ser implementado utilizando medios hardware y software que están normalmente disponibles en los procesos de apilado utilizando una máquina ATL.

25 Como se ha indicado previamente, dicho valor predeterminado  $R_{\min}$  es de 400mm para una cinta de un ancho de 300mm y dicho valor predeterminado  $G_{\max}$  es de 3,5mm. Se proporciona, por lo tanto, un método donde las trayectorias en la dirección de  $0^\circ$  cumplan con los requisitos de calidad.

30 En realizaciones de la presente invención, dicho componente es el revestimiento de un ala de aeronave. Se proporciona, por lo tanto, un método para el apilado de las cintas en la dirección de  $0^\circ$  en un componente grande y de geometría compleja que permite un proceso de apilado automatizado.

En otro aspecto, los objetos antes mencionados se consiguen con un componente no plano de material compuesto según la reivindicación 3.

Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la siguiente descripción detallada de una realización ilustrativa y no limitativa de su objeto en relación con las figuras que se acompañan.

### 35 **Breve descripción de las figuras**

La Figura 1 muestra una vista esquemática en planta de un revestimiento de un ala de aeronave.

La Figura 2 muestra una sección transversal típica de una zona de dicho revestimiento.

La Figura 3a muestra esquemáticamente la proyección sobre un plano horizontal de una zona de dicho revestimiento con tres cintas adyacentes dispuestas siguientes trayectorias geodésicas conocidas.

40 La Figura 3b muestra esquemáticamente secciones transversales de la Figura 3a por los planos A-A y B-B.

La Figura 4a muestra esquemáticamente la proyección sobre un plano horizontal de una zona de dicho revestimiento, con tres cintas adyacentes dispuestos siguiendo trayectorias determinadas de acuerdo con esta invención.

La Figura 4b muestra esquemáticamente secciones transversales de la Figura 4a por los planos A-A y B-B.

### 45 **Descripción detallada de la invención**

En la técnica anterior son bien conocidos procedimientos automatizados para la etapa de apilado de los métodos de fabricación de componentes de material compuesto. Las máquinas ATL tienen un mecanismo de cabezal móvil para

la colocación de cintas montado entre guías paralelas que puede ser movido a lo largo de múltiples ejes para colocar una cinta de prepeg sobre moldes de una pluralidad de formas. La cinta de prepeg, proporcionada habitualmente en formato de rollo grande, comprende material compuesto sin curar sobre un papel soporte que se retira cuando la cinta se coloca sobre el molde.

5 Cuando se apila un componente específico las cintas se apilan moviendo el mecanismo de cabezal de la máquina ATL para colocar las cintas a lo largo de trayectorias determinadas teniendo en cuenta la geometría de la superficie y un conjunto adecuado de instrucciones. Estas trayectorias se pueden proporcionar a la máquina ATL en un formato predeterminado o pueden ser generadas utilizando medios de proceso disponibles en la máquina ATL.

10 A continuación se describe la determinación de las trayectorias de las cintas en la dirección de  $0^\circ$  de acuerdo con esta invención para un revestimiento 11 de un cajón de torsión de un ala de aeronave que se representa en la Figura 1. La dirección de  $0^\circ$  está indicada por la línea 13. La Figura 2 muestra una sección transversal de una zona 15 de dicho revestimiento 11 con una diferencia significativa entre la longitud  $L$  de la curva 17 del revestimiento 11 en dicha sección transversal y la distancia  $D$  de una proyección de dicha curva 17 en un plano horizontal. En cada zona del revestimiento 11, la relación  $D/L$  es variable.

15 El punto de partida son las trayectorias proporcionadas por los medios computacionales de las máquinas ATL utilizadas actualmente (basadas típicamente en trayectorias geodésicas).

La Figura 3a muestra dichas trayectorias de partida para tres cintas 21, 23, 25 dispuestas sobre dicha zona 15 de la superficie de apilado del revestimiento proyectadas sobre el plano del suelo (un plano horizontal). La Figura 3b muestra secciones transversales de dicha zona 15 por el plano A-A (con un alto ratio  $D/L$ ) y por el plano B-B (con un ratio más bajo  $D/L$ ).

20 Las trayectorias de partida proyectadas sobre el plano del suelo (Figura 3a) son trayectorias paralelas con una distancia constante  $G_{1p}$  entre las cintas 21, 23, 25 y tienen un cierto radio de curvatura  $R_1$  en las secciones del revestimiento con un menor ratio  $D/L$ . En la superficie de apilado (Figura 3b) la distancia  $G_{1s}$  entre las cintas 21, 23, 25 en la sección transversal A-A y entre las cintas 21, 23, 25 en la sección transversal B-B son variables dentro de unos límites predeterminados. Si estos límites causan que dicho radio  $R_1$  sea pequeño, las cintas 21, 23, 25 se apilan con una tensión en la superficie de apilado que causa arrugas en las áreas con dicho radio de curvatura  $R_1$ . Cuanto menor sea  $R_1$  mayor es la tensión y se produce pronto una arruga. Por lo tanto  $R_1$  debe tener un valor mínimo que no puede ser superado, como ocurre en muchos casos y no sucede en el caso de grandes piezas con una curvatura compleja tales como grandes revestimientos de alas.

30 La Figura 4a muestra las trayectorias de tres cintas 21, 23, 25 dispuestas sobre dicha zona 15 de la superficie de apilado del revestimiento proyectadas sobre el plano del suelo de acuerdo con la invención y la Figura 4b muestra secciones transversales de dicha zona 15 por el plano A-A (con un alto ratio  $D/L$ ) y por el plano B-B (con un ratio más bajo  $D/L$ ).

35 Las trayectorias proyectadas sobre el plano del suelo (Figura 4a) son trayectorias no paralelas con una distancia variable  $G_{2p}$  entre las cintas 21, 23, 25 y tienen un radio de curvatura  $R_2 > R_1$  en las secciones del revestimiento con una menor relación  $D/L$  de manera que las cintas 21, 23, 25 se apilan sobre la superficie de apilado con una tensión baja que evita las arrugas.

40 En la superficie de apilado (Figura 4b), la distancia  $G_{2s}$  entre las cintas 21, 23, 25 en la sección transversal A-A son similares al caso anterior, pero en la sección transversal B-B la distancia  $G_{2s}$  es más grande. Por lo tanto, se acepta que las distancias las cintas  $G_{2s}$  puedan ser mayores en las zonas con un menor ratio  $D/L$ , no excediendo en ningún caso un valor predeterminado  $G_{max}$ .

Un procedimiento operativo para la determinación de las trayectorias comprende los siguientes pasos:

45 a) modificar las proyecciones de las trayectorias de partida en el plano del suelo para que sus segmentos curvos tengan un radio de curvatura  $R_2$  mayor que un determinado radio mínimo  $R_{min}$  y que la distancia  $G_{2p}$  esté comprendida entre 0 y un valor máximo predeterminado  $G_{max}$ ;

b) obtener las trayectorias en las superficies de apilado correspondientes por medio de una intersección de dichas superficies con un plano vertical por dichas trayectorias modificadas.

De acuerdo con los datos experimentales obtenidos por los inventores, se han obtenido buenos resultados con los siguientes valores de los parámetros mencionados anteriormente:

50  $R_{min} = 400$  mm para una cinta de un ancho de 300 mm.

$G_{max} = 3,5$  mm.

También se ha observado que si en una trayectoria de una cinta en la dirección de  $0^\circ$  la diferencia de longitud entre los dos bordes de la cinta en una zona determinada es superior a 2,5 mm, aparece una arruga. En las trayectorias de acuerdo con la presente invención dicha diferencia de longitud no es superior a 2,5 mm.

Aunque la presente invención se ha descrito enteramente en conexión con realizaciones preferidas, es evidente que se pueden introducir aquellas modificaciones dentro de su alcance, no considerando éste como limitado por las anteriores realizaciones, sino por el contenido de las reivindicaciones siguientes.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un método de apilado de las cintas de material compuesto preimpregnado en la dirección de  $0^\circ$  de un componente no plano de material compuesto en un molde apropiado utilizando una máquina de Apilado Automático de Cinta que comprende pasos de:
- 5 a) determinar las trayectorias de dichas cintas como trayectorias modificadas de trayectorias geodésicas cumpliendo las siguientes condiciones en sus proyecciones en un plano horizontal:
- que el radio de curvatura  $R_2$  de sus segmentos curvos sea mayor que un valor predeterminado  $R_{\min}$  de 400mm para una cinta de un ancho de 300mm;
  - que la distancia  $G_{2p}$  entre dos cintas contiguas esté comprendida entre 0 y un valor predeterminado  $G_{\max}$  de 3,5mm;
- 10 con los siguientes sub-pasos:
- a1) proyectar las trayectorias geodésicas correspondientes a dichas cintas en un plano horizontal;
  - a2) modificar las trayectorias proyectadas horizontalmente para el cumplimiento de las condiciones antes mencionadas;
  - 15 a3) obtener las trayectorias modificadas en las correspondientes superficies de apilado por medio de la intersección de dichas superficies con un plano vertical por las trayectorias horizontales modificadas;
  - b) proporcionar dichas trayectorias modificadas a dicha máquina de Apilado Automático de Cinta.
- 2.- Un método según la reivindicación 1, en el que dicho componente es el revestimiento de un ala de aeronave.
- 3.- Un componente no plano de material compuesto obtenido por el método de la reivindicación 1 y que comprende 20 cintas de un material compuesto en la dirección de  $0^\circ$  dispuestas siguiendo trayectorias que cumplen las siguientes condiciones en sus proyecciones en un plano horizontal:
- el radio de curvatura  $R_2$  de sus segmentos curvos es mayor que un valor predeterminado  $R_{\min}$  de 400mm para una cinta de un ancho de 300mm;
  - la distancia  $G_{2p}$  entre dos cintas contiguas está comprendida entre 0 y un valor predeterminado  $G_{\max}$  de 3,5mm;
- 25 4.- Un componente no plano de material compuesto según la reivindicación 3, en el que dicho componente es el revestimiento de un ala de aeronave.

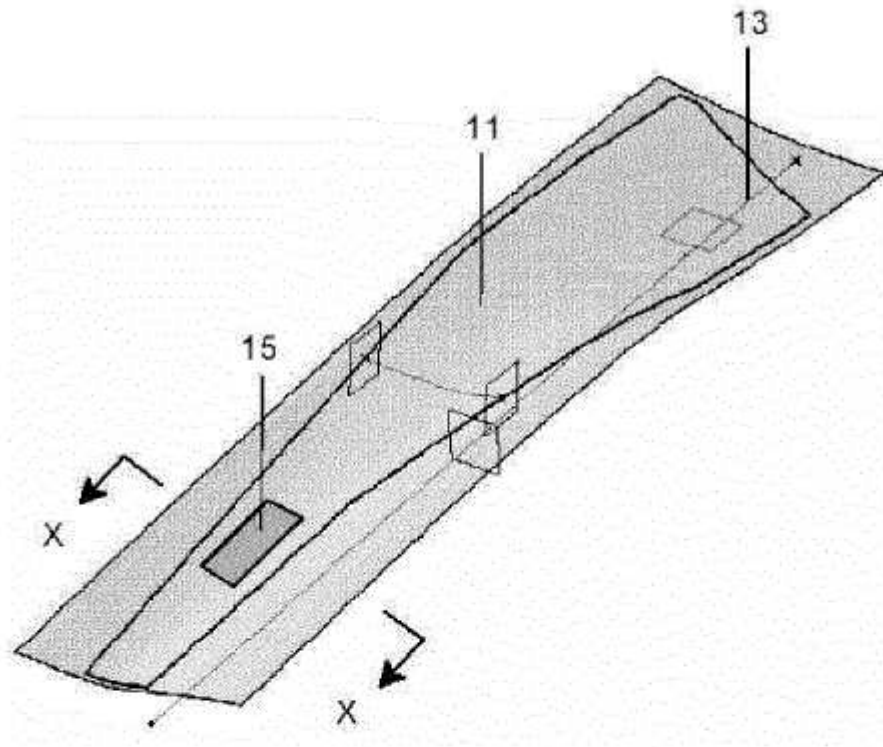


FIG. 1

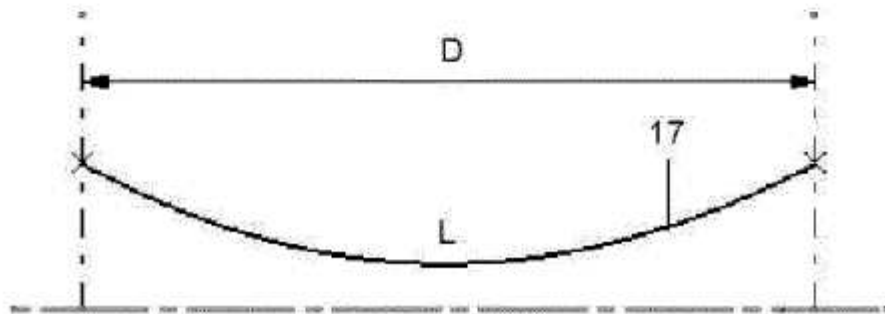


FIG. 2

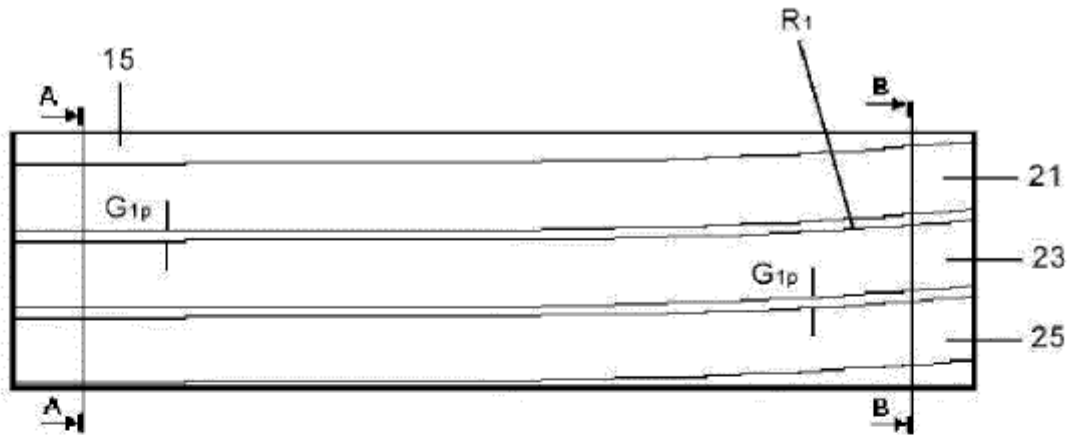


FIG. 3a

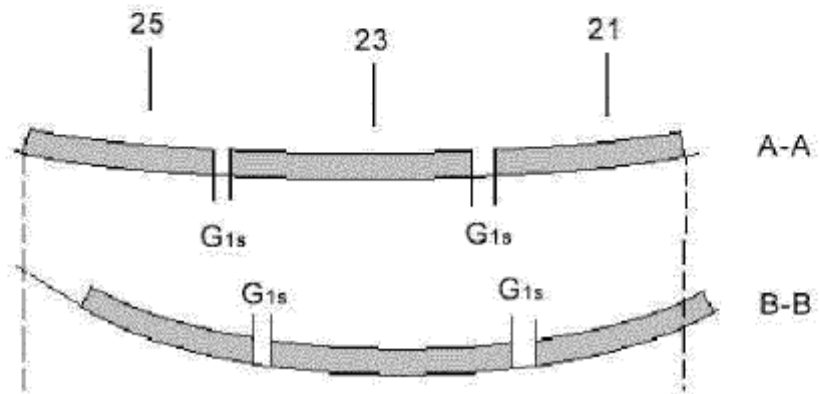


FIG. 3b



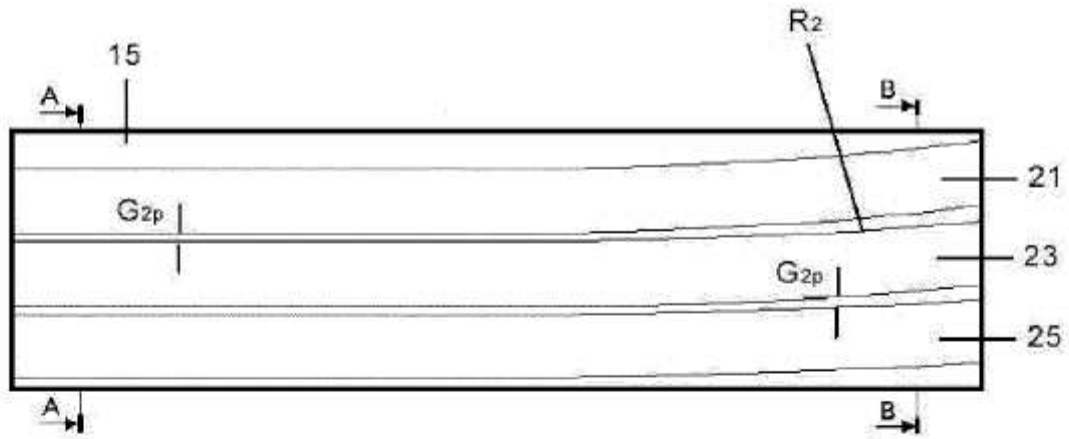


FIG. 4a

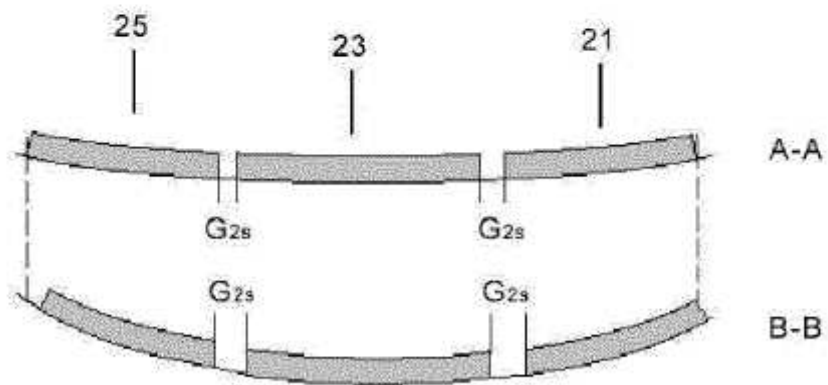


FIG. 4b