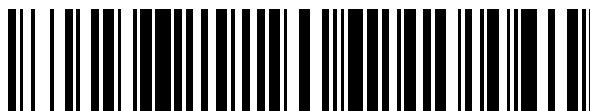


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 451 593**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/28** (2006.01)

**B32B 3/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.05.2012 E 12167449 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2013 EP 2522495**

54 Título: **Miembro estructural con reborde que tiene un borde de corte limpio, y proceso para la fabricación del mismo**

30 Prioridad:

**12.05.2011 IT TO20110421**

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

**27.03.2014**

73 Titular/es:

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

**Via Ing. Paolo Foresio 1**

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

72 Inventor/es:

**RAFFONE, MARCO;**

**IAGULLI, GIANNI;**

**DELLI CARRI, ALFONSO;**

**GROSSO, FELICE;**

**CIAVARELLA, LEONARDO;**

**DI GIACOMO, EUGENIO y**

**AMBROSINO, GIUSEPPE**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 451 593 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**

Miembro estructural con reborde que tiene un borde de corte limpio, y proceso para la fabricación del mismo

5 La presente invención se refiere a un miembro estructural compuesto de chapas de material fibroso ensambladas embebidas en una matriz resinosa y que comprende al menos una pieza estratificada formada por una pluralidad de dichas chapas dispuestas en una relación apilada, en el que dicha pieza estratificada del miembro estructural está plegada de tal modo que forme un reborde que define un ángulo interno con respecto a una porción de base de la pieza estratificada.

10 Los miembros del tipo mencionado anteriormente se utilizan, en concreto, en la industria aeronáutica como miembros de rigidización, conocidos como largueros, para paneles estructurales de material compuesto.

15 Convencionalmente, la fabricación de estos miembros requiere un proceso de conformado en caliente para crear los rebordes que necesitan tener estos miembros y un proceso de curado para consolidar el miembro fabricado con material compuesto.

20 El proceso de formación provoca que las chapas del estratificado deslicen relativamente entre sí, creando de este modo un borde escalonado indeseable del reborde del miembro estructural. Este borde escalonado se elimina habitualmente mediante una operación de recortado realizada tras el curado de la pieza, para crear un borde que está cortado perpendicularmente a las caras del reborde. Como alternativa, las chapas se disponen de tal modo que compensan el efecto de deslizamiento, de modo que proporcionan un borde sustancialmente perpendicular al final de la fase de conformado, sin necesidad de recortar la pieza.

25 Un borde del reborde de este tipo requiere un procesamiento complicado para su producción y asimismo da lugar a problemas si el miembro estructural se ensambla junto con un componente de material compuesto, típicamente un panel que va a ser rigidizado, mediante un proceso conocido como "coafianzamiento". En este proceso, miembros estructurales anteriormente consolidados (habitualmente largueros) se unen a otro miembro estratificado, aunque sin curar, mediante la interposición de una capa de adhesivo estructural, y el conjunto se somete a un ciclo de curado en una autoclave a temperatura y presión altas.

30 Durante este proceso, el reborde del miembro estructural tiende desventajosamente a hundirse en el material sin consolidar del panel, provocando distorsiones de las fibras y de las chapas individuales, concretamente en el borde del reborde, que son inaceptables estructuralmente.

35 Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un miembro estructural que puede superar, al menos parcialmente, los inconvenientes mencionados anteriormente y que puede fabricarse de un modo menos costoso y complejo tecnológicamente que las soluciones conocidas.

40 Este objeto se consigue de acuerdo con la invención con un miembro estructural del tipo definido inicialmente, en el que el borde de dicho reborde forma una superficie inclinada en el lado cóncavo de la pieza estratificada, en cuya superficie inclinada las chapas del reborde más próximas al lado cóncavo de la pieza estratificada se pliegan hacia la chapa del reborde situada en el lado convexo de la pieza estratificada.

45 De acuerdo con esta solución propuesta, el borde del reborde no requiere una operación de recortado, ya que está dotado de una superficie inclinada suave sin ningún escalón. De este modo se reducen los costes y el consumo de materiales en el proceso de fabricación del miembro estructural y también se reduce el tiempo necesario para fabricar el producto acabado.

50 Además, los inventores han descubierto que el borde inclinado del reborde reduce los efectos que surgen del proceso de coafianzamiento, ya que permite una mejor adaptación de los materiales que forman la bolsa de curado y, por lo tanto, una mejor compactación de los paneles estratificados en la interfaz con el borde del reborde del miembro estructural.

55 Modos de realización preferidos de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes, que deben considerarse como una parte integral de la presente descripción.

60 La invención propone asimismo un método para fabricar un miembro estructural compuesto de chapas de material fibroso ensambladas embebidas en una matriz resinosa y que comprende al menos una pieza estratificada formada mediante una pluralidad de dichas chapas dispuestas en una relación apilada, en el que el método comprende las siguientes etapas:

situar dicha pieza estratificada en una configuración plana;

65 recortar dicha pieza estratificada a lo largo de su perímetro con la cuchilla de una cortadora situada en una dirección perpendicular a dicha pieza estratificada, de tal modo que provoque que su anchura sea igual a la del desarrollo superficial de la pieza plegada que se va a fabricar; y

someter dicha pieza estratificada a un conformado en un mandril, de modo que dicha pieza estratificada del miembro estructural se pliegue de tal modo que forme un reborde que define un ángulo interno con respecto a una porción de base de la pieza estratificada;

5 en el que dicho mandril tiene una superficie de conformado inclinada para formar una superficie inclinada complementaria en el borde del reborde sobre el lado cóncavo de la pieza estratificada, de tal modo que, por medio de la superficie de conformado inclinada, las chapas del reborde más próximas al lado cóncavo de la pieza estratificada se pliegan hacia la chapa del reborde en el lado convexo de la pieza estratificada.

10 Características y ventajas adicionales del miembro estructural de acuerdo con la invención quedarán más claras a partir de la siguiente descripción detallada de un modo de realización de la invención, ofrecida con referencia a los dibujos adjuntos que se proporcionan meramente como ilustraciones no limitativas, en los cuales:

15 - la figura 1 es una vista en sección transversal esquemática de un miembro estructural de acuerdo con la invención;

- la figura 2 es una ilustración esquemática de una etapa en la producción del miembro de la figura 1; y

20 - la figura 3 es una fotografía ampliada de un borde del reborde de un miembro estructural de acuerdo con la invención.

Con referencia a las figuras 1 y 2, el número 10 indica un miembro estructural de acuerdo con la invención.

25 La figura 1 muestra una sección transversal de este miembro, que está compuesto, en concreto, por un miembro lineal que tiene un eje de extensión recto o curvo perpendicular al plano del dibujo. El miembro estructural 10 está compuesto por una serie de chapas ensambladas de material fibroso embebidas en una matriz resinosa.

30 En el ejemplo ilustrado, el miembro es un larguero de rigidización de sección en T para un panel. Este larguero está compuesto completamente por una banda 11 y una pareja de rebordes 13, que se proyectan perpendicularmente desde lados opuestos de la banda 11 en un extremo de esta última. Los rebordes 13 están diseñados para fijar el larguero a un panel (no mostrado), concretamente mediante un método de cofianzamiento. La fijación del larguero al componente externo tiene lugar en las caras externas 15 respectivas de los rebordes 13.

35 El miembro estructural 10 comprende al menos una pieza estratificada 17, formada por una pluralidad de chapas de material fibroso embebidas en una matriz resinosa, estando dispuestas estas chapas en una relación apilada.

40 Las chapas de material compuesto son, concretamente, chapas de material preimpregnado. A los efectos de la invención, el término "material preimpregnado" denota de un modo convencional un producto semiacabado que comprende fibras de refuerzo (habitualmente de carbono o vidrio) y una matriz resinosa en la cual están embebidas estas fibras. Las fibras pueden estar dispuestas en diferentes configuraciones, por ejemplo en una capa unidireccional con las fibras alineadas y paralelas entre sí a lo largo de una única dirección, o en la forma de un "textil", en el cual las fibras están entretejidas en dos direcciones perpendiculares, denominadas urdimbre y textura. Los materiales preimpregnados se preparan generalmente en forma de cinta y se enrollan en carretes.

45 Por lo tanto, el material preimpregnado se corta previamente con la forma y tamaño requeridos para la producción de la pieza estratificada 17.

50 La pieza estratificada 17 del miembro estructural 10 se pliega de tal modo que forme un reborde 13, que define un ángulo interno  $\alpha$  con respecto a una porción de base 19 de la pieza estratificada 17. En concreto, la pieza estratificada 17 se pliega alrededor de un eje de curvado paralelo a la dirección de extensión del miembro estructural 10. En consecuencia, la pieza estratificada 17 puede verse como en posesión de un lado cóncavo (o lado interno), en el que el reborde 13 y la porción de base 19 forman entre ambos un ángulo interno de  $\alpha < 180^\circ$ , en concreto un ángulo de, aproximadamente,  $90^\circ$ , y un lado convexo (o lado externo), en el que el reborde 13 y la porción de base 19 forman entre ambos el complemento de  $360^\circ$  del ángulo interno  $\alpha$ , igual a  $360^\circ - \alpha$ .

55 En ejemplo ilustrado, el miembro estructural o larguero está formado por dos porciones estratificadas 17 plegadas y unidas entre sí mediante sus piezas de base 19 respectivas, que se combinan para formar la banda 11 del larguero. Los rebordes respectivos de las porciones estratificadas forman los rebordes de larguero. El ángulo interno  $\alpha$  formado por cada reborde con relación a la porción de base respectiva es sustancialmente igual a un ángulo recto.

60 Cada reborde 13 tiene un borde 13a que forma una superficie inclinada en el lado del reborde 13 orientado hacia el ángulo interno  $\alpha$ , en otras palabras en el lado cóncavo de la porción estratificada 17 respectiva. En esta superficie inclinada, las chapas del reborde 13 más próximas al ángulo interno  $\alpha$ , en otras palabras las chapas más próximas al lado cóncavo de la porción estratificada, se pliegan hacia la chapa del reborde 13 más alejada del ángulo interno  $\alpha$ , en otras palabras, en el lado convexo de la porción estratificada, como se muestra en la figura 3. De este modo, los extremos de las chapas del reborde 13 están sustancialmente nivelados con la cara 15 del reborde 13 orientada hacia

65

fuera del ángulo interno  $\alpha$ , en otras palabras, la cara externa del lado convexo de la porción estratificada. En concreto, la chapa del reborde 13 más próxima al lado cóncavo de la pieza estratificada 17 está plegada de tal modo que recubre completamente los bordes de todas las otras chapas, visto en una dirección paralela al reborde 13. En estructuras cofianzadas, se ha demostrado que esta disposición mejora las propiedades mecánicas en comparación con el caso en el que los bordes de las chapas individuales quedan expuestos.

Con referencia a la figura 2, el borde superficial inclinado mencionado anteriormente puede fabricarse mediante el método que se describe a continuación.

En un método de fabricación del miembro estructural 10, las piezas estratificadas 17 se forman inicialmente en una configuración plana, superponiendo chapas sucesivas de material compuesto sobre una mesa de estratificación (no mostrada), utilizando procedimientos conocidos en sí mismos, y recortando el perímetro de la pieza estratificada plana con la ayuda de una máquina de control numérico, con la cuchilla de corte situada en una dirección perpendicular a la pieza, de tal modo que la pieza estratificada plana tiene una anchura igual al desarrollo plano de la pieza plegada que se va a formar.

Las piezas estratificadas 17 se someten a continuación a un proceso de conformado en caliente, en el que cada pieza estratificada 17 se sitúa en un mandril de conformado FM, mostrado en la figura 2. De un modo convencional, la pieza estratificada 17 es deformada (plegada) aplicando calor a la pieza estratificada y presionando esta pieza contra el mandril FM (por medio de una bolsa de conformado u otro dispositivo similar), adaptándose la pieza al perfil del mandril de conformado, que en el ejemplo ilustrado está compuesto por dos caras perpendiculares entre sí y conectadas entre sí mediante esquinas redondeadas.

Como se muestra en la figura 2, el mandril FM está provisto de una superficie de conformado inclinada FS, capaz de formar una superficie inclinada complementaria en el borde 13a del reborde 13. En el ejemplo ilustrado, la superficie de conformado inclinada FS es una superficie contigua a una de las caras de conformado del mandril FM y está inclinada con respecto a la misma.

La figura 2 muestra esquemáticamente la pieza estratificada 17 en una configuración plana, antes de ser plegada en el proceso de conformado. Esta pieza estratificada 17 se muestra asimismo en una configuración plegada tras el proceso de conformado, por medio de sus chapas terminales. La línea OA de la pieza estratificada 17 en la configuración plana representa la chapa más interna de la pieza, en otras palabras, la chapa que en el estado plegado final se sitúa en el lado cóncavo de la pieza estratificada 17, esto es, orientada directamente hacia la porción de espacio definida por el ángulo interno  $\alpha$ . La línea PB representa la chapa más externa de la pieza estratificada 17, en otras palabras, la chapa que en el estado plegado final se sitúa en el lado convexo de la pieza estratificada 17, esto es, orientándose hacia fuera de la porción de espacio definida por el ángulo interno  $\alpha$ .

Las líneas OA' y PB' representan, respectivamente, la capa más interna y la capa más externa de la pieza estratificada al final del proceso de conformado. Como resultado del deslizamiento relativo de las chapas de material compuesto durante el proceso de conformado, y del grosor final de estas chapas, los extremos libres A' y B' de las chapas no se mueven rígidamente entre sí, sino que sufren un movimiento mediante el cual su distancia mutua varía (sin embargo, los otros extremos O y P permanecen fijados al mandril).

De acuerdo con la invención, el extremo A' de la capa más interna es forzado, por la superficie de conformado inclinada FS formada en el mandril FM, a deslizar hacia el lado convexo de la pieza estratificada, provocando así que una porción de borde de la chapa OA' se pliegue hacia la chapa PB'. Un fenómeno similar tiene lugar en las chapas intermedias, reduciéndose progresivamente la extensión de la porción de borde plegado con la distancia de cada chapa intermedia respecto a la chapa PB'. Debido a la acción de la bolsa de conformado (o dispositivo similar) y al diseño y posicionamiento adecuados de la superficie de conformado inclinada FS, la chapa PB' no sufre ninguna deformación apreciable en su borde. Así pues, haciendo uso del deslizamiento relativo inevitable de las chapas se forma un borde inclinado, en el cual el grosor del reborde 13 disminuye en la dirección distal.

En el proceso de fabricación del miembro estructural, la pieza estratificada cuyo borde se produce mediante el método descrito anteriormente puede combinarse con otras piezas fabricadas de material compuesto para formar el miembro estructural final, mediante su combinación, por ejemplo, con otra pieza idéntica, como es el caso del larguero mostrado en el ejemplo de la figura 1.

Si la resina de la pieza estratificada es una resina termoestable, el miembro estructural, y en consecuencia el borde angulado del reborde, se consolida mediante un método convencional de curado en autoclave.

Si la resina de la pieza estratificada es una resina termoplástica, el borde del reborde de la pieza estratificada puede ser consolidado simplemente mediante el enfriamiento de la pieza estratificada tras su conformado.

Debido a que la superficie inclinada del borde se forma mediante una porción de la chapa OA', no existe un escalonado indeseable en el borde del reborde.

Los inventores han descubierto asimismo que la presencia de un borde angulado reduce la deformación provocada en un panel de material compuesto al cual se aplica el miembro estructural, cuando esta aplicación tiene lugar mediante un procedimiento de cofianzamiento.

- 5 El ángulo de inclinación de la superficie inclinada en el borde tal que la chapa OA' pueda cubrir la totalidad de la superficie inclinada depende del grosor y del número de chapas del material compuesto (y asimismo del ángulo  $\alpha$ ).

- 10 Sin embargo, los inventores han encontrado que, en configuraciones de chapas utilizadas habitualmente en la industria aeronáutica para piezas estratificadas plegadas en forma de L, cuando la superficie inclinada del borde del reborde forma un ángulo  $\beta$  con respecto a la cara del reborde en el lado convexo de la pieza estratificada, tal que  $30^\circ < \beta < 40^\circ$  y, en concreto,  $\beta \approx 32^\circ$ , se obtiene un borde angulado en el cual la chapa OA' tiene una porción de borde plegada que tiene una extensión tal que el extremo A' está en la proximidad de la esquina externa de la superficie de conformado inclinada FS del mandril.

- 15 La selección del valor del ángulo  $\beta$  asegura una adaptación satisfactoria simultánea de los materiales del componente de la bolsa de vacío durante el ciclo de curado, de modo que se reduce el número de defectos en el panel en la interfaz con el borde del reborde del miembro estructural, lo que ocurre típicamente en el proceso de cofianzamiento (en el cual el larguero se preconsohda y el panel está sin consolidar).

**REIVINDICACIONES**

1. Un miembro estructural (10) compuesto por chapas de material fibroso ensambladas embebidas en una matriz resinosa, y que comprende al menos una pieza estratificada (17) formada por una pluralidad de dichas chapas dispuestas en una relación apilada, en el que dicha pieza estratificada del miembro estructural (10) está plegada de tal modo que forma un reborde (13) que define un ángulo interno ( $\alpha$ ) con respecto a una porción de base (19) de la pieza estratificada (17); caracterizado porque el borde (13a) de dicho reborde forma una superficie inclinada en el lado cóncavo de la pieza estratificada (13), en cuya superficie inclinada las chapas del reborde (13) más próximas al lado cóncavo de la pieza estratificada (17) están plegadas hacia la chapa del reborde (13) dispuesta en el lado convexo de la pieza estratificada (17).
2. Un miembro estructural de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las chapas del reborde (13) más próximas al lado cóncavo de la pieza estratificada (17) están plegadas de tal modo que provocan que sus extremos estén sustancialmente nivelados con la cara (15) del reborde (13) en el lado convexo de la pieza estratificada (17).
3. Un miembro estructural de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la chapa del reborde (13) lo más próxima al lado cóncavo de la pieza estratificada (17) está plegada de tal modo que recubre completamente los bordes de todas las otras chapas, visto en una dirección paralela al reborde (13).
4. Un miembro estructural de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho ángulo interno es sustancialmente un ángulo recto, y dicha superficie inclinada define un ángulo  $\beta$  con respecto a la cara (15) del reborde (13) en el lado convexo de la pieza estratificada (17), tal que  $30^\circ < \beta < 40^\circ$ .
5. Un miembro estructural de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho miembro estructural es un miembro lineal y dicha pieza estratificada está plegada alrededor de un eje de plegado paralelo a la dirección de extensión de dicho miembro lineal.
6. Un método de fabricación de un miembro estructural (10) compuesto por chapas de material fibroso ensambladas embebidas en una matriz resinosa y que comprende al menos una pieza estratificada (17) formada por una pluralidad de dichas chapas dispuestas en una relación apilada, en el que el método comprende las siguientes etapas:
- proporcionar dicha pieza estratificada en una configuración plana,
- recortar dicha pieza estratificada a lo largo de su perímetro con la cuchilla de una cortadora situada en una dirección perpendicular a dicha pieza estratificada, de tal modo que provoque que su anchura sea igual a la del desarrollo superficial de la pieza plegada que se va a fabricar, y
- someter dicha pieza estratificada a un conformado en un mandril (FM) de modo que dicha pieza estratificada del miembro estructural (10) se pliegue de tal modo que forme un reborde (13) que define un ángulo interno ( $\alpha$ ) con respecto a una porción de base (19) de la pieza estratificada (17);
- caracterizado porque
- dicho mandril tiene una superficie de conformado inclinada (FS) para formar una superficie inclinada correspondiente en el borde (13a) del reborde (13) sobre el lado cóncavo de la pieza estratificada (17), de tal modo que, por medio de la superficie de conformado inclinada, las chapas del reborde (13) más próximas al lado cóncavo de la pieza estratificada (17) se pliegan hacia la chapa del reborde (13) dispuesta en el lado convexo de la pieza estratificada (17).
7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que las chapas del reborde (13) más próximas al lado cóncavo de la pieza estratificada (17) se pliegan de tal modo que provocan que sus extremos estén sustancialmente nivelados con la cara (15) del reborde (13) en el lado convexo de la pieza estratificada (17).
8. Un método de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en el que la chapa del reborde (13) lo más próxima al lado cóncavo de la pieza estratificada (17) se pliega de tal modo que recubre completamente los bordes de todas las otras chapas, visto en una dirección paralela al reborde (13).
9. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que dicho ángulo interno es sustancialmente un ángulo recto y dicha superficie inclinada define un ángulo  $\beta$  con respecto a la cara (15) del reborde (13) en el lado convexo de la pieza estratificada (17) tal que  $30^\circ < \beta < 40^\circ$ .
10. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, en el que dicho miembro estructural es un miembro lineal y dicha pieza estratificada se pliega alrededor de un eje de plegado paralelo a la dirección de extensión de dicho miembro lineal.

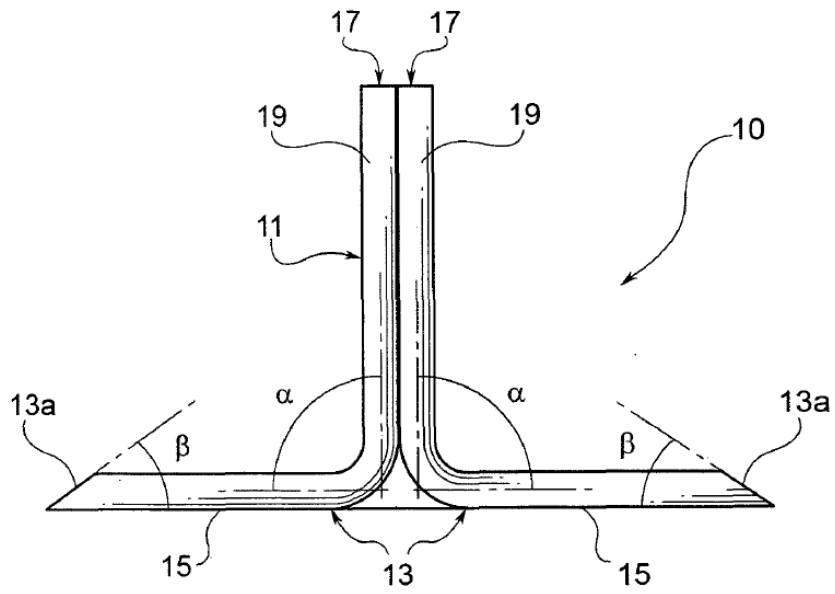


FIG. 1

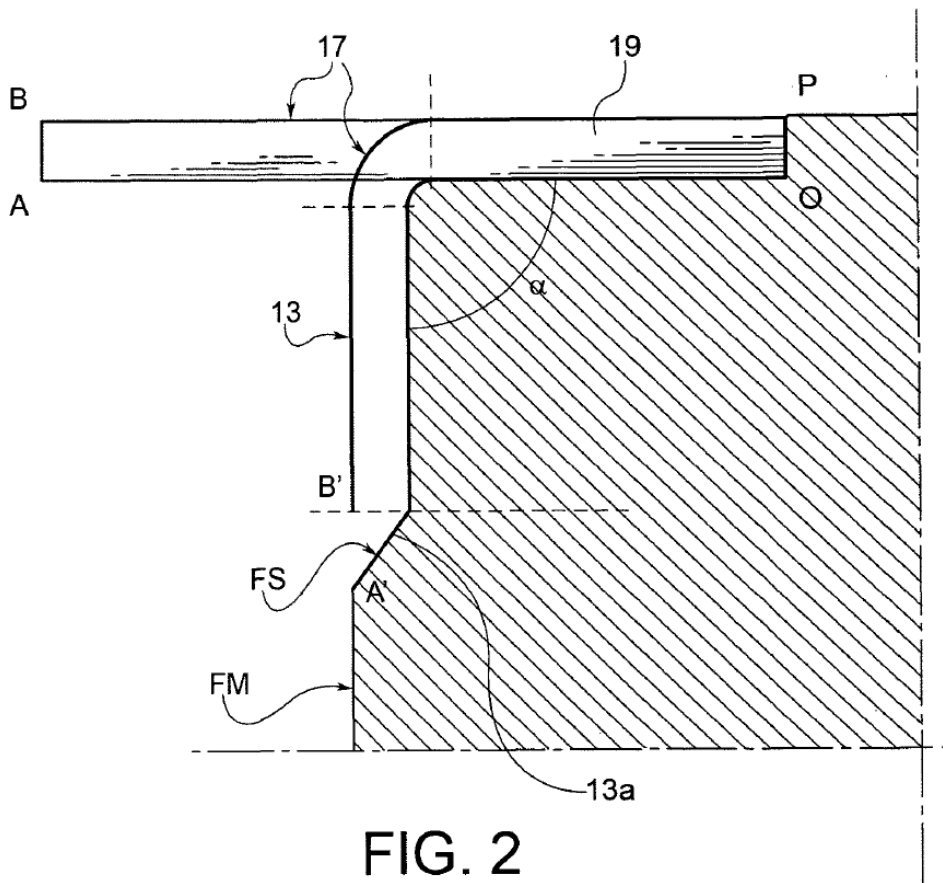


FIG. 2

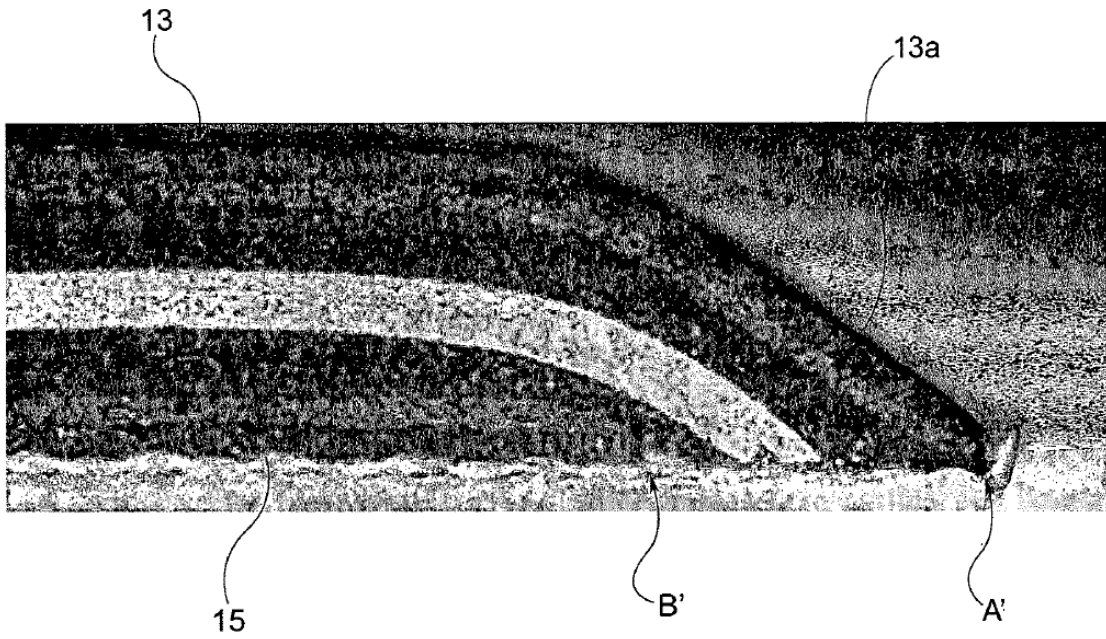


FIG. 3