



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 633**

51 Int. Cl.:

B29C 70/34 (2006.01)

B29B 15/10 (2006.01)

B29C 70/50 (2006.01)

B29C 70/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08789425 .9**

96 Fecha de presentación : **24.07.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2170587**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.04.2010**

54

Título: **Método para fabricar un elemento curvado hecho de material compuesto.**

30

Prioridad: **27.07.2007 IT T007A0557**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.04.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.04.2011

73

Titular/es: **ALENIA AERONAUTICA S.p.A.**
Viale dell'Aeronautica S.N.C
80038 Pomigliano d'Arco, Napoli, IT
CYTEC TECHNOLOGY CORPORATION

72

Inventor/es: **Inserra Imparato, Sabato;**
De Vita, Vincenzo;
Di Tommaso, Luca y
Doyle, Marc Andrea

74

Agente: **Justo Bailey, Mario de**

ES 2 357 633 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

La presente invención se refiere a un método para fabricar un elemento curvado hecho de material compuesto.

Como es conocido, algunos elementos estructurales curvados importantes, tales como bastidores de fuselaje por ejemplo, se pueden hacer ventajosamente de material compuesto para mejorar su rigidez y reducir peso. Estos elementos a menudo requieren que el carbono, la fibra de vidrio u otras fibras de refuerzo tengan la misma orientación curvada que el elemento estructural para mejorar su eficiencia estructural y reducir su peso.

Este requisito no puede ser satisfecho con el uso de materiales compuestos prepreg convencionales. De hecho, éstos se producen a partir de grupos de fibras rectas, telas unidireccionales, o tiras que se impregnan con película de resina en un proceso continuo. Debido a su naturaleza continua, el proceso convencional de pre-impregnación no es adecuado para la impregnación de capas de refuerzo con fibras que no son rectas.

Se han desarrollado diversos métodos para superar las limitaciones impuestas por la pre-impregnación y para producir componentes estructurales curvados, pero tienen algunas desventajas.

En particular, se han desarrollado procesos que resuelven parcialmente el problema; estos procesos posibilitan que se ensamblen capas de refuerzo con fibras de refuerzo, tales como capas trenzadas, curvadas, planas y capas de tela espiral. Sin embargo, estos elementos planos se deben formar con la forma geométrica del componente que se ha de producir (por ejemplo, bastidores con sección en C o tirantes de cizallamiento con sección en L), antes de la infusión de resina. La conformación de estas telas presenta considerables dificultades puesto que las fibras no impregnadas se desvían fácilmente de la orientación original como para quedar dispuestas de maneras impredecibles, inconsistentes con el diseño. Para superar este problema, se ha desarrollado una tecnología basada en una técnica especial de tejedura conocida como "sobretrenzado". En esta técnica, la fibra de refuerzo se teje, por medio de máquinas especiales, sobre un mandril temporal de soporte que tiene la misma forma curvada que el componente que se ha de producir y que tiene una sección transversal tal que la sección del componente que se ha de obtener se puede producir a partir de él simplemente mediante cote longitudinal.

Sin embargo, esta innovadora tecnología también tiene algunas limitaciones importantes. De hecho:

- no es posible orientar las fibras de refuerzo en todas las direcciones, como sería deseable para mejorar el rendimiento estructural, sino sólo dentro de un rango más restringido, normalmente dentro del rango de aproximadamente +70° a -70° con relación al eje longitudinal del elemento que se ha de producir; no es posible, por lo tanto, insertar fibras dispuestas a 90° (con relación al eje longitudinal del elemento), que son típicas del trazado de componentes estructurales compuestos;

- la delicadeza de las preformas requiere que estén soportadas por los mandriles auxiliares de tejedura desde el momento en el que se tejen hasta el momento de uso, creando problemas con respecto a costes y a logística de transporte y de almacenamiento; también se requiere un número correspondiente de caros mandriles de soporte;

- las secciones transversales que se pueden producir mediante el proceso de sobretrenzado están limitadas a las que se pueden obtener a partir de una sección en C cerrada; otras secciones transversales se obtienen con dificultades que están acompañadas de problemas de calidad, esto es: orientación de fibras no ajustada a diseño, arrugas, etc.;

- las secciones que se pueden producir mediante el proceso de sobretrenzado están limitadas a un grosor uniforme y no pueden tener variaciones con relación al eje transversal del elemento;

- el proceso para la infusión de la preforma de refuerzo con resina es particularmente complejo y limita los tipos de resina que se pueden usar.

El documento EP-A-1584462 divulga un método para fabricar una preforma seca que tiene una forma tridimensional predeterminada.

El documento WO 2006/119002 A divulga un método para fabricar un elemento curvado hecho de material compuesto, que comprende los siguientes pasos:

- i) preparar al menos una capa de prepreg con fibras impregnadas con resina y que forma una capa curvada,

- ii) preparar al menos una capa seca de refuerzo con fibras,

- iii) aplicar calor y presión a las capas de manera controlada como para lograr la infusión de la resina adentro de la capa de refuerzo y obtener un elemento curvado curado.

El objeto de la presente invención es, por lo tanto, proporcionar un método para fabricar un elemento curvado que supere las desventajas mencionadas anteriormente de la técnica anterior.

Este objeto se consigue, de acuerdo con la invención, mediante un método para fabricar un elemento curvado de material compuesto que tiene las características definidas en la reivindicación 1.

El método de acuerdo con la invención está basado en la pre-infusión de elementos planos que tienen fibras dispuestas en una orientación curvada y en su uso en combinación con capas convencionales de prepreg, a condición de que tengan resina compatible. Esto posibilita que se produzcan componentes curvados con orientación curvada de las fibras sin problemas de deformación de las fibras durante la formación y supera las limitaciones de la técnica de sobretrenzado con respecto a ángulos de las fibras, variaciones de grosor, y logística.

En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones preferidas de la invención.

Ahora se describirán algunas realizaciones de la invención, preferidas pero no limitadoras, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 es una vista en planta de un ejemplo de una preforma para la producción de un elemento curvado,

- la figura 2 es una vista esquemática que muestra, en corte, una bolsa al vacío para la pre-infusión de la preforma de la figura 1 de acuerdo con una primera realización de una etapa de pre-infusión del método de acuerdo con la invención,

- la figura 3 es una vista esquemática que muestra, en corte, un dispositivo de membrana para la pre-infusión de la preforma de la figura 1 de acuerdo con una variante de la primera realización de la etapa de pre-infusión del método de acuerdo con la invención,

- la figura 4 es una vista esquemática que muestra, en corte, una bolsa al vacío para la pre-infusión de una pluralidad de preformas de acuerdo con una variante de la primera realización de la etapa de pre-infusión del método de acuerdo con la invención,

- las figuras 5 y 6 son respectivamente una vista esquemática lateral y una vista esquemática en planta de aparatos para la pre-infusión de una pluralidad de preformas de acuerdo con una segunda realización de la etapa de pre-infusión del método de acuerdo con la invención,

- la figura 7 es una vista en planta de un ejemplo de una estructura en capas obtenida a partir de la preforma de la figura 1, y

- la figura 8 es un corte a través de la estructura en capas de la figura 7, dispuesta sobre una herramienta de soporte.

La figura 1 muestra, a modo de ejemplo, una preforma seca 1 como material de partida para la producción de un elemento curvado mediante el método de acuerdo con la invención, dispuesta sobre una plataforma 3 de base. La preforma 1 tiene sustancialmente la forma de una tira plana y está dispuesta como para ser curvada en el plano de la tira, esto es, en el plano definido por la superficie de soporte de la plataforma 3. Esta disposición curvada se muestra en el dibujo mediante un eje principal curvado S.

La preforma seca 1 está constituida por una capa de fibras de refuerzo en la que un primer porcentaje predefinido A1 de las fibras tiene una orientación curvada, esto es, paralela sustancialmente al eje S, un segundo porcentaje predefinido A2 de las fibras tienen una disposición recta con una orientación inclinada entre 0 y +70 grados con respecto al eje S, y un tercer porcentaje predefinido A3 de las fibras tiene una disposición recta con una orientación inclinada entre 0 y -70 grados con respecto al eje S. Las orientaciones de estos tres porcentajes de fibras se muestran, a modo de indicación, mediante respectivas flechas A1, A2 y A3 en la figura 1. Esta disposición se consigue mediante una técnica convencional de trenzado. El trenzado de las fibras de las tres diferentes fracciones con disposiciones diferentes posibilita que se obtenga una tela firme en la que las fibras no se mueven porque están trenzadas. El porcentaje de cada orientación se selecciona en base a los requisitos de carga pero con restricciones resultantes de la necesidad de estabilizar las orientaciones de las fibras por medio del trenzado. En lugar de la técnica de trenzado, la capa de refuerzo también se puede preparar mediante otras técnicas convencionales, tales como técnicas de colocación por remolcado y tejedura espiral, que se pueden seleccionar de acuerdo con las características estructurales que se han de obtener en el elemento curvado acabado. Las características geométricas (radio de curvatura, anchura en una dirección radial, longitud circunferencial) y las características físicas (tipo de fibra de refuerzo, peso por unidad de área de las fibras) se seleccionan de acuerdo con las características estructurales del elemento curvado acabado. Las fibras curvadas de la capa 1 de refuerzo tienen de este modo orientaciones predefinidas con relación al eje S que se establecen en la etapa de producción de la capa 1 de refuerzo y son dependientes de las características deseadas del elemento acabado.

De acuerdo con la invención, la capa plana seca 1 de refuerzo de este modo obtenida se combina con una película de resina, indicada con el 2 en las figuras 2 a 6. Se aplican entonces temperatura y presión controladas para lograr la infusión, es decir, la penetración de la resina adentro de la capa de refuerzo, y para obtener una capa de material pre-infundido, indicada con el 1' en las figuras 5 a 8.

De acuerdo con una primera realización, esta etapa de pre-infusión tiene lugar de manera discontinua en una bolsa al vacío en la que la presión necesaria para la infusión se ejerce mediante la bolsa al vacío en la que se produce un vacío.

5 La pre-infusión discontinua requiere que la película de resina se corte de antemano con una forma geométrica similar a la de la capa 1 de refuerzo que se ha de pre-infundir, teniendo cuidado de que el peso global de la resina esté en la proporción correcta con relación al peso global de la capa que se ha de pre-infundir.

Una vez que la capa 1 de fibra de refuerzo y la o las capas 2 de resina se han combinado sobre la plataforma 3 de base, se prepara una bolsa al vacío para el proceso de pre-infusión. La bolsa al vacío se puede materializar de muchas maneras, algunas de las cuales se enumeran más adelante.

10 Un primer método, que se describe ahora con referencia a la figura 2, estipula una capa de película 5 de desprendimiento, por ejemplo una película no perforada de etileno-propileno fluorado (FEP), una capa de tela 6 de respiradero, y una capa de película 7 de nailon, sellada sobre la plataforma de base mediante el posicionamiento periférico de cinta 8 de sellado, que se ha de posicionar, en orden, sobre el montaje de fibras 1 de refuerzo y película 2 de resina. La película 5 de desprendimiento se fija, por medio de una cinta adhesiva 9, a un sistema periférico de ventilación que comprende una tira de tela 10 de respiradero y un material periférico 11 para volver homogénea la presión dentro de la bolsa al vacío. En la película de nailon están posicionadas válvulas adecuadas 12, para la aplicación del vacío que se produce por medio de una bomba u otro mecanismo adecuado.

15 Un segundo método de materializar la bolsa al vacío, que se describe ahora con referencia a la figura 3, puede ser usar una membrana 7' de caucho de silicona que se puede sellar sobre la plataforma 3 de base por medio de empaquetaduras y que, de nuevo, debe tener agujeros 12' para la aplicación del vacío por medio de una bomba u otro dispositivo adecuado.

20 Un tercer método, que se describe ahora con referencia a la figura 4, estipula una pluralidad de capas 1 de refuerzo combinadas con respectivas películas 2 de resina y películas 11 de desprendimiento que se han de disponer una encima de otra en pilas 13 debajo de la misma bolsa 7" al vacío, preparada sobre la plataforma 3 de base. La película 11 de desprendimiento se interpone entre cada par de capas que comprende una capa 1 de refuerzo y una película 2 de resina y el par dispuesto encima de él, para impedir la adherencia no deseada entre ellos. De este modo se puede producir simultáneamente una pluralidad de capas de material pre-infundido.

25 Una vez que se ha preparado la bolsa 7, 7', 7" al vacío, se realiza un ciclo de pre-infusión mediante la aplicación programada de calor y vacío. En particular, el proceso estipula que el vacío se aplique en el momento en el que el aumento de temperatura ha llevado la resina 2 hasta una viscosidad bastante baja de modo que puede penetrar adentro de la tela seca 1 bajo el efecto del vacío, logrando la pre-infusión de la misma. Sin embargo, la temperatura no debe superar un valor de límite que corresponde a la activación de la reacción de polimerización de la resina. El ciclo combinado de vacío y temperatura se puede realizar alternativamente con el uso de:

30 - un horno (indicado esquemáticamente con el 15 en la figura 4) que está provisto de espitas de vacío y en el que se puede posicionar el montaje,

- una mesa calentada provista de una bomba de vacío; este sistema es particularmente adecuado en combinación con el uso de la bolsa de vacío de membrana puesto que se minimiza el tiempo global requerido para el proceso de pre-infusión.

De acuerdo con una segunda realización, la etapa de pre-infusión tiene lugar de manera semi-continua.

40 El proceso semi-continuo de pre-infusión, que se describe ahora con referencia a las figuras 5 y 6, posibilita que varias capas de refuerzo se cubran con una película de resina de una anchura adecuada para cubrir las capas de refuerzo de manera continua.

45 Este proceso estipula que se posicionen una serie de refuerzos secos 1 sobre una cinta transportadora 20; los refuerzos se pre-infunden por medio de una o más películas continuas 2 de resina que se calientan hasta la temperatura requerida de antemano por medio de calentadores 21 y se hacen penetrar adentro de cada refuerzo 1 con la ayuda de rodillos 22 de compresión.

50 El proceso estipula el uso de varios rollos continuos de película 23 de resina, el desenrollamiento de la película 2 de resina, el posicionamiento de la película 2 sobre los refuerzos 1, el calentamiento de la película 2, la pre-infusión de la película, la consolidación de la película en el refuerzo mediante su paso a través de rodillos 24 de enfriamiento, y la separación de las preformas infundidas 1' cortando el exceso de película de resina con dispositivos 25 de corte. Las flechas A en las figuras 5 y 6 indican la dirección del movimiento de la cinta transportadora 20.

55 El método de acuerdo con la invención estipula entonces la preparación de una o más capas de prepreg, indicadas con el 31 y el 32 en las figuras 7 y 8, que están formadas por fibras rectas impregnadas con resina compatible con la resina del material pre-infundido, para uso principalmente para introducir orientaciones angulares superiores a 70 grados en el estratificado y/o para producir aumentos locales de grosor.

Para los fines de la invención, el término “prepreg” significa, de manera convencional, un producto semiacabado que comprende fibras rectas de refuerzo y una matriz de resina en la que están sumergidas las fibras. Las fibras pueden estar dispuestas en diferentes configuraciones, por ejemplo en una capa unidireccional, en dos capas que tienen orientaciones diferentes, o como tela. Los prepregs se preparan generalmente en forma de cinta y se enrollan en rollos.

El método estipula entonces que la o las capas 1' de material pre-infundido y la o las capas de prepreg 31, 32 se superpongan una sobre otra en una disposición predeterminada como para obtener una estructura 1'' en capas. Este capeado se realiza posicionando las capas con las orientaciones de fibra requeridas por el diseño, en concordancia con el diseño del componente acabado. A modo de ejemplo, se aplican capas de prepreg a la preforma pre-infundida 1' mostrada en la figura 7, en posiciones indicadas como P1 y P2, formando de este modo la estructura 1'' en capas. Los ejes 33 y 34 que están dispuestos en las posiciones P1 y P2 y son perpendiculares al eje principal S de la preforma pre-infundida 1' indican las orientaciones de las fibras rectas de las capas 31 y 32 de prepreg con relación al eje principal S.

La operación de capeado se puede realizar de dos maneras diferentes.

Un primer método estipula un capeado directo mediante:

- el corte de cada capa a conformar con el uso de plantillas y cúteres manuales o sistemas automáticos, controlados numéricamente, de corte,

- la estratificación de cada capa directamente sobre una herramienta de soporte para la polimerización del componente, indicada con el 30 en la figura 8, realizando pasos intermedios adecuados de compactación por medio de una bolsa al vacío, en concordancia con la práctica convencional.

Un segundo método estipula el capeado y la formación en caliente en concordancia con los siguientes pasos:

- corte de cada capa a conformar usando plantillas, y cúteres manuales o sistemas automáticos, controlados numéricamente, de corte,

- capeado de las diversas capas en una disposición plana, como se muestra en la figura 7,

- posicionamiento en una herramienta de formación y formación de la estructura 1'' en capas “cruda” en una o más etapas mediante la aplicación de vacío y calor,

- posicionamiento de la estructura 1'' en capas formada en la herramienta 30 de soporte para la polimerización; como variante del método, la herramienta 30 de polimerización se puede corresponder con la herramienta de formación.

Una vez que se ha realizado el capeado, se materializa una bolsa al vacío con el uso de los materiales que son conocidos en el sector, por ejemplo, partiendo de la estructura 1''' en capas, película de desprendimiento, tela de respiradero, y película de bolsa sellada sobre los bordes de la herramienta de polimerización, y la fijación de válvulas de vacío a la película de bolsa.

Finalmente, el elemento se polimeriza y se compacta mediante la ejecución de un ciclo combinado de presión y temperatura para lograr la compactación de las capas y activar la polimerización de la resina. En algunas aplicaciones, la aplicación del vacío y el calentamiento por sí solos basta para la compactación y la polimerización del elemento.

Como se apreciará, el proceso novedoso propuesto permite considerables ventajas sobre la técnica anterior.

De hecho, las capas de refuerzo con fibras curvadas pre-infundidas combinadas con capas convencionales de prepreg posibilitan que se produzcan elementos estructurales curvados importantes sin:

- riesgo de desvío de la orientación de las fibras que es típico de procesos en los que las capas planas de refuerzo tienen que ser deformadas hasta la forma final del componente sin el efecto de estabilización de la resina,

- limitaciones en las orientaciones de las fibras tales como las que son impuestas por la técnica de sobretrenzado que no permite que el capeado tenga fibras con orientaciones superiores a 70° con respecto al eje principal del elemento (S en la realización ilustrada);

- arrugas en las fibras, que se producirían si se intentase deformar prepregs convencionales con fibras rectas para hacerlos adoptar una forma curvada.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método para fabricar un elemento curvado hecho de material compuesto, que comprende los siguientes pasos:
- a) preparar al menos una capa plana seca (1) de refuerzo con fibras curvadas,
 - b) combinar una película (2) de resina con la capa plana seca (1) de refuerzo,
 - 5 c) aplicar calor y presión a la capa de refuerzo y la película de resina combinadas, de una manera controlada como para lograr la infusión de la resina adentro de la capa de refuerzo y obtener al menos una capa de material pre-infundido (1'),
 - d) preparar al menos una capa (31, 32) de prepreg con fibras rectas impregnadas con resina compatible con la resina del material pre-infundido,
 - 10 e) superponer la al menos una capa de material pre-infundido y la al menos una capa de prepreg una sobre otra en concordancia con una disposición predeterminada, como para obtener una estructura (1'') en capas, y
 - f) someter la estructura (1'') en capas, dispuesta en una herramienta conformada (30) de soporte, a un ciclo de polimerización como para obtener el elemento curvado.
- 2.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el paso c) tiene lugar en una bolsa (7, 7', 7'') al vacío en la que la presión se aplica mediante la producción de un vacío.
- 15 3.- Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el paso c) es precedido por un paso de preparar una bolsa al vacío, en el que la capa de refuerzo y la película de resina combinadas se disponen en una plataforma (3) de base, y en el que se posicionan, en orden, sobre la capa de refuerzo y la película de resina combinadas: una capa de película (5) de desprendimiento, una capa de tela (6) de respiradero, y una capa de película (7) de bolsa al vacío que se sella periféricamente sobre la plataforma (3) de base y está provista de válvulas (12) para la aplicación del vacío.
- 20 4.- Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el paso c) es precedido por un paso de preparar una bolsa al vacío, en el que la capa de refuerzo y la película de resina combinadas se disponen en una plataforma (3) de base provista de agujeros (12') para la aplicación del vacío, y en el que una membrana (7') de bolsa al vacío que se sella periféricamente sobre la plataforma (3) de base se posiciona sobre la capa de refuerzo y la película de resina combinadas.
- 25 5.- Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el paso c) tiene lugar para una pluralidad de capas de refuerzo que están combinadas con respectivas películas de resina y dispuestas en pilas (13), en el que cada capa de refuerzo combinada con película de resina está separada de la capa de encima de ella por medio de una capa de película (11) de desprendimiento.
- 30 6.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los pasos b) y c) tienen lugar de manera continua, en el que una pluralidad de capas secas (1) de refuerzo son transportadas por medios (20) de cinta transportadora, y en el que las capas de refuerzo se pre-infunden por medio de una película continua (2) de resina que se calienta de antemano y se hace penetrar adentro de las capas de refuerzo sucesivamente por medio de rodillos (21) de compresión.
- 35 7.- Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que las capas pre-infundidas (1') de refuerzo se separan entre sí mediante el corte (25) del exceso de película de resina.
- 8.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el paso e) tiene lugar directamente sobre la herramienta conformada de soporte.
- 9.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el paso e) comprende:
- 40 - la superposición de la al menos una capa de material pre-infundido y la al menos una capa de prepreg en una disposición plana,
 - el posicionamiento de la estructura (1'') así capeada sobre una herramienta para un proceso de formación en caliente, y
 - el posicionamiento de la estructura (1'') capeada y formada en caliente sobre la herramienta conformada de
 - 45 soporte.

FIG.1

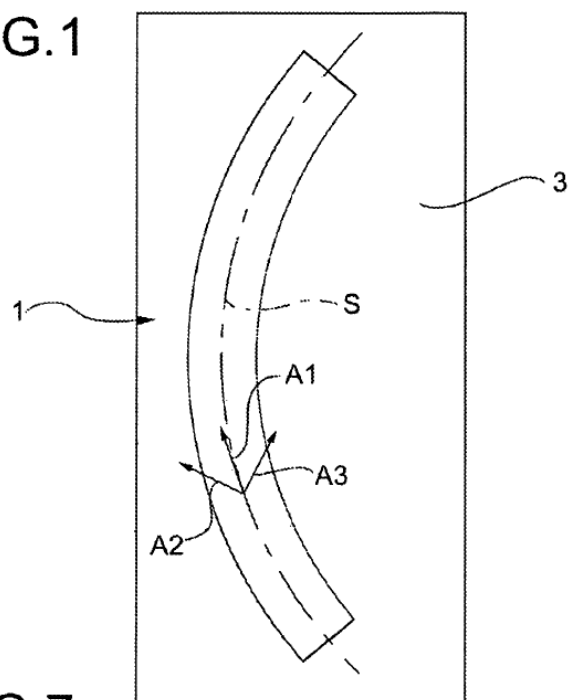


FIG.7

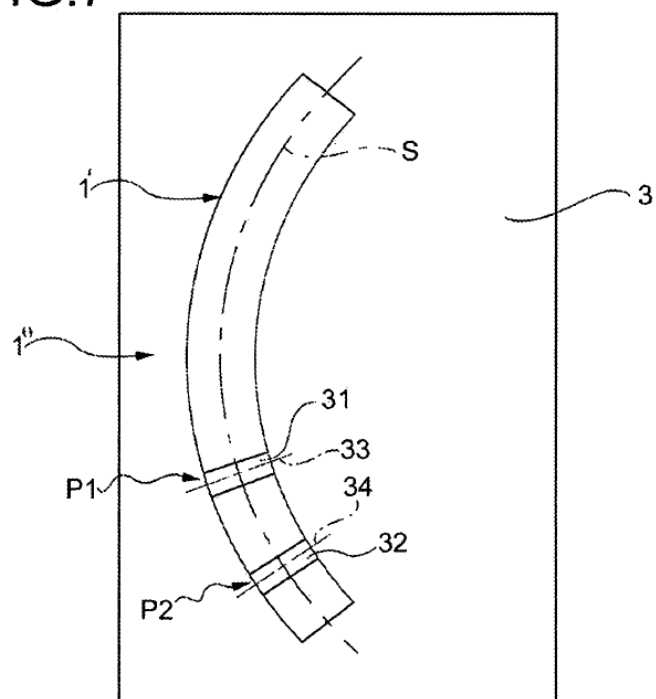


FIG.2

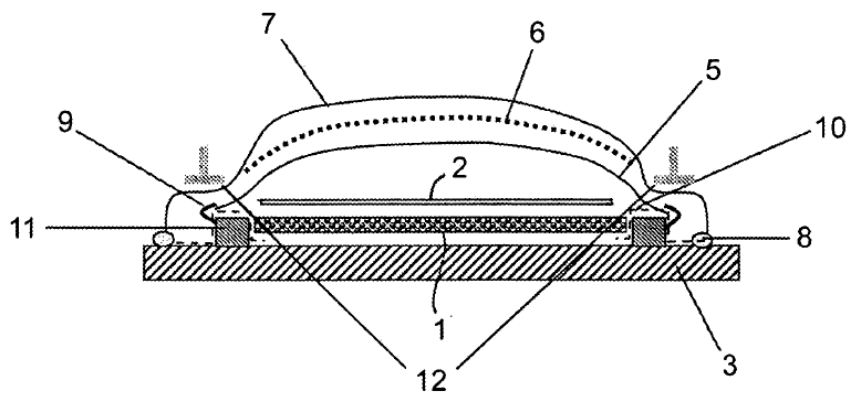


FIG.4

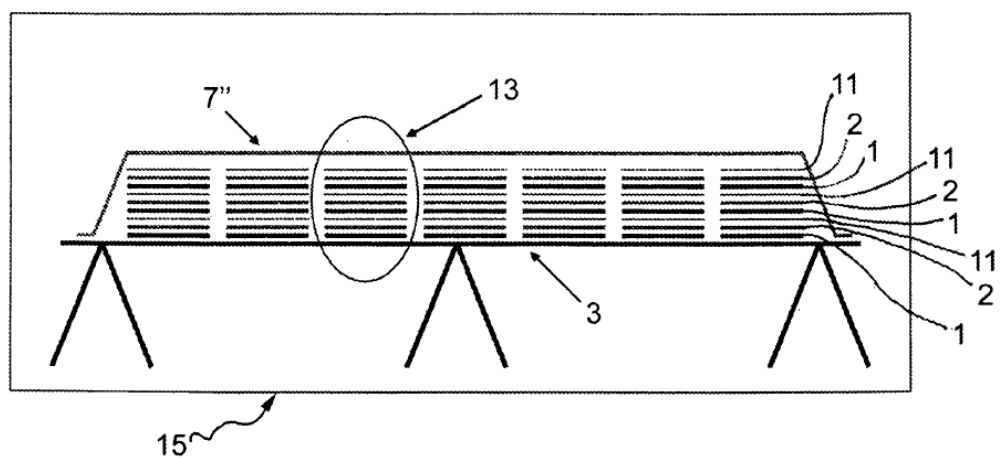


FIG.3

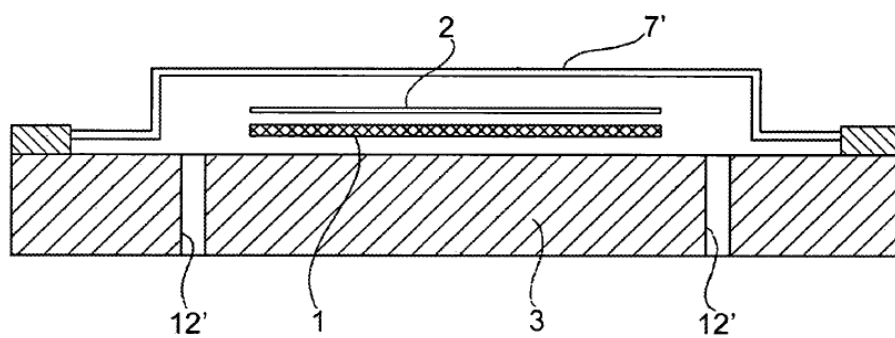


FIG.8

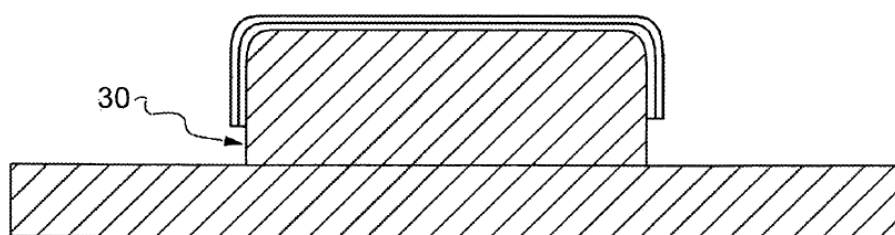


FIG.5

