

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 812 608**

51 Int. Cl.:

B29C 33/04 (2006.01)

B29C 33/08 (2006.01)

B29C 70/48 (2006.01)

B29C 35/12 (2006.01)

B29C 65/00 (2006.01)

B29C 35/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2015** E 15382219 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020** EP 3088152

54 Título: **Método y molde para la fabricación de piezas de material compuesto**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.03.2021

73 Titular/es:

AIRBUS OPERATIONS, S.L. (100.0%)
Avda. John Lennon s/n
28906 Getafe (Madrid), ES

72 Inventor/es:

PINILLOS MARTÍNEZ, RICARDO;
GARCÍA SOLARES, VICTOR;
MUÑOZ LÓPEZ, PILAR y
PÉREZ SÁNCHEZ, MELANIA

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 812 608 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 y molde para la fabricación de piezas de material compuesto

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método para la fabricación de piezas hechas de polímeros reforzados con fibra de carbono.

Antecedentes de la invención

Son conocidos en el estado de la técnica los siguientes métodos de fabricación para unir dos piezas de material compuesto.

- 10 - Co-curado. Unión entre dos piezas no curadas mediante reticulación química. Aunque este método produce una alta calidad de unión entre las piezas, tiene el inconveniente de que para piezas complejas (alto nivel de integración) es difícil obtener una pieza sin defectos, ya que funciona mejor cuando la unión es simple.

- 15 - Co-pegado. Unión entre pieza sin curar y pieza curada mediante reticulación química más unión adhesiva. Este método tiene el inconveniente de que es difícil controlar el espesor y la distribución homogénea de la línea de unión entre las piezas unidas. Además, son necesarias algunas operaciones secundarias de unión y preparatorias como, por ejemplo, el aporte de una capa adhesiva para realizar la unión, el uso de un tejido desechable que hay que despegar antes de la adhesión y a veces las superficies necesitan ser pulidas y limpiadas antes de la unión. Como consecuencia, dicho método implica altos tiempos de trabajo y costes recurrentes y deben realizarse un elevado número de pasos para lograr una unión de calidad.

- 20 - Unión secundaria. Unión entre dos piezas curadas mediante adhesivo. Tiene el inconveniente de que es difícil asegurar una distribución homogénea de la línea de unión, lo que conduce a un comportamiento no apropiado del adhesivo. Por lo tanto, se requieren remaches después de la unión para prevenir el fallo del adhesivo. Además, son necesarias operaciones secundarias de unión y preparatorias como, por ejemplo, el aporte de una capa adhesiva para realizar la unión, y a veces las superficies necesitan ser pulidas y limpiadas antes de la unión.

- 25

30 Se conoce el documento EP1074466 que divulga hojas textiles de refuerzo que se superponen en mandriles. Las hojas textiles de refuerzo superpuestas en los mandriles se colocan en un molde cerrado. Se introduce una resina termoendurecible en el molde cerrado para impregnar las hojas textiles de refuerzo superpuestas. La resina termoendurecible impregnada en las hojas textiles de refuerzo superpuestas se hace hasta un estado medio en el molde cerrado para formar un componente del ala de material compuesto en un estado medio que incluye un larguero trasero, costillas, un revestimiento superior y un revestimiento inferior. El componente del ala de material compuesto en un estado medio se saca del molde y se retira el mandril del componente del ala de material compuesto en un estado medio. Se pegan entre sí el componente del ala de material compuesto en un estado medio y un larguero frontal en un estado medio con un adhesivo para formar una estructura de un ala en un estado medio. La estructura en un estado medio se somete a un proceso de finalización a alta temperatura para finalizar la estructura del ala y el adhesivo de forma simultánea.

40 También se conoce el documento US2009/115088 que divulga un proceso para producir un componente sustancialmente en forma de concha, a partir de un material sintético sustancialmente reforzado con fibra de carbono que tiene al menos una zona de refuerzo local y al menos un elemento de rigidización, en particular un recubrimiento del fuselaje, un recubrimiento del ala, un recubrimiento del estabilizador vertical u horizontal de una aeronave o similar. Comprende los siguientes pasos: proporcionar al menos un doblador que ya ha sido curado, sobre al menos un recubrimiento del revestimiento parcialmente curado para formar la zona de refuerzo local, aplicar al menos un elemento rigidizador ya curado, y colocar al menos un soporte angular de conexión, a lo sumo parcialmente curado, contra el al menos elemento rigidizador al menos en la región del al menos un doblador, y curar el revestimiento de la concha y el soporte angular de conexión.

45

También se conoce el documento EP0770463 que divulga un proceso para el moldeo de piezas alargadas de alta resistencia realizadas de un material compuesto de fibra y resina, especialmente los álabes de turbinas, como álabes de ventiladores, se divulga la disposición de una pluralidad de elementos de calefacción y refrigeración dentro del cuerpo del molde a intervalos a lo largo de la longitud de la cavidad del molde, y la resina líquida que se inyecta por un extremo en la cavidad del molde que contiene la preforma de la fibra se polimeriza progresivamente a partir del extremo opuesto de la cavidad del molde, mientras se mantiene el suministro de resina líquida bajo presión a la cavidad, desactivando sucesivamente los elementos de enfriamiento, que mantienen la resina en el estado líquido, a intervalos de tiempo predeterminados que comienzan desde dicho extremo opuesto de la cavidad del molde y progresando a su vez hacia dicho extremo, y en sincronía con la activación sucesiva de los elementos calefactores para elevar la temperatura de la resina a la temperatura de polimerización progresando a su vez de dicho extremo opuesto a un extremo de la cavidad del molde. El proceso permite evitar que se encojan las cavidades en la pieza terminada.

Finalmente se conoce el documento WO2014/112274 que divulga un método para producir un material compuesto. El material compuesto estando configurado a partir de al menos dos elementos moldeados, al menos uno de los elementos moldeados para configurar el material compuesto se prepara sometiendo a un curado primario. El elemento moldeado sometido a un curado primario se monta al otro elemento moldeado para configurar el material compuesto con o sin un adhesivo entre ellos, preparando así un cuerpo ensamblado. El cuerpo ensamblado se calienta al menos hasta el punto de transición vítrea del al menos un elemento moldeado sometido a un curado primario, causando que al menos el artículo moldeado quede en un estado gomoso. El adhesivo en contacto mutuo con el elemento moldeado o el otro elemento moldeado en contacto mutuo con el elemento moldeado es forzado a coexistir con el elemento moldeado en estado gomoso mediante un proceso de curación. El al menos un elemento moldeado sometido al curado primario se somete a un curado secundario, y el al menos un elemento moldeado y el otro elemento moldeado se integran.

Descripción de la invención

Esta invención se centra en la fabricación de piezas complejas de material compuesto con un método que logra una reducción de las etapas de fabricación y una reducción de las uniones remachadas.

El método reivindicado es adecuado para unir al menos una primera pieza y una segunda pieza y se caracteriza por que comprende los siguientes pasos:

- se coloca una preforma de la primera pieza en un molde para moldeo por transferencia de resina,
- se calienta dicha primera pieza en el molde para moldeo por transferencia de resina para llevar a cabo un ciclo de curado de la primera pieza,
- se enfría dicha primera pieza antes de que se complete el ciclo de curado de manera que se obtenga una primera pieza semi-curada,
- se une la primera pieza semi-curada a una segunda pieza preimpregnada curada para la obtención de la pieza final de material compuesto.

La presente invención desarrolla un nuevo tipo de unión: piezas de material compuesto curadas combinadas con piezas no totalmente curadas. Esta unión combina las principales características / ventajas de los métodos de co-curado y co-pegado, aumentando por tanto la calidad del método de fabricación.

La invención permite la fabricación de piezas no completamente curadas fabricadas mediante moldeo por transferencia de resina (RTM) capaces de ser post curadas y consolidadas con piezas homólogas curadas tradicionalmente con el objetivo de producir estructuras integradas de una sola vez (one-shot), reduciendo costes y tiempo. Asegurando un adecuado grado de curado, la primera pieza de material compuesto es capaz de adaptarse a las variaciones de espesor de la segunda pieza de material compuesto manteniendo la geometría sin que la pieza semi-curada pierda resina.

La unión entre la primera pieza semi-curada y la segunda pieza curada preimpregnada podría ser realizada por una prensa mecánica o por medios neumáticos o hidráulicos o en un autoclave. Además, la unión entre la primera pieza semi-curada y la segunda pieza curada preimpregnada se realiza mediante la inserción de un adhesivo estructural entre ambas piezas.

5 Las principales ventajas del método objeto de la invención son:

- Alto control de la homogeneidad y grosor de la línea de unión, asegurando un rendimiento mecánico adecuado del adhesivo de unión. Reticulación química como unión mecánica.
- Evita las operaciones secundarias de unión y las preparatorias, por ejemplo, la aplicación de una capa adhesiva o el pulido. Implica una alta reducción del tiempo de trabajo y de los costes recurrentes de
10 varios procesos de fabricación.
- Reduce o evita las uniones remachadas.
- Altas ventajas con respecto a las condiciones de almacenamiento de la piezas semi-curadas en comparación con las piezas no curadas.
- Alta flexibilidad / adaptabilidad para la unión de piezas con geometrías complejas sin generar tensión
15 residual interna.

La resina semicurada hace a la primera pieza deformable a la temperatura en que se curan los preimpregnados y, por lo tanto, exhiben la capacidad de adaptarse a los cambios geométricos de la segunda pieza, tales como los cambios de espesor o para absorber las tolerancias dimensionales.

20 Además, también es un objeto de la invención un molde para su uso en el moldeo por transferencia de resina que comprende una cavidad para la inserción de una pieza preforma de material compuesto caracterizado por el hecho de que comprende, además, un número de resistencias de calor independientes y un sistema de refrigeración que permiten un control detallado de la temperatura de la pieza de material compuesto durante el ciclo de curado de la primera pieza.

Descripción de las figuras

25 Para completar la descripción y con el fin de proporcionar una mejor comprensión de la invención, se proporciona un conjunto de dibujos. Dichos dibujos forman una pieza integral de la descripción e ilustran realizaciones preferidas de la invención. Los dibujos comprenden las siguientes figuras.

La figura 1 muestra una vista en perspectiva de un larguerillo unido a un revestimiento, siendo el larguerillo la primera pieza de material compuesto y el revestimiento la segunda pieza de material compuesto.

30 La figura 2 muestra una sección transversal de una realización de un molde de moldeo por transferencia de resina.

La figura 3 muestra una representación esquemática de la distribución de una resistencia de calentamiento en una sección transversal del molde de la figura 2.

La figura 4 muestra una representación esquemática de la distribución de un flujo de fluido de refrigeración en una sección transversal del molde de la figura 2.

35 La figura 5 muestra una representación esquemática de una realización que muestra la distribución de placas de sujeción utilizadas en la unión del larguerillo y el revestimiento de la figura 1.

La figura 6 muestra una representación esquemática de una realización que muestra la distribución de placas de sujeción utilizadas en la unión del larguerillo y el revestimiento de la figura 1.

La figura 7 muestra una representación esquemática de la unión entre una primera pieza de material compuesto y una segunda pieza de material compuesto.

5 Descripción detallada de la invención

Hay varios componentes que podrían ser fabricados con el método reivindicado, por ejemplo, la integración de larguerillos en el ala, cubiertas del estabilizador horizontal (HTP) y el estabilizador vertical (VTP), cuadernas del fuselaje remachadas o la integración de larguerillos en omega en el fuselaje. Las figuras que acompañan a la descripción muestran un larguerillo en T (1) unido a un revestimiento (2).

10 En la realización mostrada el material semi-curado está fabricado mediante el uso de moldeo por transferencia de resina a partir de telas de carbono tejido y resina epoxi (RTM). La temperatura de transición vítrea (T_g) de la pieza semi-curada (1) debe estar entre dos límites. Por un lado, la temperatura de transición vítrea debe ser lo suficientemente alta para mantener la pegajosidad y la deformabilidad de la primera pieza (1) dentro de lo aceptable. Por otro lado, la temperatura de transición vítrea debe ser lo suficientemente baja para proporcionar a la pieza semi-curada (1) la adaptabilidad necesaria para el ciclo de post-curado posterior.

20 El control de la homogeneidad de la temperatura y del tiempo del proceso de RTM es importante para alcanzar los grados específicos de curación requeridos para la posterior integración de la primera (1) y segunda (2) pieza. Con este fin, el molde (3) de RTM está equipado con un número de resistencias de calor independientes (4), que permiten un control detallado de la temperatura de la primera pieza (1). La figura 3 muestra una sección transversal de una realización para la ubicación del sistema de calefacción (4) en el molde (3) de RTM.

25 Según la invención, se detiene la reacción exotérmica de la resina epoxi. En la realización mostrada se detuvo por la re-circulación de un fluido frío en el molde (3) de RTM de acuerdo con un ciclo de curado específico. En particular, el fluido frío recirculado es agua. El enfriamiento inicial mediante agua se lleva a cabo a través de agujeros específicos mecanizados sobre el molde (3). La temperatura de transición vítrea para este caso está cerca de la temperatura ambiente.

30 En una realización mostrada en las figuras un larguerillo parcialmente curado (1) está unido a un revestimiento curado (2). Las preformas de larguerillos (1) se preparan mediante encintado de capas con diferentes orientaciones. La conformación en caliente de las capas requiere la vinculación de las capas secas mediante bolsa de vacío en un horno a 80°C durante una hora. La herramienta de conformación en caliente permite preparar dos perfiles en L y las piezas de fijación necesarias para el montaje del larguerillo (1).

35 Las preformas de larguerillos (1) fabricadas de acuerdo con el procedimiento indicado en el párrafo anterior se inyectan usando un molde de RTM de tres piezas (3) como se muestra en la figura 2. Dos sistemas de calefacción (alma y ala) se montan de forma independiente en diferentes secciones transversales para garantizar una buena homogeneidad de la temperatura del molde (3) RTM durante el ciclo de curado del larguerillo (1) como se muestra en la Figura 3. Cada resistencia de calentamiento está equipada con un termopar K para controlar la potencia suministrada durante el tiempo. Se emplea una unidad de control con el fin de controlar de forma independiente los grupos de resistencias repetidos a lo largo de las diferentes secciones transversales del molde (3) de RTM.

40 En una realización, todos los puertos de entrada / salida del molde (3) RTM se cierran y se eleva la temperatura hasta 140°C para el semicurado del larguerillo (1). Dicha temperatura objetivo está cerca de los 180°C que representa el estado completamente curado. El grado específico de curación se obtiene sometiendo el larguerillo (1) a 140°C durante un tiempo especificado. El tiempo de curado apropiado fue seleccionado en diferentes ensayos y errores combinados con la medición del grado de curado mediante calorimetría de barrido diferencial.

45 También se realizaron disposiciones para la circulación de agua en las tres piezas de molde (3) RTM. Los calentadores (4) y enfriadores (5) no se colocan en la misma sección transversal con el fin de distribuir el calentamiento y las cargas de enfriamiento uniformemente a lo largo de la longitud del molde (3) de RTM.

Se determinó un ciclo de curado para el 50% y el 75% de grado de curado. Las variaciones de temperatura entre ambas pruebas eran bajas y con un impacto insignificante sobre la homogeneidad del grado de curado. Esto fue demostrado por el mapeo de la temperatura de transición vítrea sobre la longitud y la sección de los larguerillos (1).

5 El enfriamiento del molde (3) de RTM por debajo de la temperatura de curado puede llevarse a cabo en dos etapas. En primer lugar, el líquido a temperatura ambiente se conduce a través del molde (3) hasta que la temperatura se disminuye a, por ejemplo, 20°C (esta temperatura es suficiente para manejar y abrir el molde (3)). El larguerillo semicurado (1) se encuentra todavía en una situación deformable y fuerzas de desmoldeo simples son suficientes para producir deformaciones significativas. Sin embargo, una caída de temperatura adicional hasta, por ejemplo, 0°C se realiza desde los 20°C usando, por ejemplo etanol como fluido de refrigeración. Esta última operación se hace para asegurar que la manipulación del larguerillo semicurado (1) sea correcta sin ninguna deformación externa impuesta por el operador. Además, la pegajosidad de la resina semicurada a temperatura ambiente es alta para la manipulación y un enfriamiento a, por ejemplo, -5°C ayuda en la manipulación del material.

15 El procedimiento de sobre-enfriamiento facilita la extracción de la primera pieza semicurada (1) del molde (3). En la realización descrita, los larguerillos semicurados (1) se almacenaron primero en nevera a una temperatura próxima a la temperatura objetivo de enfriado, por ejemplo, a 2°C, para mantener el grado de curado y, cuando sea necesario, someterlos a corte y operaciones de mecanizado antes a la integración con los revestimientos de preimpregnada (2).

20 El corte y operaciones de mecanizado en materiales semicurados podrían potencialmente ser difíciles debido al estado semicurado de la resina. El corte directo con disco no es viable puesto que la resina semicurada no es capaz de mantener las fibras. La resina semicurada es deformable y con la fricción y el calor generado durante el mecanizado, la resina se hizo más suave permitiendo que las fibras del tejido se muevan libremente generando dificultades en el corte por agrupamiento del material, la deslaminación de los pliegues, etc. Por lo tanto, se aplican procedimientos de corte específicos para reducir tales dificultades en la elaboración de los larguerillos (1) con una forma final controlada antes de la integración con los revestimientos de preimpregnada (2). Más específicamente los bordes laminados se sujetan durante el corte.

25 Los revestimientos preimpregnados (2) se preparan por encintado (lay-up) con preimpregnado unidireccional en diferentes orientaciones y con la ayuda de una placa de acero plano utilizada para el encintado y el curado. La placa de acero fue grabada en ambos lados con líneas de marcado para ayudar durante el encintado y las operaciones de recorte. Se insertaron cuatro contactos en las placas para servir como guías para las placas de sujeción (6, 7, 8) durante la consolidación en el autoclave.

30 Las placas de sujeción angulares (7) y planas (6) están adaptadas a la forma de los larguerillos (1). Adicionalmente, la figura 7 muestra una primera pieza (1) en forma de un panel y un revestimiento (2) preimpregnado en el que la placa de sujeción (8) tiene la forma del revestimiento (2).

En todos los casos, el montaje de las piezas primera y segunda (1, 2) se lleva a cabo en un autoclave y mediante la inserción de un adhesivo estructural entre ambas piezas (1, 2).

REIVINDICACIONES

1.- Método para la fabricación de piezas de material compuesto, en el que al menos una primera pieza (1) de material compuesto se une a una segunda pieza (2) de material compuesto, caracterizado por que comprende los siguientes pasos:

- 5 - se coloca la preforma de la primera pieza de material compuesto (1) en un molde para moldeo por transferencia de resina (3),
- se calienta dicha primera pieza (1) en el molde para moldeo por transferencia de resina (3) para realizar un ciclo de curado de la primera pieza (1),
- 10 - se enfría dicha primera pieza (1) mediante la recirculación de un fluido en el molde (3) antes de que el ciclo de curado se complete de manera que se obtiene una primera pieza semi-curada (1),
- se realiza la etapa de enfriamiento en dos etapas, una primera etapa en la que un primer fluido se conduce a través del molde (3) hasta que la temperatura de la primera pieza (1) de material compuesto se reduce a temperatura ambiente y una segunda etapa en la que se logra una caída adicional de la temperatura,
- 15 - se une la primera pieza (1) semi-curada a una segunda pieza (2) preimpregnada curada para la obtención de la pieza final de material compuesto.

2.- Método para la fabricación de piezas de material compuesto, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unión entre la primera pieza (1) semi-curada y la segunda pieza (2) preimpregnada curada se realiza mediante la inserción de un adhesivo estructural entre ambas piezas (1, 2).

20 3.- Método para la fabricación de piezas de material compuesto, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la unión entre la primera pieza (1) semi-curada y la segunda pieza (2) preimpregnada curada se lleva a cabo en un autoclave.

25 4.- Método para la fabricación de piezas de material compuesto de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2, en el que la unión entre la primera pieza semi-curada (1) y la segunda pieza preimpregnada curada (2) se lleva a cabo por una prensa mecánica.

5.- Método para la fabricación de piezas de material compuesto de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2, en el que la unión entre la primera pieza (1) semi-curada y la segunda pieza (2) preimpregnada curada se realiza por medios neumáticos o hidráulicos.

30 6.- Método para la fabricación de piezas de material compuesto, de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que antes de proporcionar la primera pieza de material compuesto (1) en el molde para moldeo por transferencia de resina (3) dicha primera pieza (1) de material compuesto está conformada en caliente.

35 7.- Método para la fabricación de piezas de material compuesto, de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que la primera pieza (1) semi-curada se almacena a una temperatura próxima a la temperatura de enfriamiento objetivo para mantener el grado de curado antes de su integración posterior con la segunda pieza (2) preimpregnada curada.

8.- Método para la fabricación de piezas de material compuesto, según la reivindicación 1, en el que el fluido es agua.

9.- Método para la fabricación de piezas de material compuesto, según la reivindicación 1, en el que la caída adicional de la temperatura que se alcanza es hasta -5 °C.

10.- Método para la fabricación de piezas de material compuesto, según la reivindicación 1, en el que la caída adicional de la temperatura que se alcanza es hasta 0 °C.

5 11.- Molde (3) para Moldeo por Transferencia de Resina (RTM) para la fabricación de piezas de material compuesto que comprende una cavidad para la inserción de una preforma de una pieza (1) de material compuesto caracterizado por que comprende además una serie de resistencias de calor (4) independientes y un sistema de refrigeración (5) que permite un control de la temperatura de la pieza (1) de material compuesto,

10 - las resistencias de calor (4) estando configuradas para el calentamiento de la preforma de la pieza (1) de material compuesto para la realización de un ciclo de curado de la primera pieza, y

- el sistema de enfriamiento comprendiendo:

- medios para el enfriamiento de la preforma de la pieza (1) de material compuesto, dichos medios configurados para la recirculación de un fluido en el molde (3) antes de que el ciclo de curado sea completado de modo que se obtenga una primera pieza (1) semicurada, y

15 • medios para la realización de la etapa de enfriamiento en dos etapas, configurados para para conducir, en una primera etapa, un primer fluido a través del molde (3) hasta que la temperatura de la primera pieza (1) de material compuesto se reduce a temperatura ambiente y configurados para proporcionar una caída adicional de la temperatura, en una segunda etapa.

20 12.- Molde (3) para Moldeo por Transferencia de Resina (RTM) para la fabricación de piezas de material compuesto de acuerdo con la reivindicación 11, en el que las resistencias de calor (4) y el sistema de refrigeración (5) no se colocan en la misma sección transversal del molde (3) con el fin de distribuir las cargas de calefacción y refrigeración de manera uniforme en toda la longitud del molde (3).

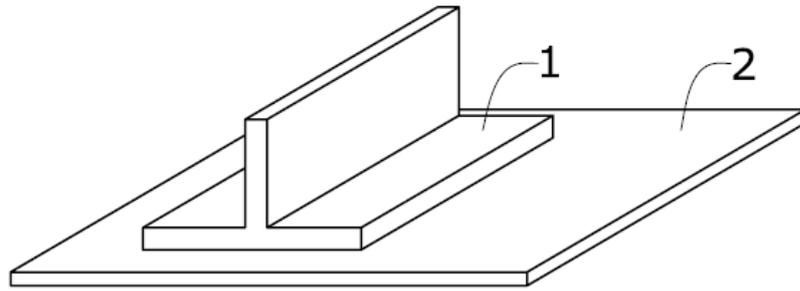


FIG. 1

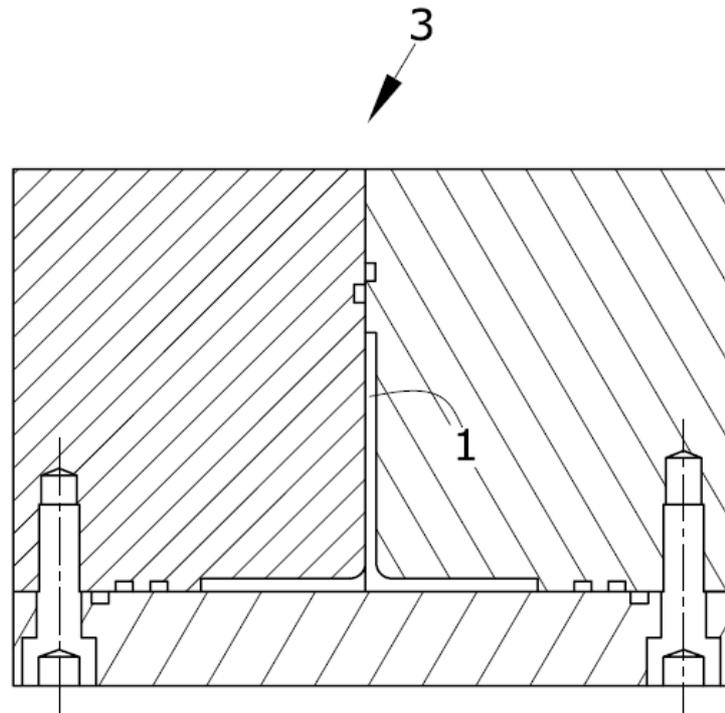


FIG. 2

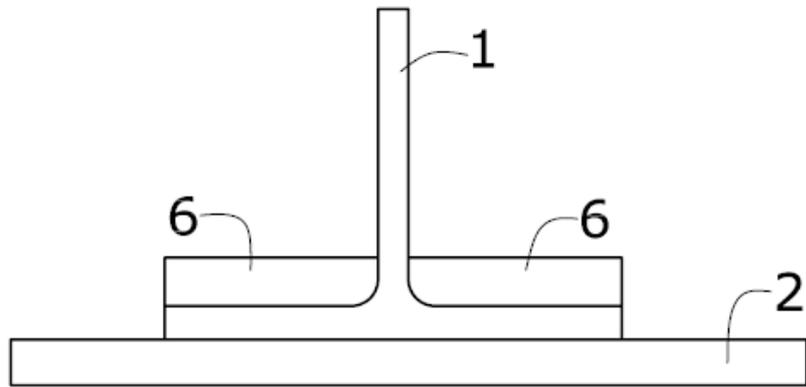


FIG.5

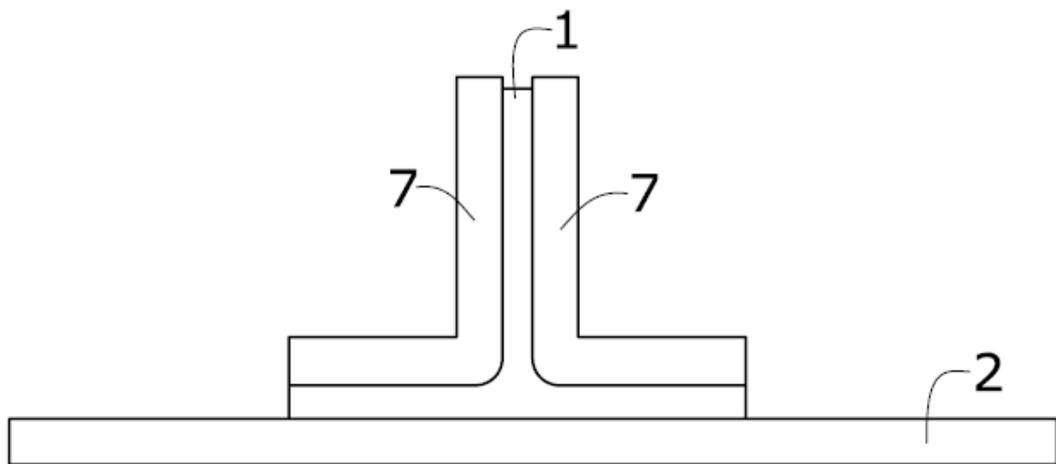


FIG.6

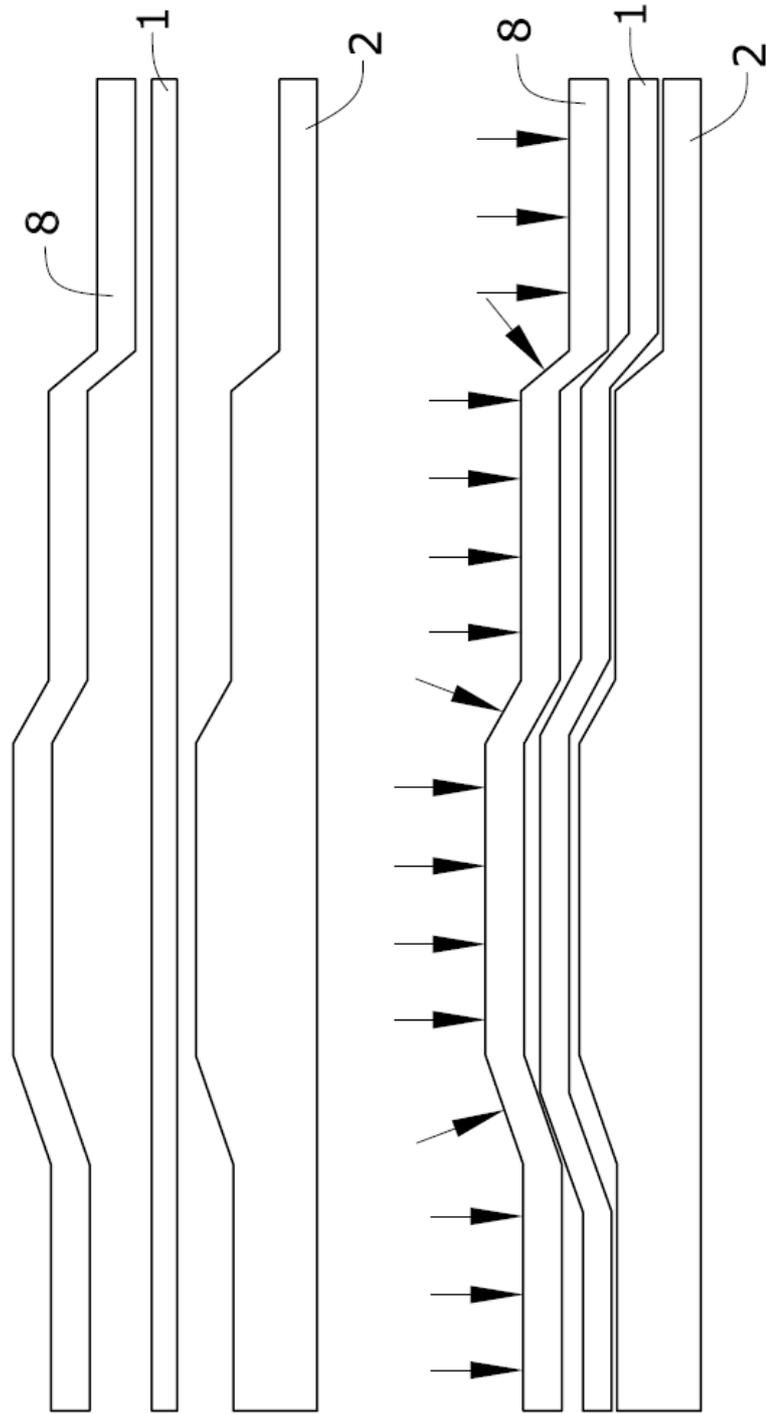


FIG.7