

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 715 305**

51 Int. Cl.:

F24S 23/70

(2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.03.2012** **PCT/ES2012/070166**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.09.2012** **WO12123611**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.03.2012** **E 12717332 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2018** **EP 2687791**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de un elemento reflector**

30 Prioridad:

14.03.2011 EP 11382068

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

03.06.2019

73 Titular/es:

RIOGLASS SOLAR, S.A. (100.0%)
Poligono Industrial de Sovilla, 4
33612 Santa Cruz de Mieres - Asturias, ES

72 Inventor/es:

AINZ IBARRONDO, FÉLIX

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 715 305 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

Procedimiento para la fabricación de un elemento reflector

5 Campo técnico de la Invención

La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un elemento reflector para campos solares.

10 El elemento reflector es de aplicación en el campo de la tecnología termosolar de concentración, para la producción de energía eléctrica a partir de la radiación solar.

Antecedentes de la Invención

15 La tecnología termosolar de concentración, permite, gracias a las elevadas temperaturas obtenidas al concentrar la radiación solar mediante un conjunto de reflectores distribuidos a lo largo de un campo solar, la obtención de vapor o aire calientes que se emplearán para la producción de electricidad siguiendo procesos convencionales.

20 De entre las diferentes variantes para generar electricidad por concentración de la radiación solar, el elemento reflector de la presente invención resulta especialmente ventajoso para la tecnología de concentración de torre.

La tecnología de torre utiliza un conjunto de reflectores móviles, también conocidos como heliostatos, que mediante el movimiento generalmente en torno a dos ejes son capaces de reflejar y concentrar la radiación solar sobre un único receptor central situado en la zona superior de una torre.

25 Cada heliostato comprende a su vez una superficie o lámina reflectante sobre la que incide directamente la radiación, una estructura portadora, los mecanismos para que la estructura portadora realice los movimientos de orientación hacia la radiación solar y medios de unión entre la lámina reflectante y la estructura portadora.

30 La lámina reflectante puede tener un área variable, llegando a ser en aquellas plantas de mayor tamaño, de hasta 120 m². Esta lámina está constituida en realidad por un conjunto de espejos, estando montado cada uno sobre un bastidor que le sirve de elemento de unión a la estructura. En un ejemplo particular la lámina reflectante está constituida por 28 espejos. Las dimensiones de cada uno de estos espejos pueden variar de unas instalaciones a otras, pero un tamaño de espejo de uso muy extendido en la industria es 3210 x 1350 mm.

35 En el contexto de la presente invención, se entenderá por elemento reflectante el conjunto formado por el espejo y el bastidor sobre el que va montado. Este bastidor consiste en una estructura de soporte generalmente metálica, y fabricada a partir de perfiles metálicos unidos entre sí o chapa estampada. Su función es aportar rigidez al conjunto, mantener la curvatura en aquellos casos en los que la lámina reflectante lo requiera y posibilitar la unión mecánica entre el espejo y la estructura del heliostato.

40 Generalmente, cada uno de los elementos reflectantes está dotado de una ligera curvatura para poder dirigir la radiación solar hacia el foco del campo. El grado de curvatura dependerá de la posición del elemento reflectante en el campo solar.

45 Las características técnicas requeridas a los elementos reflectantes para realizar con eficacia su trabajo de concentrar la radiación solar en un foco son:

- Precisión de curvado para poder concentrar la radiación reflejada a elevadas distancias.

50 - Valores de reflectancia por encima del 93 % para maximizar la relación entre la radiación reflejada respecto a la radiación solar incidente.

- Resistencia a la intemperie, manteniendo las propiedades mecánicas y físicas a lo largo de la vida útil del campo solar.

55 Además de cumplir las especificaciones arriba explicadas, los elementos reflectores deben contribuir a la viabilidad económica del campo solar por lo que su fabricación debe poder realizarse en condiciones de producción en masa y utilizando para la misma elementos de bajo coste.

60 Los principales problemas que presenta la tecnología actual son aquellos derivados del diseño y proceso de fabricación del bastidor que soporta los espejos de los heliostatos.

65 Como se ha comentado, estos bastidores están formados generalmente por un conjunto de perfiles metálicos unidos mecánicamente mediante soldaduras o uniones atornilladas formando una estructura de soporte metálica con un marco exterior que suele ser rectangular.

Un primer problema de este diseño es el excesivo peso de la estructura, derivado de la propia naturaleza de los materiales metálicos. Esta elevada inercia supone una dificultad añadida para la realización de movimientos de seguimiento del sol por parte del heliostato. Este tipo de bastidor presenta además una debilidad ante los agentes climáticos (corrosión por humedad, dilatación ante cambios bruscos de temperatura, etc) en aquellos puntos de unión entre los distintos elementos metálicos, lo que a largo plazo puede derivar en problemas catastróficos.

El elevado peso de estos bastidores limita además el tamaño de los espejos que conforman la lámina reflectante del heliostato, precisando por tanto de un mayor número de espejos y en consecuencia, incremento de los costes.

Un tercer problema, y muy importante, es el elevado coste de fabricación de estas estructuras, motivado por la alta precisión geométrica que se requiere para lograr una buena interceptación. Esto exige trabajar con una elevada precisión mecánica y alta calidad dimensional, lo que en procedimientos de fabricación que incluyen soldaduras y uniones mecánicas implica elevados costes de fabricación. Este hecho se agrava en aquellos casos en que la lámina reflectante va directamente pegada con adhesivos a la estructura metálica, pues a las dificultades de conseguir una alta precisión de construcción en un bastidor curvado, se unen las irregularidades propias de extender el adhesivo sobre una lámina reflectante de bajo espesor, que, a largas distancias, suponen una pérdida sustancial de interceptación.

El documento ES2351755A1 plantea una solución al problema de la precisión de curvado mediante el empleo de unas piezas de fijación que se adhieren directamente a la superficie del vidrio espejado y posibilitan el curvado de la pieza sobre el bastidor sin necesidad de curvar este último. Sin embargo, este sistema precisa igualmente de unos largos tiempos de ajuste manuales y no soluciona los problemas derivados de la estructura metálica del bastidor.

En el documento ES2326586A1 se sustituye el bastidor a base de perfiles metálicos por un bastidor de chapa aligerada estampada por procesos de embutición, lo que le confiere un menor peso y mayor rapidez de ejecución. Sin embargo, el elemento reflector sigue estando constituido por dos unidades independientes, bastidor y lámina reflectante, que es preciso unir. En este caso la unión se realiza por adhesivo, de forma que el contacto entre lámina reflectante y bastidor se produce en distintas zonas localizadas del bastidor, lo que exige una elevadísima precisión de mecanizado y es fuente de problemas ópticos, tanto por la existencia de zonas de pegado en distintas posiciones como los derivados de la uniformidad de la capa de adhesivo. Todas estas fuentes de error se maximizan y convierten en desviaciones focales en la larga distancia que separan el rayo reflejado del foco receptor.

Todas las soluciones anteriormente descritas tienen en común el hecho de que el bastidor soporta el espejo por su cara inferior, quedando este con toda su superficie lateral expuesta. Las láminas reflectantes están generalmente constituidas con un espejo de vidrio monolítico de 3 mm y sin ningún tipo de tratamiento para mejorar sus propiedades mecánicas, por ejemplo, templado. En estas condiciones, los espejos constituyen un punto débil a la hora de realizar las tareas de limpieza y mantenimiento propias del campo solar, siendo fuente de frecuentes roturas y el consiguiente problema de seguridad para las personas.

Además de los problemas antes mencionados, los reflectores de este tipo con un bastidor metálico descrito en los párrafos anteriores presenta el problema de controlar las ondulaciones periféricas como resultado del proceso de formación para obtener la curvatura deseada en el vidrio, ya que dicho proceso de formación se realiza mecánicamente, que a la larga se traduce en un reflejo no uniforme en los bordes cuando el reflejo objetivo para optimizar la eficacia de una central termosolar de torre es un círculo lo más perfecto posible.

El documento ES8306688 reivindica un procedimiento de fabricación de una parte de solución de los problemas antes mencionados de peso excesivo y roturas en el campo mediante el uso de un elemento reflector de tipo sándwich. Sin embargo, este elemento reflector no elimina los problemas ópticos derivados del uso de adhesivos para pegar el espejo de vidrio a un sustrato más o menos plano, ni permite la fabricación de elementos reflectores con una superficie grande. Además, el procedimiento para fabricación se lleva a cabo en dos etapas de laminación. En una primera etapa, la lámina de espejo de vidrio fina se lamina mediante el uso de un adhesivo convencional en una lámina de respaldo y en una segunda etapa, este conjunto se lamina de nuevo en una segunda lámina de respaldo para formar el reflector compuesto terminal. Esta etapa doble incrementa los tiempos de fabricación y por tanto incrementa los costes del proceso. La primera etapa de laminación limita además las dimensiones máximas del reflector debido a las diferencias de coeficientes de expansión entre el sustrato de vidrio y la lámina en la que se pega directamente.

El documento US2010/0043779 divulga un procedimiento de fabricación de un elemento reflector en un sistema de prensado que comprende primeros y segundos medios de aproximación calentados.

Un punto crítico en los procesos existentes de los reflectores de tipo sándwich en los procesos de fabricación existentes y que las soluciones conocidas no abordan con claridad y eficacia es el control de la precisión de la geometría óptica de la concentración debido a las diferencias en los coeficientes de expansión de los materiales a unir.

En el contexto de la presente invención la precisión óptica se entiende como la medición estadística obtenida como la raíz cuadrada de la media cuadrática o RMS de los valores de desviación angular de la superficie reflectante. En el

actual estado de la técnica, un reflector esférico válido para realizar las funciones de concentrar energía solar en una central termosolar de tipo torre debe tener un valor de precisión óptico de superficie menor que 1,5 mrad.

Sumario de la invención

5 Los inconvenientes antes mencionados se solucionan mediante un procedimiento de fabricación de acuerdo con la reivindicación 1.

Las reivindicaciones dependientes presentan realizaciones ventajosas de la invención.

10 Un elemento reflector compuesto de tipo sándwich se proporciona mediante la presente invención que, a diferencia de los elementos anteriores, se forma en una única etapa de fabricación eliminando la dualidad de bastidor-espejo siguiendo un proceso con control de temperatura diferencial. El resultado del procedimiento para fabricación es un elemento reflector compuesto autoportante adecuado para anclarse directamente a la estructura portante del heliostato sin necesitar elementos de soporte intermedios, sin ondulaciones periféricas y con un buen factor de intercepción.

El elemento reflector presenta una estructura tipo sándwich que comprende una lámina reflectante adecuada para reflejar radiación solar, una lámina de refuerzo y una capa de espuma dispuesta entre la lámina reflectante y la lámina de refuerzo.

20 El procedimiento para fabricar el elemento reflector de la invención se implementa en un sistema de prensado que comprende primeros medios de aproximación y segundos medios de aproximación, y comprende las siguientes etapas:

- 25 - calentar el primer medio de aproximación a una temperatura T1,
- disponer una primera lámina reflectante en dicho primer medio de aproximación, adquiriendo la lámina reflectante dicha temperatura T1,
- disponer medios de separación en la periferia de la lámina reflectante,
- 30 - disponer una lámina de refuerzo en contacto con dichos medios de separación en la distancia definida por la altura de la misma,
- calentar el segundo medio de aproximación a la temperatura T2 diferente de T1,
- mover el primer y segundo medio de aproximación más cerca entre sí, de manera que el segundo medio de aproximación contacte con la lámina de refuerzo y adquiera la temperatura T2, y
- 35 - proporcionar un material espumable de manera que llene completamente el hueco entre la primera lámina y la lámina de refuerzo sometiendo a presión, adquiriendo el material espumable su consistencia final y formando una capa sustancialmente rígida de espuma adherida a ambas láminas, y
- extraer el elemento reflector y dejar que se enfríe a una temperatura ambiente una vez que el proceso de curado de la capa de espuma se completa.

40 En una realización, el medio de aproximación del sistema de prensado corresponde a las placas convencionales de una prensa de fabricación. Además, el medio de separación que puede actuar como medio para retener o confinar la espuma a inyectar, establece una distancia adecuada para configurar un elemento reflector.

45 En una variante de realización, la lámina reflectante y/o lámina de refuerzo adoptarán un cierto grado de curvatura gracias a algún medio de curvado, preferentemente moldes, dispuesto en el medio de aproximación.

Ventajosamente la diferencia de temperatura entre T1 y T2 está en el intervalo de 1 a 30, y preferentemente de 5 a 20 °C.

50 La lámina reflectante permite realizar las funciones de reflexión de la radiación solar según los requerimientos descritos anteriormente. La lámina reflectante puede ser una lámina plástica, metálica o de vidrio. Para garantizar las propiedades de reflexión requeridas, la lámina reflectante puede estar dotada de un recubrimiento reflectante.

55 Dicha lámina reflectante está en contacto con el material espumable que se compacta en la capa de espuma que sirve para intercalar, formando una estructura de tipo sándwich con una segunda lámina de refuerzo o rigidizadora, obteniendo así un sándwich extremadamente rígido como resultado de la acción conjunta de las dos láminas por el material para intercalar. Los componentes principales del sándwich se unen así en un solo paso de fabricación para formar un único elemento reflector autoportante.

60 Aunque se han realizado intentos de fabricación de espejos termosolares compuestos de peso ligero como el descrito como estado de la técnica, estos procedimientos requieren la utilización de adhesivos intermedios, operaciones de laminación y materiales adicionales y no solucionan eficazmente los grandes requisitos de precisión óptica requerida por la industria hoy. Esto se traduce en pérdida de intercepción a larga distancia, limitación de dimensiones máximas y elevados costes de fabricación, por lo que la industria termosolar no los emplea en la actualidad.

65

En una realización preferida en que la lámina reflectante es una lámina de vidrio dotada de un recubrimiento reflectante, el recubrimiento reflectante puede estar dispuesto en cualquiera de las dos caras mayores de la lámina, tanto por la cara en contacto con la capa de espuma (cara trasera) como por la cara sobre la que incidirá en primer lugar la radiación solar en una situación de uso del elemento reflector (cara delantera).

El recubrimiento reflectante, tanto si se encuentra dispuesto sobre la cara delantera como si se encuentra sobre la cara trasera, puede ser de tipo monocapa o multicapa (constituido por un conjunto de capas). En cualquiera de los casos anteriores, la lámina reflectante puede disponer de las capas protectoras del recubrimiento reflectante que se consideren necesarias.

El material del recubrimiento reflectante puede ser cualquiera (por ejemplo plata, aluminio, etc.) mientras sea adecuado para la reflexión de la radiación solar. Asimismo, el recubrimiento reflectante puede estar depositado mediante cualquier técnica adecuada, tal como reducción química, reacción química sobre superficies calientes, inmersión, deposición física de vapor (PVD), etc. Igualmente, el recubrimiento reflectante puede ser una lámina reflectante adherida a la lámina de vidrio en cualquiera de sus caras.

En una realización ventajosa, la lámina reflectante será de un espesor de menos de 4 mm, lo que facilitará el curvado de la misma cuando sea necesario y reducirá el peso. Estas láminas reflectantes de menos de 4 mm de espesor, y, en particular en caso de que el recubrimiento reflectante esté depositado en la cara trasera, incrementará los valores de reflectividad por encima de láminas reflectantes más gruesas. Preferiblemente, el espesor de la lámina de vidrio estará comprendido entre 0,8 mm y 4 mm, más preferiblemente entre 1,6 mm y 3 mm.

En el caso de una lámina de vidrio, el sustrato plano de vidrio será preferentemente de vidrio de silicato sodocálcico que puede haber sido sometido a algún tratamiento térmico o químico, como por ejemplo templado, ya sea para dotarlo de una geometría curvada y/o para mejorar su resistencia mecánica.

El sustrato de vidrio será preferentemente monolítico.

El material de la lámina de refuerzo puede ser cualquiera con las características de resistencia a la intemperie, mecánicas y de adherencia adecuadas. En una realización preferida, la lámina de refuerzo será una chapa de metal, tal como aluminio, acero galvanizado o acero pintado. Este material puede presentar además recubrimientos que mejoren sus propiedades de durabilidad y/o adherencia a la espuma intercalar. El espesor de la chapa de metal será preferiblemente de entre 0,3 y 1,5 mm, más preferiblemente de entre 0,5 y 1,5 mm, aún más preferentemente entre 0,5 y 1,0 mm.

La lámina de refuerzo puede presentar un perfil plano u ondulado. Ventajosamente la sección de la lámina de refuerzo tendrá un perfil ondulado para incrementar la rigidez a flexión del elemento reflector compuesto y minimizar así los esfuerzos de tracción sobre la lámina de vidrio reflectante. Ventajosamente, la dirección de los ejes del perfil ondulado o nervios será la de mayor dimensión del elemento reflector.

La adherencia del material espumable intercalar a las superficies de la lámina reflectante y de la lámina de refuerzo depende de la tensión superficial de estas. Para garantizar una buena adherencia, el valor de la tensión superficial de las superficies en contacto con el material intercalar será preferiblemente superior a 36 mN/m, más preferiblemente superior a 38 mN/m. En el caso de una lámina reflectante de vidrio, si esta lleva el recubrimiento reflectante y/o revestimientos adicionales en la cara posterior, entonces la última capa de revestimiento en contacto con la espuma debe cumplir esta condición. Aunque el tipo de revestimiento no está restringido, preferiblemente la última capa de revestimiento en contacto con la espuma será una pintura, más preferiblemente una pintura de tipo poliuretano.

Cuando la lámina de vidrio lleva el recubrimiento reflectante, y las capas protectoras si las hubiera, en la cara delantera, entonces la superficie de la cara trasera de la lámina de vidrio estará en contacto con la espuma adhesiva. Aunque está comprobado que la superficie de un vidrio suficientemente limpio tiene una tensión superficial adecuada para garantizar una buena adhesión, se puede emplear opcionalmente cualquier tipo de recubrimiento en la cara trasera que favorezca las condiciones de adherencia de la misma.

Como material intercalar para conformar la capa de espuma de la estructura de tipo sándwich resulta especialmente ventajoso el empleo de espumas rígidas de poliuretano, preferentemente con estructura celular cerrada. Este material presenta las propiedades de durabilidad, resistencia a la corrosión y a los elementos atmosféricos, impermeabilidad, estabilidad dimensional, características mecánicas y de rigidez requeridas para integrarse en el elemento reflector. No obstante, puede emplearse cualquier producto espumable que presente características adecuadas.

Para que el comportamiento mecánico ante las sollicitaciones exteriores, principalmente cargas de viento, y la relación de peso del elemento reflector compuesto sea la adecuada, el material intercalar espumable cuando está asentado y en condiciones de servicio, tendrá preferiblemente una resistencia a la tracción perpendicular (según EN1607) superior a 0,08 MPa y/o preferiblemente un módulo a tracción perpendicular (según EN1607) superior a 2,9 MPa y/o una resistencia a compresión (según EN826) superior a 0,08 MPa y/o un módulo a compresión (según EN826) superior a 2,9 MPa. La densidad será preferiblemente de entre 30 y 80 Kg/m³, más preferiblemente entre 40 y 60 Kg/m³.

El espesor de la espuma intercalar una vez cohesionada y conformada la estructura tipo sándwich será preferiblemente de entre 20 y 200 mm, preferiblemente de entre 40 y 80 mm o entre 30 y 40.

5 Los medios de separación mecánicos para separar la lámina reflectante y la lámina de refuerzo pueden opcionalmente proporcionarse en el procedimiento de la invención como la etapa anterior a inyectar el material espumable. Dichos medios de separación pueden disponerse dentro de la estructura tipo sándwich, por lo que se incrustarían en su interior. Los medios de separación pueden adicionalmente o como alternativa proporcionarse en la periferia. Ventajosamente, los medios de separación que se disponen en la periferia pueden retirarse una vez que el material espumable se endurece, dando lugar a cavidades que permiten, por ejemplo, uniones machihembradas.

10 En la realización preferente del procedimiento y sistema de la invención, los elementos mecánicos, tal como por ejemplo metal laminar, se disponen limitando los bordes del área a inyectar, a lo largo de toda la periferia como un armazón.

15 En algunos casos, cuando el material espumable se expone por muchos años a radiación ultravioleta, puede sufrir un ligero envejecimiento de superficie. Por tanto, en una realización particular una cubierta protectora perimétrica se dispone como un armazón para evitar que la radiación ultravioleta alcance la espuma. La cubierta perimétrica puede, por ejemplo, ser un recubrimiento de pintura, un cerclaje plástico o metálico.

20 Ventajosamente, la cubierta perimétrica se realiza con la propia lámina de refuerzo, de manera que tiene una extensión en la dimensión de la misma, que permite hacer una flexión local en la periferia con la longitud mínima necesaria para cubrir los bordes del sándwich. En la solución particular, la lámina de refuerzo es una placa metálica provista de una protección anticorrosión, por ejemplo galvanizado o lacado.

25 La lámina de refuerzo tiene unos bordes en forma de U doblados, la base de la U definiendo el espesor del elemento reflector y comprende además un orificio a través del que el material espumable se inyecta.

30 En referencia al procedimiento de fabricación para esta realización particular, después de calentar el primer medio de aproximación a una temperatura T1 y disponer la primera lámina reflectante en dicho primer medio de aproximación, un armazón perimétrico se dispone, la función del cual es evitar la fuga de material espumable. En el momento de la inyección, la lámina de refuerzo se dispone con sus extremos doblados en contacto con el armazón perimétrico y el segundo medio de aproximación se calienta a la temperatura T2 diferente de T1. Después, gracias a algún medio de accionamiento, el medio de aproximación o las placas de la prensa se mueven más cerca hasta que el segundo medio de aproximación contacta con la lámina de refuerzo y el material espumable se inyecta a través de un orificio proporcionado para tal fin en el borde doblado de la lámina de refuerzo, y el conjunto se mantiene en esa posición siempre y cuando el curado de la espuma dure. Ventajosamente, una vez que el proceso termina, las áreas de contacto entre ambas láminas y el borde del sándwich se sellan en sus esquinas para evitar que entre la humedad. El material sellante puede ser cualquier material conocido, por ejemplo butilo o silicio.

40 En otra realización, la lámina de refuerzo se proporciona con alojamientos para elementos de anclaje para anclar a una estructura de soporte. Dichos elementos de anclaje, por ejemplo, elementos roscados, se disponen en los alojamientos de la lámina de refuerzo cuando esta última se dispone en el medio de soporte, antes del proceso de inyectar el material espumable. Una vez la espuma intercalada se adhiere, los elementos de anclaje para anclar a la estructura se incrustan en la estructura tipo sándwich en un extremo y en el otro extremo son accesibles para realizar la unión mecánica correspondiente con la estructura portante del heliostato. Este procedimiento para anclar no es exclusivo ya que las secciones metálicas pueden como alternativa o adicionalmente unirse posteriormente, por ejemplo mediante operaciones de soldadura, a la lámina de refuerzo para incrementar la rigidez del sistema y/o adaptarse a cualquier diseño de anclaje.

50 El procedimiento de la invención permite la fabricación de elementos reflectores con diferentes curvaturas. Para este fin es suficiente que el medio de soporte en el que la primera lámina se dispone, por ejemplo un troquel, tenga la curvatura deseada. En ese caso, una vez que los procesos de prensado e inyección terminan, el elemento reflector resultante será autoportante y tendrá la curvatura deseada. La primera lámina puede adicionalmente o como alternativa tener un cierto grado de curvatura antes del proceso de inyección y prensado.

55 Si unos grados mayores de curvatura se necesitan, el medio de soporte para soportar la lámina de refuerzo también puede tener una geometría curvada y/o incluso la propia lámina de refuerzo puede tener una curvatura antes del proceso de prensado.

60 El procedimiento de la invención en el que el elemento reflector compuesto autoportante se fabrica en una única etapa durante el proceso de formación y adherencia implica una ventaja técnica considerable y reducción de tiempo de fabricación con respecto a tecnologías anteriores.

65 La presente invención proporciona un procedimiento de fabricación a bajo coste y producción en masa de reflectores compuestos autoportantes cuyo campo principal de uso es la tecnología de producción de potencia termosolar mediante un sistema de torre. Sin embargo, la presente invención y sus ventajas también pueden extenderse a otras

tecnologías que requieren el uso de elementos reflectores planos y/o curvados para concentrar la radiación solar, tal como por ejemplo tecnología de cilindro parabólico, tecnología de disco o tecnología Fresnel.

Mientras se inyecta el material espumable, las dos láminas que forman la estructura tipo sándwich se someten a presión alta y por tanto a tensiones compresoras altas. El uso de una lámina reflectante con un sustrato de vidrio es particularmente ventajoso en este sentido debido a la resistencia de compresión alta del vidrio.

Los problemas de corrugación de reflexión y precisión óptica de reflectores actuales se solucionan mediante el procedimiento descrito en la presente invención.

En una configuración convencional de un elemento tipo sándwich donde las láminas en ambos lados de la espuma intercalada tienen el mismo coeficiente de expansión, el procedimiento de fabricación y sistema que comprende los dos moldes entre los que la inyección se lleva a cabo requiere el calentamiento de ambos moldes a una única temperatura para permitir el curado y solidificación de la espuma intercalada preferentemente entre 20 y 40 °C. Para este fin, el sistema se proporciona con medios de calentamiento generalmente consistiendo en un único circuito con un fluido a temperatura, preferentemente agua.

En el caso del elemento reflector objeto de la presente invención, la lámina reflectante y la lámina de refuerzo tienen diferentes coeficientes de expansión. Esto implica que al usar procesos convencionales con una temperatura de calentamiento para ambos moldes, después del proceso de calentamiento requerido para curar la espuma intercalada, ambos materiales tendrán diferentes dimensiones y tras enfriarse, la curvatura de la lámina reflectante se modificará inevitablemente, perdiendo la precisión óptica conferida por la curvatura del molde.

Los inventores han solucionado este inconveniente añadiendo un circuito adicional con un fluido de calentamiento, de manera que cada molde tiene su propia regulación de temperatura independiente. Las dimensiones finales de la lámina de refuerzo y la lámina reflectante resultante justo después del proceso de curado a temperatura se controlan así con diferencias de temperatura adecuadas. Una vez que ambos materiales recuperan sus dimensiones a temperatura ambiente, el resultado es una lámina reflectante con la curvatura deseada, ya que no se modifica sustancialmente por la acción mecánica de la lámina de refuerzo tras recuperar las dimensiones originales.

Por tanto, en línea con el procedimiento de fabricación descrito, el sistema de prensado para fabricar el elemento reflector de la invención comprende,

- primeros medios de aproximación adecuados para soportar una primera lámina reflectante,
- primeros medios de calentamiento para calentar los primeros medios de aproximación a la temperatura T1, de manera que la primera lámina reflectante también adquiere dicha temperatura T1,
- medios de separación adecuados para disponerse en la periferia de la lámina reflectante una vez que la lámina se dispone en el primer medio de aproximación y para contactar con una lámina de refuerzo,
- segundos medios de aproximación,
- medios de calentamiento para calentar el segundo medio de aproximación a una temperatura T2 diferente de T1,
- medios de accionamiento para mover el primer y segundo medio de aproximación más cerca entre sí a una distancia establecida por los medios de separación; y
- medios de inyección para proporcionar un material espumable de manera que llene completamente el hueco entre la primera y la segunda lámina de refuerzo someténdolas a presión, el material espumable adquiriendo su consistencia final y formando una capa sustancialmente rígida de espuma adherida a ambas láminas.
- Medios de extracción adecuados para extraer el elemento reflector.

Adicionalmente, los primeros y/o segundos medios de aproximación del sistema de prensado comprenden medios de curvado, preferentemente moldes, para proporcionar una curvatura a las primeras (1) y/o segundas (2) láminas.

Adicionalmente o como alternativa, el grado de curvatura de la lámina reflectante puede controlarse mediante la compensación mecánica de la curvatura del molde en el que la lámina reflectante se forma, de manera que la curvatura resultante es la curvatura adecuada en recuperación dimensional.

Ventajosamente, la mecanización de molde, uniformidad de superficie de la espuma intercalada cuando ocupa el volumen confinado entre ambas láminas, y el control de expansión permiten obtener una superficie reflectante que no solo tiene la precisión óptica requerida sino que además no tiene ondulaciones. Esto resulta en una reflexión de radiación más uniforme, similar a la forma objetivo del disco solar (en el caso de plantas de torre), que la de los elementos reflectores actuales, cuya reflexión corresponde a un contorno con muchas irregularidades en la periferia de los mismos.

Tanto el procedimiento como sistema son válidos para la producción en masa y presentan además la ventaja añadida de que se pueden producir distintos tamaños de reflector sin necesidad de construir un sistema de utillaje diferente para cada tamaño, tal y como sucede con otros procedimientos anteriormente mencionados.

Ventajosamente, la rigidez de la estructura tipo sándwich y la gran superficie de contacto entre cada una de las láminas que la conforman, lámina reflectante y lámina de refuerzo, permite la fabricación de elementos reflectores autoportantes de dimensiones sustancialmente superiores a las de los espejos que se montan en la actualidad sobre los heliostatos. Una ventaja adicional es que las grandes dimensiones que pueden alcanzar reflectores de este tipo no interfieren con su capacidad resistente una vez montados en campo, pues se puede dotar al mismo de tantos puntos de apoyo como sean necesarios sobre la estructura portante del heliostato tal y como se ha descrito anteriormente.

Ventajosamente, para incrementar la resistencia mecánica del conjunto y minimizar los esfuerzos a tracción sobre la lámina reflectante de vidrio, se puede prever la utilización de un emparrillado de estructura metálica a modo de armadura, con una función análoga a la que desarrolla en el hormigón armado. Dicho emparrillado se colocaría entre las láminas de vidrio y de refuerzo como paso previo a la inyección del material espumable y quedaría embebido en la estructura tipo sándwich, formando parte de ella.

Además de la posibilidad de fabricar elementos reflectores autoportantes de grandes dimensiones y poco peso, la ventaja de este sistema es que, al estar la lámina de vidrio formando parte de un emparedado, no se encuentra expuesta y por tanto se minimizan los riesgos de rotura durante las operaciones de mantenimiento del campo solar. En caso de rotura accidental, que es más frecuente durante las operaciones de montaje, se minimizan igualmente los riesgos físicos para las personas. Ventajosamente, si la rotura se produce durante la vida en servicio, el elemento reflector seguirá cumpliendo su función de reflejar la radiación, al mantenerse la lámina de espejo en contacto con el material intercalado incluso estando rota.

Ventajosamente, el elemento reflector de la invención puede montarse directamente en las estructuras portantes de una instalación termosolar sin necesidad de bastidores de soporte intermedios.

El procedimiento de fabricación reivindicado y las características de los materiales empleados permiten una importante reducción en los tiempos de ensamblado y montaje, así como la fabricación de elementos reflectores de superficie sustancialmente superior a los que se fabrican en la actualidad con unos elevados valores de reflectancia y precisión óptica.

En un cuarto aspecto inventivo no reivindicado la invención se refiere a un heliostato que comprende al menos un elemento reflector según el primer aspecto inventivo.

En un quinto aspecto inventivo no reivindicado la invención se refiere a una instalación solar que comprende al menos un heliostato según el tercer aspecto inventivo.

Todas las características descritas en esta memoria (incluyendo las reivindicaciones, descripción y dibujos) y/o las todas etapas del procedimiento descrito pueden combinarse en cualquier combinación, exceptuando las combinaciones de tales características y/o etapas mutuamente excluyentes.

Breve descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de la invención, sus objetos y ventajas, se adjuntan a la memoria las siguientes figuras en las que se representa lo siguiente:

La figura 1 muestra una realización plana del elemento reflector compuesto.

La figura 2 muestra una realización curvada del elemento reflector compuesto.

Las figuras 3A-3C muestran secciones de tres realizaciones del elemento reflector.

Las figuras 4A-4C muestran tres realizaciones del detalle A de la Fig. 3A.

Las figuras 5A-5B muestran dos vistas del detalle B de la Fig. 3A ampliado.

Las figuras 6A-6C muestran vistas de la realización en la que la propia lámina de refuerzo actúa como la cubierta perimétrica del elemento reflector.

Realizaciones de la invención

En la figura 1 se muestra una realización plana de un elemento reflector compuesto, que comprende una lámina de vidrio (1) espejado, una lámina de refuerzo (2), por ejemplo de chapa metálica o similar, y una capa de espuma (3), por ejemplo de poliuretano o similar. Aun cuando no se representa explícitamente en algunas figuras, la lámina de vidrio (1) presenta un recubrimiento reflectante (4) adecuado. En la figura 2 se representa un elemento reflector con la misma estructura, con la única diferencia de que presenta una cierta curvatura, conveniente en ciertas aplicaciones del elemento reflector.

En ambas realizaciones se aprecia que la lámina de refuerzo (2) presenta un perfil con una cierta ondulación. El perfil ondulado de la lámina de refuerzo (2) incrementa la rigidez a flexión del elemento reflector y minimiza los esfuerzos de tracción sobre la lámina de vidrio (1) reflectante.

En las figuras 3A-3C se muestran secciones de tres realizaciones del elemento reflector. En la figura 3A se observa que la lámina de refuerzo (2) presenta un perfil plano, mientras que en las figuras 3B y 3C la lámina de refuerzo (2) presenta un perfil ondulado, con una serie de nervaduras que se extenderían en la dirección perpendicular al plano de la figura, con nervaduras más próximas entre sí en el caso de la figura 3B que en el caso de la figura 3C.

Además, en la figura 3A se han señalado en línea discontinua dos detalles, que se amplían en las figuras 4 y 5, respectivamente.

En la figura 4 se muestran distintas realizaciones del detalle A de la figura 3A ampliado, correspondientes al acabado del elemento reflector en la zona del canto de la lámina de vidrio.

En la figura 4A se observa una porción de la lámina de vidrio (1) y de la capa de espuma (3) de un elemento reflector. En esta realización el recubrimiento reflectante (4) está provisto en la cara trasera de la lámina de vidrio (1), así como una o varias capas de pintura (5) sobre el recubrimiento reflectante (4). Para proteger el canto de la lámina de vidrio (1) en la zona del recubrimiento reflectante (4), el elemento reflector presenta una capa protectora lateral (7) del canto. En la realización de la figura 4B, se muestra un elemento reflector con la misma estructura de capas que el de la figura 4A. En este caso, el elemento reflector presenta un cordón protector (8) como protección del canto. En la figura 4C se representa una realización en la que la capa de espuma (3) se extiende no solo entre las láminas de vidrio (1) y de refuerzo (2), sino por el canto de la lámina de vidrio (1), como elemento protector.

En las figuras 5A y B se muestran dos vistas, en sección y un corte en perspectiva, del detalle B señalado en la figura 3A. En esta realización la capa de espuma (3) incluye un elemento mecánico de sujeción (6), tal como un casquillo cilíndrico, un remache o similar, con una rosca interna (11) M8. Dichos elementos pueden introducirse en el material espumable durante el procedimiento de fabricación del elemento reflector para que permanezcan embebidos una vez endurecida la espuma. La lámina de refuerzo de esta realización presenta un taladro (9) en correspondencia con el elemento de sujeción (6), lo que permite introducir un tornillo o perno para amarrar fácilmente el elemento reflector a una estructura de soporte de un heliostato. En caso necesario, pueden complementarse la disposición del elemento de sujeción (6) embebido en la espuma con unos puntos de soldadura o de adhesivo (10) en la unión entre la espuma, el elemento de sujeción (6) y la lámina de refuerzo (2) para una fijación reforzada.

Un elemento reflector como el mostrado esquemáticamente en las figuras puede fabricarse mediante el procedimiento descrito a continuación.

Sobre unos primeros medios de soporte o aproximación, tales como un primer troquel, se coloca una lámina de vidrio (1) calentada a una temperatura T1. El troquel debe presentar un mecanizado de precisión que garantice la planimetría dimensional de la lámina de vidrio (1). Con un sistema de topes laterales dispuestos en el troquel puede asegurarse la posición de la lámina de vidrio (1) y ajustar las distintas dimensiones de la misma. La lámina de vidrio (1) puede estar dotada de un recubrimiento reflectante (4) cuando se dispone en los medios de soporte, o bien puede proporcionarse el recubrimiento reflectante (4) sobre la cara expuesta de la lámina de vidrio de la estructura de tipo sándwich ya formada.

Un armazón perimétrico se coloca entonces en la periferia de la lámina (1) para evitar la fuga de material espumable en el tiempo de inyección, la lámina de refuerzo (2) se dispone con sus extremos doblados en contacto con el armazón perimétrico y los segundos medios de aproximación o troquel se calientan a la temperatura T2 diferente de T1, de manera que la lámina de refuerzo también adquiere dicha temperatura T2. Las tolerancias de mecanizado del segundo troquel deben garantizar igualmente los requerimientos dimensionales de la lámina de refuerzo (2). El sistema de topes laterales del troquel posiciona la lámina de refuerzo (2) y permite ajustar distintas dimensiones de la misma.

Lo troqueles se mueven más cerca uno de otro mediante un sistema de accionamiento de prensa y con el sistema manteniéndose en esta posición, el material espumable se inyecta de manera que llene completamente el hueco entre las ambas láminas (1, 2), sometiéndolas a presión. Por último, se deja que la espuma se vaya compactando y se adhiera por completo a ambas láminas (1, 2) hasta que esté completamente asentada, configurando una capa de espuma intercalar (3).

En una realización, la lámina reflectante (1) es un sustrato de vidrio provisto de recubrimientos reflectantes y protectores del mismo contra corrosión, la diferencia de temperatura entre T1 y T2 está entre 1 y 30 °C, preferentemente entre 5 y 20 °C, y el tiempo de curado está entre 5 y 30 minutos, y preferentemente entre 10 y 18 minutos.

Al separar los troqueles, el conjunto formado por las dos láminas (1, 2) y la espuma intercalar formarán un conjunto único de elemento reflector compuesto con las propiedades ópticas de reflexión, mecánicas (rigidez, poco peso...) y dimensionales adecuadas para realizar su función.

Si se desea que el elemento reflector presente una cierta curvatura, como resulta habitual en las aplicaciones de concentración de radiación solar, basta con que los medios de soporte sobre los que se dispone la primera lámina tengan la curvatura deseada, y adicional o alternativamente, la primera lámina (1) puede presentar un cierto grado de

curvatura previa al proceso de inyección y prensado.

Si se requieren mayores grados de curvatura, los medios de soporte de la lámina de refuerzo (2) también pueden presentar una geometría curvada, y/o incluso, la propia lámina de refuerzo (2) puede presentar una curvatura previa al proceso de prensado.

En una realización mostrada en las Figuras 6A-6C, el elemento reflector comprende una cubierta protectora perimétrica como armazón para evitar que la radiación ultravioleta alcance la capa de espuma (3). Dicha cubierta perimétrica se realiza con la propia lámina de refuerzo (2) de manera que tiene una extensión en sus dimensiones que permite realizar una flexión en la periferia con la longitud mínima necesaria para cubrir los bordes del sándwich.

La lámina de refuerzo (2) tiene unos bordes en forma de U doblados, un primer sector (15) cubriendo la mayoría del borde del elemento reflector, es decir del espesor del elemento reflector, y un segundo sector (14) después del anterior, cerrando el perímetro del elemento reflector con la ayuda de una cuerda sellante (13).

Ventajosamente, el elemento reflector comprende un orificio (12) a través del que el material espumable se inyecta. En una realización particular, dicho orificio (12) está en el borde del elemento reflector, específicamente en el primer sector (15) de la cubierta perimétrica formada por la propia lámina de refuerzo (2).

Desde el punto de vista mecánico, se ha realizado un cálculo para cuantificar la resistencia mecánica del elemento reflector de la invención frente a las solicitaciones externas durante su uso.

Debido a la amplia gama de posibilidades en cuanto a los parámetros a escoger (diferentes espesores de vidrio, diferentes espesores de chapa y espuma, diferente geometría de la chapa, etc.) se ha considerado un caso medio como muestra. Esto consiste en un panel compuesto con una lámina de vidrio de 2 mm de espesor, una lámina de refuerzo de chapa de 0,5 mm de espesor y un espesor total del elemento reflector de 40 mm. Los datos fundamentales para los elementos componentes del panel son:

Vidrio:

- Módulo de elasticidad (E) = 70000 MPa
- Tensión admisible a tracción: 10 MPa
- Tensión de rotura a tracción última: 40 MPa
- Tensión de rotura a compresión última: 1000 MPa
- Densidad: 2,5 kg/m² por milímetro de espesor

Espuma de poliuretano:

- Módulo de elasticidad (E) = 3 MPa
- Tensión admisible a tracción/compresión: 0,1 MPa
- Tensión admisible a cortante: 0,025 MPa
- Densidad: 40 kg/m³

Chapa de acero (galvanizado o pintado):

- Geometría plana
- Módulo de elasticidad (E) = 210000 MPa
- Tensión admisible (límite elástico): 240 MPa
- Peso (fuente: datos comerciales): 4,7 kg/m²

El cálculo realizado consiste en determinar la sección equivalente de todos los materiales, para así obtener la fibra neutra del conjunto. A partir de este punto se obtiene mediante la ley de Navier el momento flector máximo posible para cada material (en función de su tensión límite). Posteriormente, tomando una distancia entre apoyos de 2,4 metros (equivalente a los apoyos de diseños actuales de heliostatos) se obtiene la máxima carga que podría soportar el módulo, y a continuación se ha procedido a traducir dicha carga a presión dinámica (y en consecuencia velocidad de viento) equivalente.

Todos los cálculos han sido realizados con consideraciones lineales, teoría de pequeñas deformaciones y cargas de corta duración y de aplicación progresiva, con apoyos elásticos y perfectos. Se ha valorado el límite del vidrio y espuma tanto a tracción como a compresión, a la vez que se ha valorado para la espuma el esfuerzo de cizalladura, como falta de unión cohesiva. La unión adhesiva no se ha considerado.

- 5 Los resultados para este caso particular presentan una resistencia a vientos de más de 104 Km/h sin roturas en la unidad, siendo la exposición en el peor de los casos posibles (viento por el lado de la chapa con un ángulo de exposición completamente perpendicular respecto a la dirección del viento). Obviamente, cualquier cambio en la geometría del diseño o material modificará los resultados, pudiendo ser incluso bastante mejores si la geometría de la
- 10 lámina de refuerzo aporta mayor inercia a la sección. El peso de la unidad en este caso supone 11,2 kg/m².

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de un elemento reflector para campos solares en un sistema de prensado que comprende primeros medios de aproximación y segundos medios de aproximación, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:
5
 - calentar el primer medio de aproximación a una temperatura T1,
 - disponer una primera lámina reflectante (1) en dicho primer medio de aproximación, adquiriendo la lámina reflectante (1) dicha temperatura T1,
 - 10
 - disponer medios de separación en la periferia de la lámina reflectante (1),
 - disponer una lámina de refuerzo (2) en contacto con dichos medios de separación,
 - calentar el segundo medio de aproximación a una temperatura T2 diferente de T1,
 - mover el primer y segundo medio de aproximación más cerca entre sí, de manera que el segundo medio de aproximación contacta con la lámina de refuerzo y adquiere la temperatura T2, y
 - 15
 - proporcionar un material espumable de manera que llene completamente el hueco entre la primera lamina reflectante (1) y la lámina de refuerzo (2) sometiénolas a presión, el material espumable adquiriendo su consistencia final y formando una capa sustancialmente rígida de espuma (3) adherida a ambas láminas, y
 - extraer el elemento reflector (1) y dejarlo enfriar a temperatura ambiente una vez que el proceso de curado de la capa de espuma (3) se completa.
202. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende proporcionar un recubrimiento reflectante en la cara expuesta de la primera lámina (1) del elemento reflector.
3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la diferencia de temperatura entre T1 y T2 está en el
25intervalo de 1 a 30, y preferentemente de 5 a 20 °C.
4. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el primer y/o segundo medio de aproximación comprende medios de curvado, preferentemente moldes, para proporcionar una curvatura a la primera (1) y/o segunda (2) lámina.
305. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la primera lámina (1) es una lámina de vidrio con un recubrimiento reflectante.

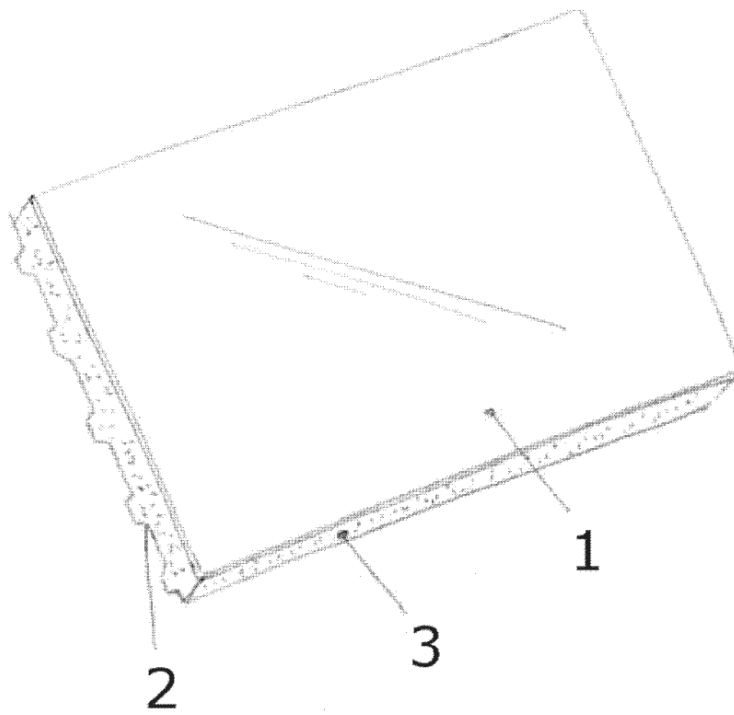


FIG. 1

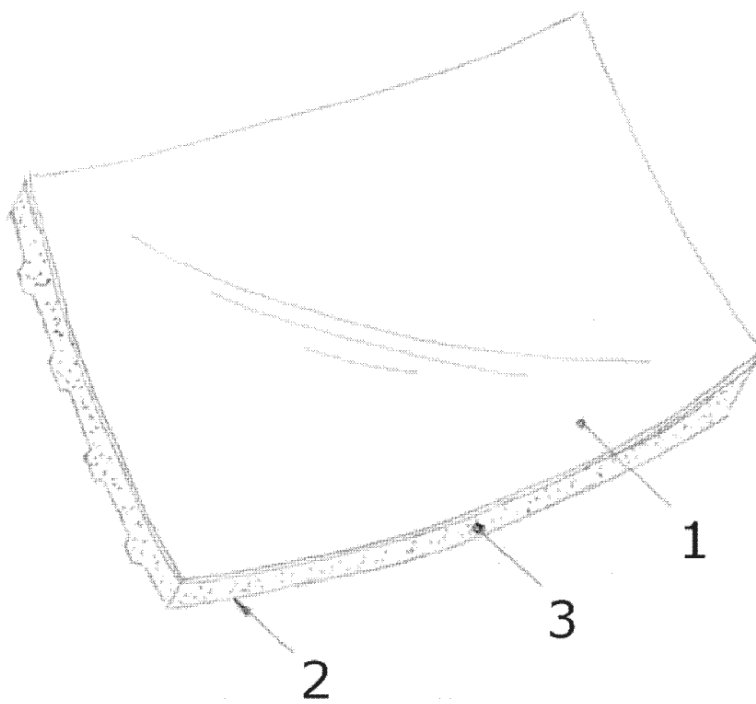


FIG. 2

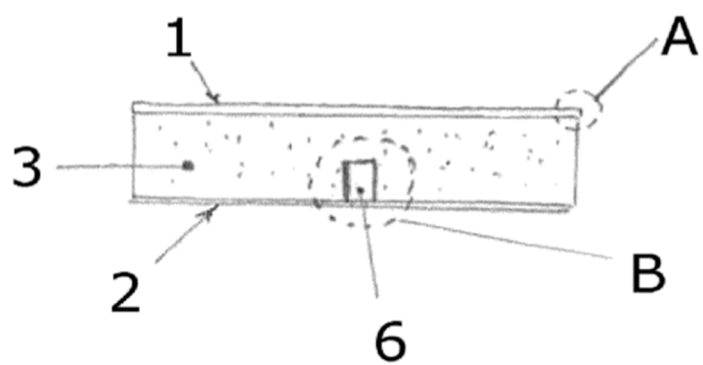


FIG. 3A

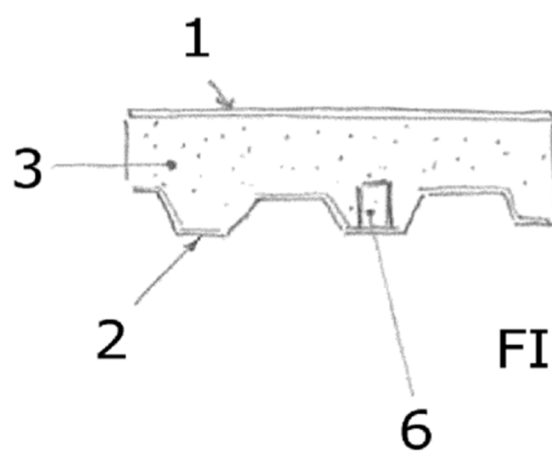


FIG. 3B

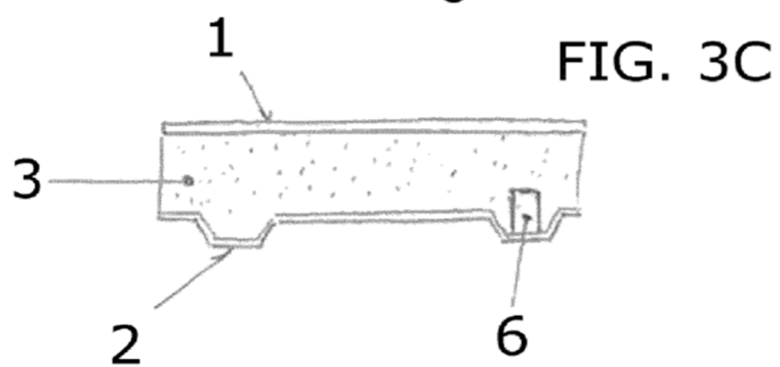


FIG. 3C

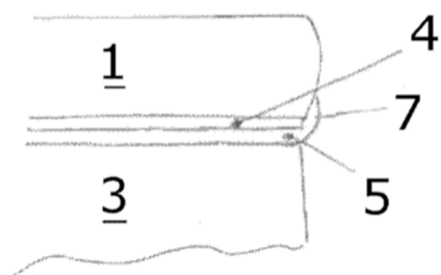


FIG. 4A

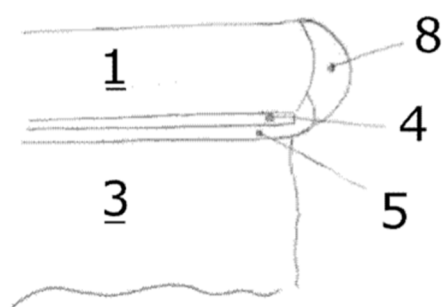


FIG. 4B

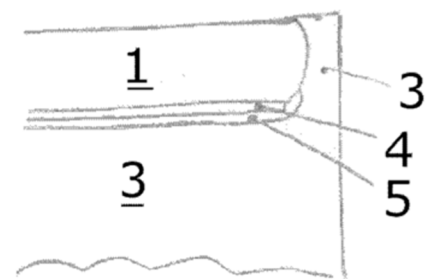


FIG. 4C

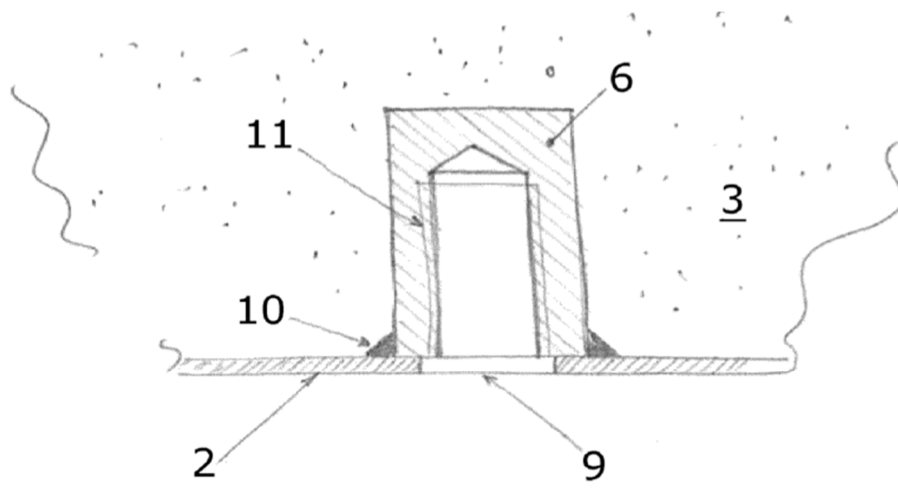


FIG. 5A

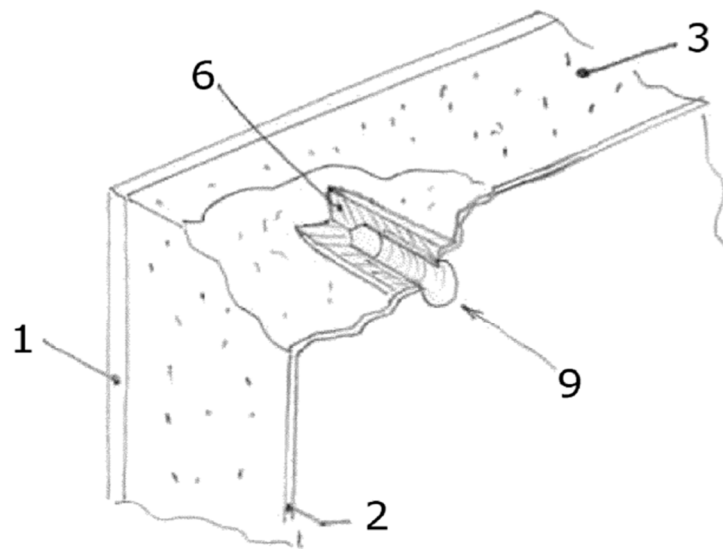


FIG. 5B

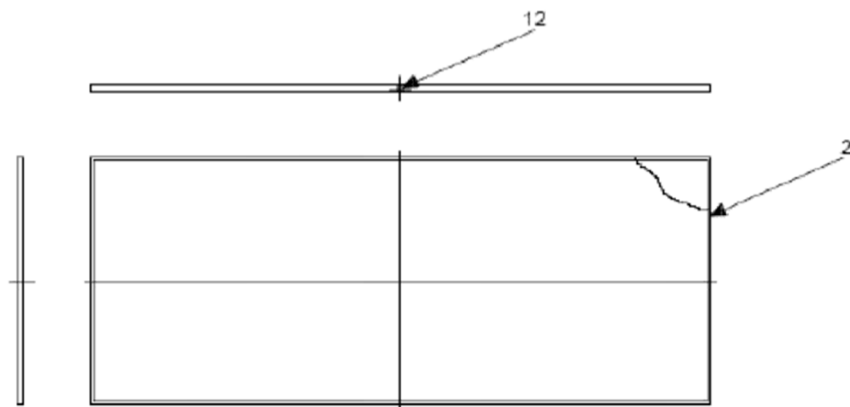


FIG. 6A

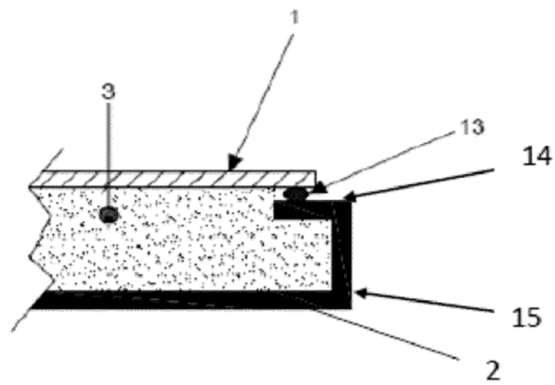


FIG. 6B

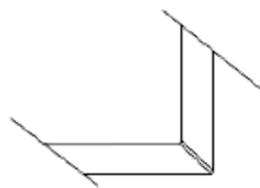


FIG. 6C