

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 377 604**

51 Int. Cl.:

**F24J 2/50** (2006.01)

**F24J 2/05** (2006.01)

**C03C 27/02** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09777035 .8**

96 Fecha de presentación: **08.07.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2283282**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.02.2011**

54 Título: **Panel térmico solar de vacío con un sellado de vidrio-metal hermético al vacío**

30 Prioridad:  
**09.07.2008 IT MI20081245**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**29.03.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**29.03.2012**

73 Titular/es:  
**TVP Solar S.A.**  
**36, Place du Bourg-de-Four**  
**1204 Geneva, CH**

72 Inventor/es:  
**PALMIERI, Vittorio**

74 Agente/Representante:  
**Curell Aguilá, Mireia**

**ES 2 377 604 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**

Panel térmico solar de vacío con un sellado de vidrio-metal hermético al vacío.

5 La presente invención se refiere a un panel térmico solar de vacío y a un procedimiento para la producción de dicho panel térmico solar de vacío según el preámbulo de las reivindicaciones principales.

Los paneles solares de tubo evacuado normalmente se obtienen al conectar en paralelo múltiples tubos de calor, con aletas absorbedoras de calor unidas a los mismos, selladas en tubos de vidrio evacuados individuales.

10 Este diseño adolece del inconveniente de que proporciona un espacio muerto importante entre los absorbedores de calor y presenta una parte importante del sistema de circuitos de fluido de transferencia de calor fuera del aislamiento al vacío.

15 Para superar estas limitaciones, se desarrollaron paneles térmicos solares de vacío planos, que comprenden una envuelta hermética al vacío plana con una placa de vidrio transparente para la radiación solar visible. Dentro de la envuelta de vacío se disponen absorbedores de calor y un tubo que entra y sale de la envuelta, conectado a los absorbedores de calor. La radiación solar entra en la envuelta a través de la placa de vidrio, es absorbida mediante los absorbedores de calor y se convierte en calor, que se transfiere al tubo y al fluido térmico que fluye en el tubo. El alto vacío se mantiene dentro de la envuelta que incluye los absorbedores de calor y el tubo conectado a los mismos, con el fin de impedir que el calor se escape al ambiente externo por convección.

20 La patente US nº 4.332.241 y el documento EP 1706678 describen un panel térmico solar de vacío que comprende dos placas de vidrio paralelas y un marco metálico de separación para soportar las placas de vidrio en una disposición espaciada. Las partes superficiales de las placas de vidrio tienen un revestimiento metálico, con el fin de permitir soldarse al marco metálico de separación, proporcionando de esa forma un sellado hermético al vacío entre las placas de vidrio y el marco metálico de separación. Además, el marco separación comprende preferentemente barras o cintas deformables de plomo o metal blando para soldarse al revestimiento metálico de las placas de vidrio, con el fin de limitar la tensión inducida en el sellado de vidrio-metal mediante las diferencias de expansión térmica y presión. El documento GB 2259732 da a conocer un panel de aislamiento térmico genérico con dos placas paralelas y un sellado periférico flexible, preferentemente realizado en caucho de silicio o polisulfuro, para permitir un movimiento de las placas una con respecto a otra debido a la expansión térmica del gas contenido dentro del panel.

35 Ambas tecnologías tienen graves limitaciones intrínsecas. La mayoría de los metales blandos (es decir, plomo) son tóxicos y su uso está siendo cada vez más restringido. La metalización del vidrio depende de los revestimientos de superficie que pueden deteriorarse mucho más rápido que los materiales a granel debido al hecho de que se extienden únicamente por algunas capas atómicas. Por otro lado, los pegamentos, el caucho de silicio o el polisulfuro permiten la permeación de gas con el tiempo, debido a sus constituyentes orgánicos, evitando de este modo su uso para aplicaciones de alto vacío, a largo plazo.

40 El documento FR 249956 da a conocer un panel térmico solar de vacío que comprende una placa de vidrio superior e inferior espaciada y soportada por unas paredes laterales metálicas o de vidrio cuyos bordes están sellados al borde de dichas placas al utilizar pasta de frita de pirocerámica.

45 La patente US nº 4493440 describe un panel solar hermético, en el que las paredes laterales rígidas no están selladas de a una placa de vidrio superior mediante una pasta de frita.

50 La patente US nº 4095428 describe una planta de energía eléctrica solar que presenta unos colectores térmicos, que comprenden una placa de vidrio superior, que transmite radiación solar incidente a un forro de acero proporcionado en su cara inferior con un conducto de fluido para pasar un fluido de transferencia de calor a lo largo de la superficie del forro. En la superficie superior del revestimiento de acero, se dispone un estrato sinterizado de polvo de silicio templado, retenido en el forro de acero mediante un material de soldadura fuerte térmicamente conductor. Un reborde formado a partir de una banda delgada de acero conecta la placa de vidrio y el forro de acero, respectivamente, por medio de una solución de pintura de frita de vidrio y una soldadura fuerte.

55 El documento JP59119137 describe un procedimiento para sellar un cuerpo metálico tubular al colector de vidrio de tubo. Además, se da a conocer el hecho de formar un anillo de vidrio en un borde del cuerpo metálico tubular antes de conectar dicho cuerpo al tubo de vidrio.

60 El documento GB1439444 describe un procedimiento para unir dos elementos de vidrio preformados mediante el calentamiento por resistencia de un elemento de sellado metálico.

La patente US nº 4640700 da a conocer un procedimiento para unir un perno de remache a un panel de tubo de rayo de cátodo.

65 El documento GB2259732 da a conocer un aparato de aislamiento térmico para realizar ventanas con un sellado

hermético sin vacío y flexible.

El documento US2005/181925 describe un procedimiento para fabricar una junta de vidrio-metal para un colector de tubo de energía solar.

5 Un objetivo de la presente invención es superar los inconvenientes de los paneles térmicos solares de la técnica anterior al proporcionar un panel térmico solar de vacío que comprende una envuelta de vacío duradera y fiable.

10 Otro objetivo de la presente invención es reducir la tensión aplicada al sellado de vidrio-metal debido a la presión atmosférica y a la expansión térmica diferencial de los constituyentes del panel cuando se calientan durante el ciclo de cocción.

Otro objetivo de la invención es proporcionar un panel térmico solar de vacío plano con dos placas paralelas.

15 Otro objetivo de la invención es proporcionar un panel térmico solar de vacío plano con una eficacia mejorada a una temperatura superior a 200 °C.

Un objetivo adicional de la invención es proporcionar un procedimiento destinado a obtener dicho panel térmico solar de vacío.

20 La presente invención se entenderá y se pondrá más completamente a partir de la siguiente descripción detallada considerada junto con las figuras adjuntas, en las que:

25 la Figura 1 muestra una vista en perspectiva de un panel térmico solar de vacío según la invención;

la Figura 2 muestra una vista explosionada del panel;

la Figura 3 muestra una sección transversal de la pared periférica del panel térmico solar de vacío;

30 la Figura 4 muestra una sección transversal ampliada de la pared periférica del panel térmico solar de vacío, que muestra un sellado de vidrio-metal masivo correspondiente, que tiene el borde del cinturón periférico empotrado en la placa de vidrio, según una primera forma de realización de la invención;

35 las Figuras 5 y 6 muestran una sección transversal ampliada de una primera y segunda formas de realización de la pared periférica del panel térmico solar de vacío, que muestran un sellado de vidrio-metal masivo de compresión, que tiene el borde del cinturón periférico empotrado en una cinta de vidrio que une el cinturón periférico a la placa de vidrio, según una segunda forma de realización de la invención.

40 El panel térmico solar de vacío según la invención (Figuras 1 y 2) comprende una envuelta de vacío 30 que define un volumen sellado, capaz de resistir una presión atmosférica cuando se evacua, por lo menos con una primera placa 1 realizada en vidrio transparente para la radiación solar visible. Un tubo 13 para el fluido térmico con múltiples absorbedores de calor 12 en buen contacto térmico con el mismo tubo está encerrado con la envuelta de vacío para evitar la transferencia de calor al ambiente debido a la convección. Dicho tubo 13 entra y sale de la envuelta de vacío 30 a través de los puertos de salida 20. Por supuesto, puede estar presente más de un tubo 13.

45 La envuelta de vacío 30 puede presentar una primera y segunda placa 1 y 2 paralelas, ambas realizadas en vidrio, o una primera placa 1, realizada en vidrio, y una segunda placa 2, realizada en metal, mantenidas en una disposición espaciada mediante un chasis 18, dispuesto dentro de la envuelta 30 entre las placas 1 y 2, y un marco periférico 3. Dicho chasis 18 y el marco periférico 3 también pueden soportar unas partes del tubo 13 dentro de la envuelta 30 y los absorbedores de calor 12 conectados a la mismas.

50 Como se muestra en la Figura 1, el panel térmico solar es plano. La envuelta de vacío 30 del panel comprende una primera y segunda placa 1 y 2, realizadas en vidrio, y un marco periférico 3 metálico. También comprende dos cinturones periféricos 4 y 5 metálicos, uniendo cada una las placas 1 y 2 de vidrio con el marco periférico 3 metálico. Si las placas anteriores están realizadas en vidrio, el panel solar tiene dos superficies activas (panel plano de doble cara), una que recoge la radiación solar directamente del sol y la otra que recoge la radiación solar reflejada mediante un espejo adecuado (no mostrado en la figura).

60 En caso de que la primera placa 1 deba estar hecha de vidrio y la segunda placa 2 de metal, el panel solar debe tener solamente un lado, es decir, únicamente con un lado capaz de recoger la radiación solar. Cuando la segunda placa está realizada en metal, el marco periférico puede estar directamente unido a la segunda placa por medio de soldadura de metal-metal convencional, sin la presencia de un cinturón periférico flexible, o como se muestra en la Figura 6, dicho marco periférico 3A forma una sola pieza con la segunda placa 2A de metal.

65 La composición de la placa de vidrio debe elegirse para maximizar la transparencia (coeficiente de transmisión  $\geq 0.91$ ).

Además, se conoce comúnmente por los expertos en la materia que al aplicar un revestimiento a la placa de vidrio, reduciendo de este modo la transparencia de vidrio, también se reducirá la cantidad de energía solar que entra en el panel y de esa forma la eficacia del panel. Según la invención, puede lograrse lo opuesto. De hecho, al aplicar un revestimiento de baja emisión infrarroja (1C, 2C) al lado interior de las placas de vidrio, incluso al reducir la transmisión en la parte visible del espectro solar, la eficacia del panel aumenta a alta temperatura debido al efecto predominante de reducción de las pérdidas de radiación que se derivan de las emisiones infrarrojas del absorbedor de calor.

Para obtener este resultado, el revestimiento de baja emisión se selecciona de tal forma: que la reflectividad para las longitudes de onda comprendidas entre 4 y 6 micras (correspondiente a un intervalo de temperatura de 200-400 °C) es mayor que 0,9 y que la transmisión para longitudes de onda comprendida entre 0,25 y una micra es mayor que 0,7. Un panel que funciona, por ejemplo, a 265 °C, tendrá una emisión infrarroja para el absorbedor de calor que alcanzó el punto máximo a 5,4 micras.

Se encontró que un revestimiento según la invención puede aumentar la eficacia de panel a 265 °C de más del 30%.

Según la invención, se encontró que la eficacia del panel además puede aumentar al aplicar un segundo revestimiento (1B, 2B) a la superficie exterior de las placas de vidrio. Este segundo revestimiento que es un revestimiento antirreflector comúnmente utilizado.

Según la invención, se encontró además que, en el caso de un panel con un solo lado, la eficacia además puede aumentarse al aplicar un tercer revestimiento (Figura 6) a la superficie interior de la placa metálica para disminuir su emisividad. Este tercer revestimiento es, por ejemplo, una capa de cobre electrodepositada, comúnmente utilizada.

Adicionalmente, el vidrio debería pretensarse o estratificarse térmicamente para mejorar la seguridad y reducir el grosor. En el caso de vidrio flotado de cal sodada extra claro, térmicamente pretensado, el grosor de las placas de vidrio debe ser de aproximadamente 5 mm, cuando se considera un chasis 18 con estructuras de soporte separadas a entre 120 y 160 mm.

La Figura 2 muestra una vista explosionada del panel, estando los elementos del mismo separados, con el fin de identificarse mejor.

Las Figuras 3, 4 y 5 muestran una sección transversal de la pared periférica de la envuelta de vacío, comprendiendo la pared periférica el marco periférico 3, que soporta las dos placas 1 (o 101 en la Figura 5) y 2 en una disposición espaciada, y los dos cinturones periféricos 4 (o 104 en la Figura 5) y 5 unidas al marco periférico 3 con un sellado de metal-metal 6 (o 116 en la Figura 5) y 7 hermético al vacío y unidas a las primeras y segundas placas de vidrio 1, 101 y 102, por medio de un sellado de vidrio-metal 8 masivo hermético al vacío (108 en la Figura 5) y 9.

La Figura 6 muestra un panel solar de un solo lado que comprende una placa 1A de vidrio soportada mediante un marco 21 que comprende una sola pieza metálica que proporciona las funciones del marco periférico 3A metálico y la placa 2A inferior, y un chasis 18A para soportar la placa 1A de vidrio y las partes del tubo 13 y el absorbedor de calor 12 (no mostrado en la Figura 6) conectado al mismo.

El marco periférico está conectado a la placa de vidrio mediante un cinturón periférico 5A metálico tal como se describe anteriormente. Una aleación de expansión controlada con un contenido del 48% de Ni (aleación NiFe 48) se utiliza preferentemente para el cinturón periférico 4 y 5, debido a la estrecha coincidencia entre su coeficiente de expansión térmica y el del vidrio de cal sodada.

En este contexto, la expresión "hermético al vacío", se debe entender del siguiente modo: un sellado o componente se considera generalmente que es hermético al vacío, si cuando se prueba en un detector de filtración de espectrómetro de masa con un pico máximo de helio, muestra un índice de filtración inferior a  $10E-10 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$ .

Con la expresión "sellado de vidrio-metal masivo" 8, 9, 108, se hace referencia a un sellado hermético al vacío entre una placa de vidrio 1, 2 o 101 y un cinturón periférico 4, 5 ó 104 metálico, que comprende un vidrio 14 o 114 (Figura 5) que empotra un borde 16, 116 (Figura 5) del cinturón 4, 5 o 104 periférico metálico. El sellado de vidrio-metal 8, 9, 108 masivo hermético al vacío se obtiene mediante la fusión y la posterior solidificación del vidrio 14, 114 que empotra el borde 16, 116 (Figura 5) del cinturón 4, 5, 104 periférico, con el fin de hacer que el vidrio 14, 114 se adhiera directamente al cinturón periférico.

El sellado de vidrio-metal masivo hermético al vacío puede ser de dos clases, según la primera o segunda forma de realización de la invención, respectivamente:

a) puede ser un sellado de vidrio-metal 8 correspondiente que tiene el borde 16 del cinturón periférico 4 empotrado en el material de vidrio 14 que resulta de la fusión local y de la posterior solidificación de las placas 1, 2 de vidrio (Figura 4);

b) puede ser un sellado de vidrio-metal 108 de compresión, que tiene el borde 116 del cinturón 104 periférico empotrado en el material de vidrio 114, que resulta de la fusión del material de frita de vidrio que une el cinturón 104 periférico a la placa 101 de vidrio (Figura 5).

En ambas formas de realización, el material de vidrio 14, 114 se adhiere directamente al cinturón periférico 4, 104 metálico. En la primera forma de realización, el material de vidrio 14 forma parte de la primera placa 1, que siempre está realizada en vidrio, mientras que en la segunda forma de realización el material de vidrio 114 es algún tipo de frita de vidrio agregada que forma un menisco en el borde del cinturón periférico 104 metálico.

Cuando se calienta una placa de vidrio, primero se ablanda a cierta temperatura y posteriormente se funde a una temperatura superior volviéndose líquida o fundida.

En el sellado de vidrio-metal 8 correspondiente (Figura 4), el empotrado del borde del cinturón periférico 4 y la adhesión del material de vidrio 14 al cinturón periférico 4 metálico se logra por medio de la fusión localizada de la placa de vidrio 1. La fusión de vidrio localizada se obtiene al calentar el cinturón periférico junto con la placa de vidrio a una temperatura próxima a, pero sin exceder, el punto de reblandecimiento del vidrio (para vidrio de cal sodada de aproximadamente 720 °C). El cinturón periférico 4 se calienta adicionalmente (por ejemplo, mediante inducción) por encima de la temperatura de reblandecimiento del vidrio (aproximadamente 800 °C), se inserta en la placa de vidrio 1 aproximadamente 1-2 mm y posiblemente se repliega para permitir que el vidrio fundido forme un menisco en ambos lados del cinturón periférico. Finalmente, la placa de vidrio 1 se enfría rápidamente para inducir el nivel de pretensión requerido, siguiendo las normas estándar de templadura.

En el sellado de vidrio-metal 108 de compresión (Figura 5), el empotrado del borde del cinturón periférico 104 metálico y la adhesión al cinturón periférico 104 metálico se logra al fundir una frita de vidrio que tiene una temperatura de reblandecimiento muy inferior comparada con la de la placa de vidrio, y al unir el cinturón periférico 104 a la placa de vidrio 101, una vez solidificada. La frita de vidrio, ya sea vítrea o no vítrea, se puede elegir para tener un coeficiente de expansión térmica ( $\lambda$ ) ligeramente inferior al de los componentes que van a ser sellado, con el fin de proporcionar algún tipo de compresión adicional al sellado. En el caso de vidrio de cal sodada y aleación NiFe 48, presentando ambos un coeficiente de expansión térmica  $\lambda=90 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ , puede utilizarse una frita de vidrio con  $\lambda$  de aproximadamente  $75 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ . El sellado de vidrio-metal 104 de compresión se obtiene al aplicar primero una pasta gruesa, obtenida al mezclar polvo de frita de vidrio con un aglutinante y un solvente adecuado (por ejemplo, nitrocelulosa y amil acetato) a modo de cinta continua de aproximadamente 2 mm de altura y de ancho en la parte superior de una placa de vidrio, al insertar el cinturón periférico en la cinta de pasta de frita de vidrio y al cocer el conjunto realizado, que se mantiene junto mediante una estructura de soporte adecuada, en un horno adecuado.

En particular, resultó ventajoso el hecho de secar la cinta de frita de vidrio antes de insertar el cinturón periférico, colocar a continuación la placa de vidrio con la cinta seca invertida y tocando el borde superior del cinturón periférico, mantenido en su lugar mediante una estructura de soporte adecuada y cociendo a continuación el conjunto realizado en el horno. De esta forma, la cinta de frita de vidrio una vez llega a su temperatura de fusión fluirá hacia abajo a lo largo de ambos lados del cinturón periférico, dando lugar de este modo a un menisco perfectamente simétrico y homogéneo para el sellado de vidrio-metal, tal como el representado en la Figura 5.

La cocción de la frita debe seguir el ciclo térmico usual tal como se describe en las especificaciones técnicas del material (para una frita de vidrio típica, la temperatura de cocción llegará a 450 °C durante aproximadamente 30 minutos). La estructura de soporte debería realizarse para compensar la diferencia de expansión térmica con respecto a los componentes de montaje restantes.

Esto puede lograrse, por ejemplo, al realizar una estructura de soporte o un soporte de cocción, en un acero adecuado (por ejemplo AISI430) y para dimensionarlo de tal forma que logre las dimensiones deseadas en el la temperatura de fusión de frita y para que a esta temperatura se estire el cinturón periférico 5, 5A, 104 metálico y se coloque dicho cinturón en la ubicación deseada con respecto a la placa de vidrio 2 al tiempo que la mantiene en contacto con la frita fundida.

Según un aspecto adicional de la invención, el sellado de vidrio-metal masivo puede mejorar ventajosamente si se oxida por lo menos el componente metálico empotrado en la frita de vidrio antes de crear dicho sellado de vidrio-metal masivo; dicha oxidación que es preferentemente adecuada para producir una capa 4A, 5B aproximadamente uniforme y de óxido estable, aproximadamente regular en grosor y preferentemente también es apta para mejorar la resistencia del enlace de vidrio al metal por lo menos en un 10% cuando se mide mediante una prueba de cizallamiento.

Dicha preoxidación del componente metálico se realiza preferentemente por medio de calentamiento en un horno a una temperatura apta para hacer crecer una capa de óxido uniforme en la superficie de componente metálico. Por supuesto, pueden preverse otros tratamientos, que incluyen, por ejemplo, calentamiento en la atmósfera enriquecida con oxígeno.

- 5 El sellado de vidrio-metal masivo de compresión también puede obtenerse en una forma menos preferida al colocar primero el cinturón periférico 104 (Figura 5) en la superficie de la placa de vidrio 1 y posteriormente, al agregar la cinta de la pasta de fritada de vidrio 114 en la parte superior de la superficie de la placa de vidrio 1 en uno o ambos lados del cinturón periférico 104. A continuación, dicha cinta de fritada de vidrio se funde y se solidifica de nuevo para obtener el sellado de vidrio-metal. Esta última técnica es más complicada que la descrita anteriormente en la presente memoria, y la presencia de una cinta de fritada de vidrio únicamente en un lado del cinturón periférico hará que el sellado de vidrio-metal sea más frágil.
- 10 Ambos sellados de vidrio-metal 8 y 18 correspondientes y de compresión pueden reforzarse por medio de una encapsulación de resina epóxica adecuada en uno o ambos lados del cinturón periférico. La resina epóxica para el lado al vacío puede elegirse para que presente una desgasificación muy baja y buena estabilidad a elevada temperatura, con el fin de resistir posteriormente un ciclo de cocción (es decir, puede utilizarse una resina epóxica conocida con el nombre comercial "Torr Seal by Varian").
- 15 El grosor del cinturón periférico 4, 104 debería ser seleccionado preferentemente en el intervalo comprendido entre 0,1 y 1 mm para evitar la fisura bajo presión atmosférica, reduciendo al mismo tiempo la conducción térmica durante la soldadura, para evitar el calentamiento del sellado de vidrio-metal, que a su vez puede hacer que ese sellado no siga siendo hermético al vacío.
- 20 Se debería tener en cuenta que según la invención, el cinturón periférico metálico es continuo, es decir, es soldado para formar un cinturón continuo), hermético al vacío y comprende por lo menos una parte elásticamente deformable que es por lo menos elásticamente deformable para evitar que el sellado de vidrio-metal masivo sea dañado y no siga siendo hermético al vacío cuando se somete al procedimiento de evacuación de la envuelta y a los tratamientos térmicos del panel y a los desplazamientos recíprocos potenciales de la placa de vidrio y el cinturón periférico metálico unido.
- 25 Se debería tener en cuenta que la expresión "tratamientos térmicos" del panel se refiere tanto al procedimiento de sellado de vidrio-metal como a otros tratamientos tales como un tratamiento térmico de cocción del panel realizado a más de 200 °C con el fin de hacer descender la presión interna, limitando al mismo tiempo los requisitos de limpieza para el panel por medio de pirolisis.
- 30 Por lo menos una parte elásticamente deformable 10, 110 mencionada anteriormente del cinturón periférico 4, 5; 104 metálico es preferentemente por lo menos elásticamente deformable para permitir un alargamiento del cinturón de 0,1 a 0,3 mm con respecto a un eje perpendicular a la placa de vidrio.
- 35 Según un aspecto adicional de la invención, el cinturón 4; 104 periférico metálico comprende una parte intermedia prevista entre una primera y una segunda parte del cinturón metálico, uniendo dicha primera parte dicha primera placa de vidrio 1; 101 y comprendiendo el sellado de vidrio-metal 8, 108 masivo hermético al vacío, uniendo dicha segunda parte del cinturón 4; 104 metálico el marco periférico 3, y comprendiendo un sellado de metal-metal 6, 116 hermético al vacío; estando previsto dicha por lo menos una parte elásticamente deformable en dicha parte intermedia.
- 40 Según un aspecto adicional de la invención, dicha por lo menos una parte elásticamente deformable 10, 110 comprende preferentemente por lo menos una parte no rectilínea o por lo menos parcialmente curvada o por lo menos una nervadura 10, 110. Esta nervadura 10, 110 presenta preferentemente forma semicircular, tiene un radio comprendido entre 2 y 4 mm, que se extiende por toda la longitud del cinturón periférico.
- 45 Cuando ambas placas 1 y 2 están realizadas en vidrio, el cinturón periférico está unido a las mismas por medio de un sellado de vidrio-metal hermético al vacío masivo. Si la primera placa 1 está realizada en vidrio y la segunda placa 2 está realizada en metal; un sellado de metal-metal hermético al vacío, obtenido por ejemplo mediante soldadura blanda, soldadura fuerte o soldadura autógena convencionales, puede estar prevista directamente para unir el marco periférico a la placa metálica, o como se describió anteriormente el marco periférico y la placa metálica inferior pueden realizarse en una sola pieza metálica.
- 50 La envuelta de vacío del panel solar según la invención también comprende asimismo un puerto de bombeo 19, típicamente realizado a partir de un tubo de cobre, conectado una bomba de vacío (no representada). Después de la evacuación de la envuelta de vacío, el puerto de bombeo 19 puede sellarse mediante estrangulamiento, un procedimiento típico utilizado en circuitos de refrigeración.
- 55 Debe estar presente un puerto de salida, típicamente constituido por un tubo 20 de acero inoxidable o fuelle, que conduce al tubo absorbedor de calor 13 fuera de la envuelta de vacío 30, a través del marco periférico 3, al tiempo que minimiza la transferencia de calor a la misma.
- 60 También puede estar presente una bomba extractora de tipo conocido dentro de la envuelta de vacío con el fin de bombear continuamente cualquier gas residual con la notable excepción de los nobles.
- 65

5 La invención también se refiere a un procedimiento para la producción de un panel térmico solar de vacío que comprende una envuelta de vacío que define un volumen sellado, capaz de resistir la presión atmosférica, cuando se evacua, y que presenta por lo menos una primera placa 1, 2, 101 realizada en vidrio, un cinturón 4, 5, 104 periférico metálico y un sellado de vidrio-metal masivo hermético al vacío entre la placa 1, 2, 101 de vidrio y el cinturón 4, 5, 104 periférico metálico.

10 Según la presente invención, el material de vidrio 14, 114 está dispuesto cerca del borde 16, 116 del cinturón 4, 104 periférico. Dicho material de vidrio puede formar parte de dicha primera placa 1 o de algún material de vidrio 104 de frita agregado. Dicho material de vidrio 14, 114 se calienta por encima de su temperatura de fusión y se enfría posteriormente por debajo de dicha temperatura para hacer que el material de vidrio se adhiera al cinturón periférico y se una a la placa de vidrio 1, empotrando al mismo tiempo el borde del cinturón periférico. Esto puede obtenerse de dos formas: el material de vidrio, colocado cerca del borde del cinturón periférico, fundido y posteriormente solidificado de nuevo, puede proceder de la placa de vidrio o de una cinta o pasta de vidrio frita, que, cuando se dispone el cinturón periférico con su borde en la superficie de la placa de vidrio 101, se coloca a ambos lados del cinturón 104 periférico.

20 Cuando el vidrio que forma el sellado de vidrio-metal masivo procede de la placa de vidrio 1 (sellado de vidrio-metal correspondiente), el procedimiento puede describirse mediante las etapas siguientes:

- 25 - la placa de vidrio 1 se calienta a una temperatura próxima a, pero que no excede, su temperatura de reblandecimiento;
- el cinturón 4 periférico se calienta a una temperatura por encima de la temperatura de reblandecimiento de la placa de vidrio 1;
- 30 - un borde 16 del cinturón 4 periférico se presiona contra la superficie de la placa de vidrio 1 con el fin de lograr la fusión localizada y para insertar el borde en la placa de vidrio 1, para que el borde 16 del cinturón 4 periférico se empotre mediante el vidrio 14 de la placa de vidrio 1;
- el cinturón 4 periférico es retraído desde la placa de vidrio 1, para formar un menisco a ambos lados del borde 16 del cinturón 4 periférico;
- 35 - la placa de vidrio 1 y el cinturón 4 periférico se enfrían hasta por debajo de la temperatura de reblandecimiento de la placa de vidrio, lo cual proporciona un sellado de vidrio-metal hermético al vacío entre la placa de vidrio 1 y el cinturón 4 periférico metálico.

40 Cuando el vidrio que forma el sellado de vidrio-metal masivo procede de una cinta de pasta de frita de vidrio (sellado de vidrio-metal de compresión), el procedimiento puede describirse mediante las etapas siguientes:

- 45 se proporciona una pasta de frita de vidrio que comprende material de frita de vidrio, siendo obtenida dicha pasta de frita de vidrio al mezclar un polvo de material de frita de vidrio, un solvente y un aglutinante;
- la pasta de frita de vidrio se coloca en la parte superior de la superficie de la placa de vidrio 101, para formar una cinta continua;
- a continuación, son posibles dos formas de llevar a cabo el procedimiento:
- 50 - se seca la cinta, entonces la placa de vidrio 101 con la cinta secada se coloca de manera invertida sobre el cinturón 104 periférico tocando el borde 116 del cinturón 104 periférico, que se mantiene en su lugar mediante una estructura de soporte adecuada
- el borde 116 del cinturón 104 periférico se inserta en la cinta de la pasta de frita de vidrio que también entra en contacto con la superficie de la placa de vidrio 101;
- 55 - la pasta de frita de vidrio se calienta y se funde para formar un menisco de frita de vidrio fundida entre el lado del cinturón 104 periférico y la superficie de la placa de vidrio 101;
- la frita de vidrio se enfría y se solidifica, proporcionando de esa forma un sellado de vidrio-metal masivo hermético al vacío entre la placa de vidrio 101 y el cinturón 104 periférico metálico.
- 60

65 El procedimiento destinado a producir un sellado de vidrio-metal correspondiente se prefiere cuando se requiere la pretensión térmica de la placa de vidrio, ya que puede aplicarse durante el tratamiento de pretensión prácticamente sin costes, al tiempo que el procedimiento para producir un sellado de vidrio-metal de compresión debería utilizarse cuando no se prevé ninguna pretensión térmica de la placa de vidrio (es decir, en el caso de vidrio estratificado), ya que requiere una temperatura muy inferior.

En ambos casos (sellado de vidrio-metal correspondiente o de compresión) el sellado de vidrio-metal puede reforzarse posteriormente mediante el epoxi adecuado en uno o ambos lados del cinturón periférico como se describe anteriormente.

5 Una ventaja de la presente invención es que proporciona un panel térmico solar provisto de una envuelta hermética al vacío que tiene un sellado de vidrio-metal muy simple de realizar e incluso muy fiable.

10 El cinturón periférico se puede deformar por la presencia de nervaduras. Esto también disminuye las tensiones inducidas en el sellado de vidrio-metal mediante la diferencia de presión entre el interior y el exterior de la envuelta durante la evacuación de la misma y mediante la expansión térmica diferencial de los componentes de panel durante los tratamientos térmicos del panel y en particular un ciclo de cocción a una temperatura superior a 200 °C.

15 Una ventaja adicional es que la envuelta no utiliza materiales tóxicos o peligrosos.

Finalmente, cabe destacar que pueden incorporarse muchas de las invenciones descritas en un panel solar de vacío independientemente entre sí. Esto se refiere en particular a las siguientes invenciones:

20 a1) un panel térmico solar de vacío que comprende un sellado de vidrio-metal realizado según la reivindicación 1 y que preferentemente comprende una o más de las características descritas en las reivindicaciones 2-6 adjuntas,

a2) un procedimiento para producir un panel térmico solar de vacío según la reivindicación 21, y que preferentemente comprende una o más de las reivindicaciones 22-25,

25 b) un panel térmico solar de vacío que comprende las características de la parte precaracterizadora de la reivindicación 1, caracterizado porque el cinturón periférico metálico es un cinturón continuo y hermético al vacío, y comprende por lo menos una parte elásticamente deformable que es por lo menos elásticamente deformable para evitar que el sellado de vidrio-metal masivo sea dañado y ya no sea hermético al vacío cuando se somete al procedimiento de evacuación de la envuelta y a los tratamientos térmicos del panel y a los desplazamientos recíprocos potenciales de la placa de vidrio y del cinturón periférico metálico unido. Se debe tener en cuenta que este cinturón preferentemente comprende una o más de las características descritas en las reivindicaciones 10-13 adjuntas.

30 c1) un panel térmico solar de vacío que comprende en el lado interior de sus placas de vidrio (1, 2), un revestimiento de espejo infrarrojo y/o en el lado externo de la placa de vidrio un revestimiento antirreflector, y/o en el lado interior de una placa metálica inferior un revestimiento de espejo infrarrojo. Se debe tener en cuenta que estos revestimientos comprenden asimismo preferentemente las características descritas en la parte caracterizadora de las reivindicaciones 14-16 adjuntas.

35 c2) un procedimiento para aumentar la eficiencia de un panel térmico solar de vacío caracterizado por aplicar revestimientos antirreflectores y/o de espejo infrarrojo y las superficies exteriores y/o interiores, respectivamente del vidrio y/o en el lado interior de una placa (1, 2, 1A, 2A) metálica inferior. Asimismo, cabe destacar que este procedimiento comprende asimismo preferentemente las etapas descritas en la parte caracterizadora de las reivindicaciones 26-28 adjuntas.

40 d) un panel térmico solar de vacío de un solo lado según la parte de precaracterizadora de la reivindicación 1 y que además comprende un marco metálico realizado a partir de una pieza que comprende tanto el marco periférico 3 como una placa metálica inferior del panel,

45 e) una estructura de soporte o un equipo de cocción para un panel solar de vacío según la parte precaracterizadora de la reivindicación 1, preferentemente realizado a partir de un acero adecuado (por ejemplo, AISI430) y dimensionado de tal modo que logre las dimensiones deseadas a la temperatura de fusión de frita y porque a esta temperatura estira el cinturón periférico metálico y coloca dicho cinturón en la ubicación deseada con respecto a la placa de vidrio, manteniéndolo al mismo tiempo en contacto con la frita fusionada,

50 f) un panel solar de vacío que tiene un sellado de vidrio-metal hermético al vacío, realizado utilizando una frita a base de vidrio en la que se oxida por lo menos el componente metálico incorporado en la frita antes de crear dicho sellado de vidrio-metal masivo; la oxidación es preferentemente apta para producir una capa de óxido aproximadamente uniforme y estable, aproximadamente regular en grosor y preferentemente también para mejorar la resistencia de enlace del vidrio al metal por lo menos del 10% cuando se mide mediante una prueba de resistencia.

55 Dicha preoxidación del componente metálico se realiza preferentemente por medio del calentamiento en un horno a una temperatura adecuada para hacer crecer una capa de óxido uniforme en la superficie de componente metálico (para aleación NiFe 48 típicamente 10' a 560 °C). Además, cabe tener en cuenta que pueden preverse otros tratamientos, incluyendo el calentamiento en la atmósfera enriquecida con oxígeno.

**REIVINDICACIONES**

1. Panel térmico solar de vacío que comprende una envuelta de vacío (30) que define un volumen sellado, capaz de resistir la presión atmosférica cuando se evacua, estando dispuesto por lo menos un absorbedor de calor (12) dentro de la envuelta de vacío (30), un tubo (13) que entra y sale de la envuelta (30) y en contacto con el absorbedor de calor (12), comprendiendo dicha envuelta de vacío (30) una primera placa (1; 101) realizada en vidrio, un marco periférico (3) dispuesto sustancialmente en la periferia de la primera placa (1; 101), uniendo un cinturón (4, 5; 104) periférico metálico el marco periférico (3) a la primera placa (1; 101), siendo dicho cinturón (4; 104) periférico metálico continuo y hermético al vacío y estando unido a la primera placa de vidrio (1; 101) y al marco periférico por medio de un sellado hermético al vacío (8; 108; 6; 7), caracterizado porque:
- dicho sellado hermético al vacío entre dicho cinturón (4; 104) periférico metálico y dicha primera placa de vidrio (1; 101) es un sellado de vidrio-metal (8; 108) masivo hermético al vacío, que comprende material de vidrio (14; 114), siendo obtenido dicho sellado de vidrio-metal (8; 108) hermético al vacío mediante la fusión y posterior solidificación de dicho material de vidrio (14; 114),
  - y porque dicho cinturón (4, 104) periférico metálico comprende por lo menos una parte elásticamente deformable (10, 100) que es por lo menos elásticamente deformable para evitar que dicho sellado de vidrio-metal (8; 108) masivo sea dañado y no siga siendo hermético al vacío cuando se someta al proceso de evacuación de la envuelta y a los tratamientos térmicos del panel y a los potenciales desplazamientos recíprocos de la placa de vidrio (1, 2) y del cinturón (4, 5; 110) periférico metálico unido.
2. Panel térmico solar de vacío según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho material de vidrio (14; 114) del sellado de vidrio-metal (8; 108) masivo hermético al vacío tiene empotrado un borde (16; 116) del cinturón (4; 104) periférico.
3. Panel térmico solar de vacío según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho material de vidrio (14; 114) de dicho sellado de vidrio-metal (8; 108) masivo hermético al vacío se adhiere directamente a ambos lados del cinturón (4; 104) periférico metálico.
4. Panel térmico solar de vacío según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho sellado de vidrio-metal (8) masivo hermético al vacío se obtiene mediante la fusión localizada y la posterior solidificación del material de vidrio (14) de la primera placa (1) cerca del borde (16) del cinturón (4) periférico.
5. Panel térmico solar de vacío según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho sellado de vidrio-metal masivo hermético al vacío comprende un menisco de fritada de vidrio (114) a ambos lados del cinturón (104) periférico metálico que une el cinturón (104) periférico metálico a la primera placa de vidrio (101).
6. Panel térmico solar de vacío según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende una segunda placa (2), sustancialmente paralela a la primera placa (1), con el fin de obtener un panel térmico solar plano, estando colocado el absorbedor de calor (12) entre la primera y segunda placas (1, 2) dentro de la envuelta de vacío (30).
7. Panel térmico solar de vacío según la reivindicación 6, caracterizado porque dicha segunda placa (2) está realizada en vidrio, con el fin de tener un panel solar de doble cara.
8. Panel térmico solar de vacío según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha por lo menos una parte elásticamente deformable (10, 110) del cinturón (4, 5; 104) periférico metálico es por lo menos elásticamente deformable para permitir una deformación elástica de dicho cinturón de por lo menos 0,1 mm con respecto a un eje perpendicular a la placa de vidrio (1).
9. Panel térmico solar de vacío según la reivindicación 1, caracterizado porque el cinturón (4; 104) periférico metálico comprende una parte intermedia prevista entre una primera y segunda parte de dicho cinturón metálico, estando unida dicha primera parte con la primera placa de vidrio (1; 101) y comprendiendo el sellado de vidrio-metal (8, 108) masivo hermético al vacío, estando unida dicha segunda parte de dicho cinturón (4; 104) metálico con el marco periférico (3), y comprendiendo un sellado de metal-metal (6, 116) hermético al vacío; estando prevista dicha por lo menos una parte elásticamente deformable (10, 110) en dicha parte intermedia.
10. Panel térmico solar de vacío según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha por lo menos una parte elásticamente deformable (10, 110) comprende por lo menos una parte no rectilínea, o por lo menos una parte por lo menos parcialmente curvada, o por lo menos una nervadura (10, 110).
11. Panel térmico solar de vacío según la reivindicación 10, caracterizado porque la nervadura (10, 110) es de forma semicircular, tiene aproximadamente 2 mm de radio, y se extiende por toda la longitud del cinturón periférico.
12. Panel térmico solar de vacío según la reivindicación 2, caracterizado porque el borde (16; 116) del cinturón (4; 104) periférico empotrado en el sellado de vidrio-metal (8; 108) masivo hermético al vacío es aproximadamente

perpendicular a la placa de vidrio (1, 2).

13. Panel térmico solar de vacío según la reivindicación 1, caracterizado porque el cinturón (4; 104) periférico tiene un grosor comprendido entre 0,1 y 1 mm.

14. Panel térmico solar de vacío según la reivindicación 5, caracterizado porque la frita de vidrio (114) del sellado de vidrio-metal masivo hermético al vacío comprende un coeficiente de expansión térmica ligeramente inferior al de la placa de vidrio (101) y el cinturón (104) metálico que va a ser sellado.

15. Procedimiento de producción de un panel térmico solar según la reivindicación 1 y que comprende una envuelta de vacío (30) que define un volumen sellado, capaz de resistir la presión atmosférica cuando se evacua, comprendiendo dicha envuelta (30) una primera placa (1; 101) realizada en vidrio y un cinturón (4; 104) periférico metálico, proporcionando dicho procedimiento un sellado de vidrio-metal (8; 108) hermético al vacío entre la primera placa (1; 201) y el cinturón (4; 104) periférico metálico, caracterizado porque:

- el material de vidrio (14; 114) está dispuesto cerca del borde (16; 116) del cinturón (4; 104) periférico, es calentado por encima de su temperatura de fusión y es posteriormente enfriado por debajo de dicha temperatura, con el fin de permitir que el material de vidrio (14; 114) se adhiera a ambos lados de dicho cinturón (4; 104) periférico metálico y una el cinturón (4; 104) periférico metálico a la primera placa (1; 101).

16. Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado porque comprende las etapas siguientes:

- la primera placa de vidrio (1) es calentada a una temperatura próxima a su temperatura de reblandecimiento, pero sin alcanzarla;
- el cinturón (4) periférico es calentado a una temperatura situada por encima de la temperatura de fusión de la primera placa (1);
- un borde del cinturón (4) periférico es presionado contra la primera placa (1) para conseguir la fusión localizada y para insertar el borde (16) en la primera placa (1), de manera que el borde (16) del cinturón (4) periférico quede empotrado en el vidrio (14) de la primera placa (1);
- la primera placa (1) y el cinturón (4) periférico son enfriados por debajo de la temperatura de reblandecimiento de la primera placa (1), proporcionando un sellado de vidrio-metal (8) hermético al vacío correspondiente entre la primera placa (1) y el cinturón (4) periférico metálico.

17. Procedimiento según la reivindicación 16, caracterizado porque después de la inserción del borde (16) del cinturón (4) periférico en la primera placa de vidrio (1), el cinturón (4) periférico está por lo menos parcialmente retraído de la primera placa (1) para formar un menisco a ambos lados del borde (16) del cinturón (4) periférico.

18. Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado porque comprende las etapas siguientes:

- se proporciona una pasta de frita de vidrio que comprende el material de frita de vidrio y un aglutinante;
- la pasta de frita de vidrio es colocada en la parte superior de la superficie de la primera placa (101), para formar una cinta continua;
- el borde (116) del cinturón (104) periférico es insertado en la cinta de la pasta de frita de vidrio, entrando en contacto asimismo con la superficie de la placa de vidrio (101);
- la pasta de frita de vidrio es calentada y fundida para formar un menisco de frita de vidrio fundida a ambos lados del cinturón (104) periférico;
- la frita de vidrio es enfriada y solidificada, proporcionando de este modo un sellado de vidrio-metal (108) masivo hermético al vacío de compresión entre la primera placa (101) y el cinturón (104) periférico metálico.

19. Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado porque comprende las etapas siguientes:

- se proporciona una pasta de frita de vidrio que comprende material de frita de vidrio y un aglutinante;
- la pasta de frita de vidrio es colocada en la parte superior de la superficie de la primera placa (101), para formar una cinta continua;
- la cinta es por lo menos parcialmente secada,
- la placa (101) con la cinta seca es colocada al revés sobre el cinturón (104) periférico que toca el borde superior

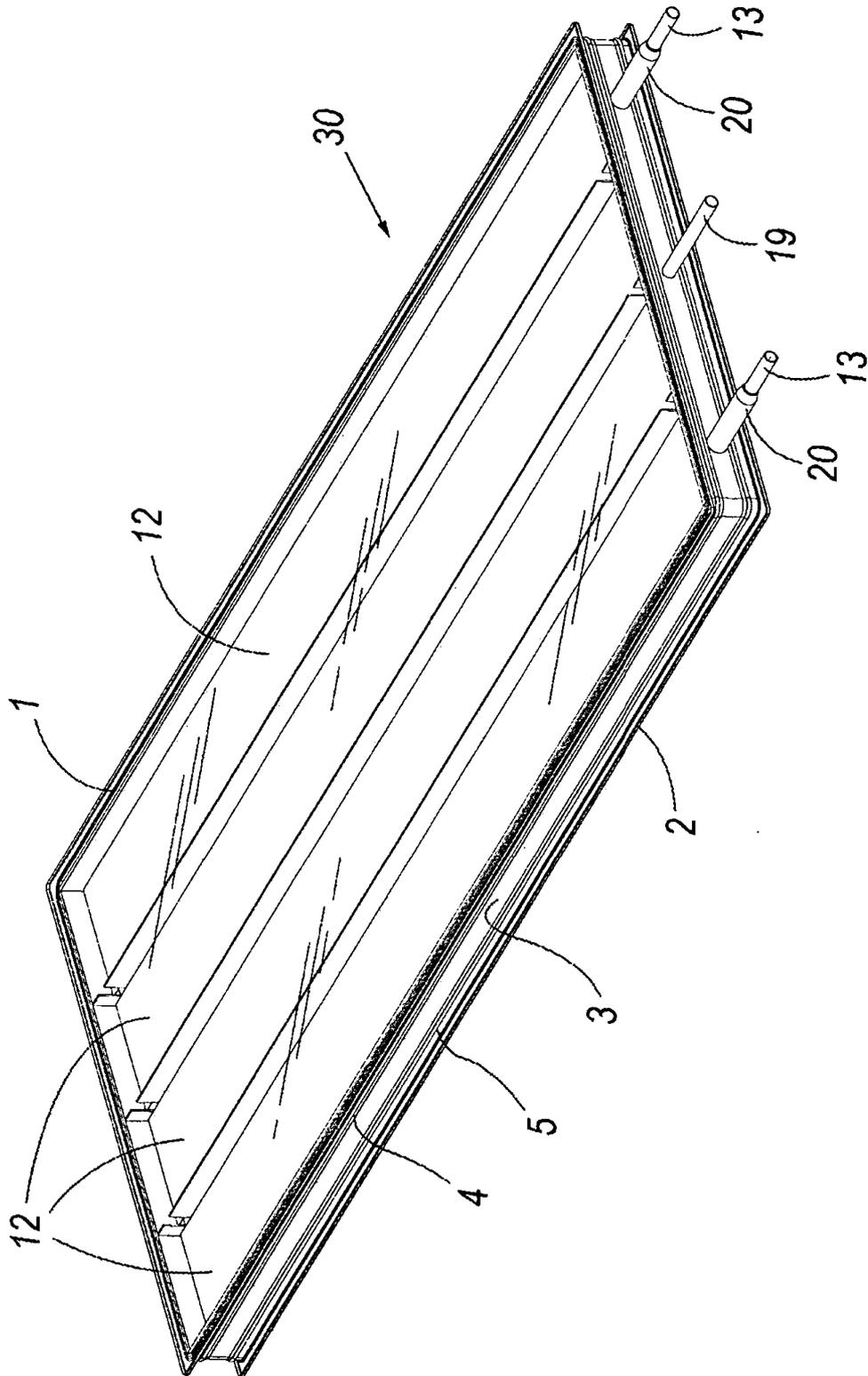
de dicho cinturón periférico, siendo dicha cinta incapaz de fluir por encima de dicho cinturón periférico debido a dicha etapa previa de secado de la cinta,

5 - la pasta de frita de vidrio es calentada y fundida de manera que pueda fluir por lo menos parcialmente hacia abajo a lo largo de ambos lados del cinturón y formar un menisco sustancialmente simétrico y homogéneo de frita de vidrio fundida a ambos lados del cinturón (104) periférico,

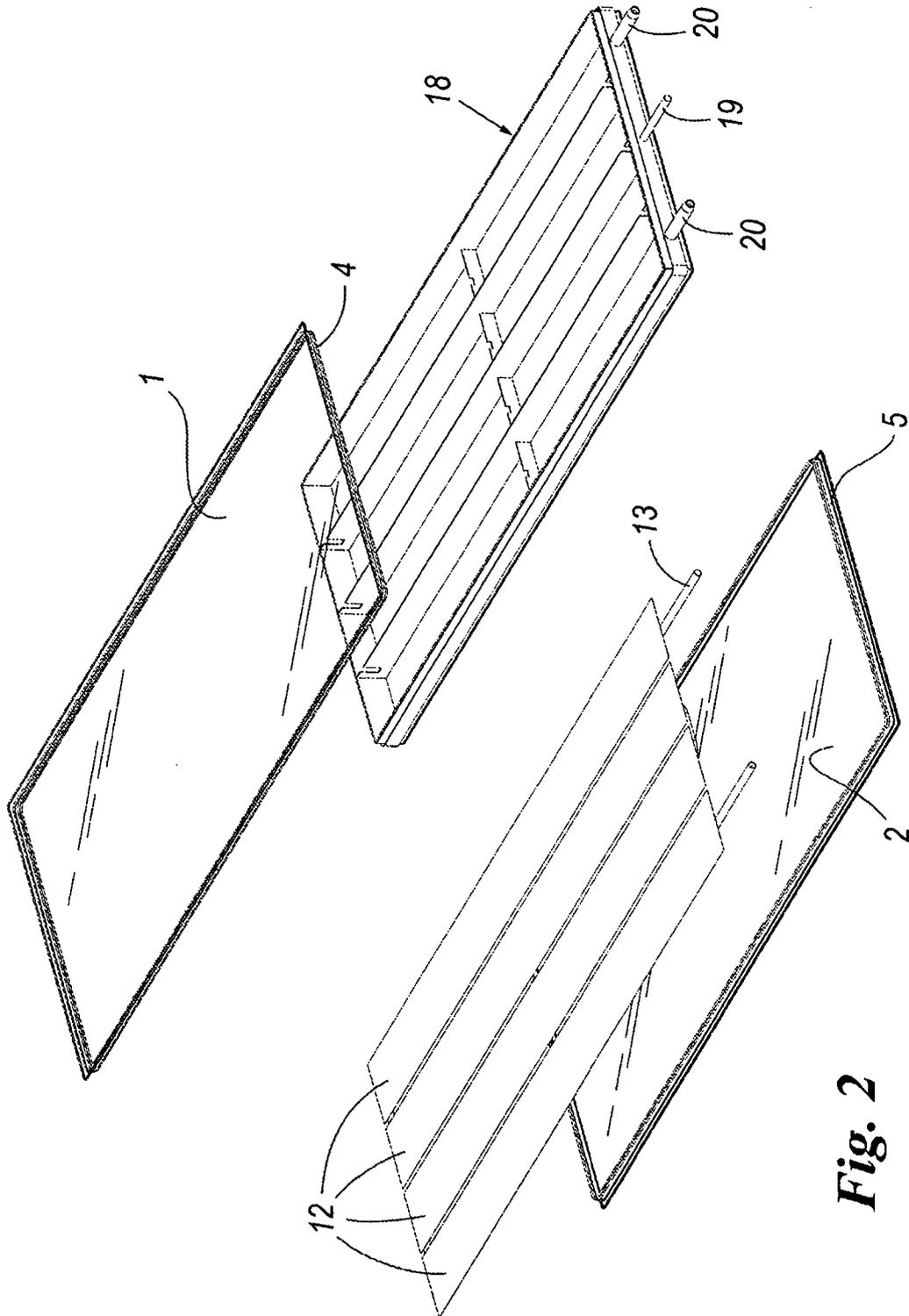
10 - la frita de vidrio es enfriada y solidificada, proporcionando de este modo un sellado de vidrio-metal (108) masivo hermético al vacío de compresión entre la primera placa (101) y el cinturón (104) periférico metálico.

15 20. Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado porque se utiliza una estructura de soporte para colocar un borde (16; 116) del cinturón (4; 104) periférico, cerca del material de vidrio (14; 114) y se calienta dicho material de vidrio por encima de su temperatura de fusión, estando dimensionada dicha estructura de soporte para que alcance las dimensiones deseadas a la temperatura de fusión del material de vidrio, estirando dicha estructura de soporte a esta temperatura el cinturón (5, 5A, 104) periférico metálico y colocando dicho cinturón en la ubicación deseada con respecto a la placa de vidrio (2), manteniéndolo al mismo tiempo en contacto con el material de vidrio fundido.

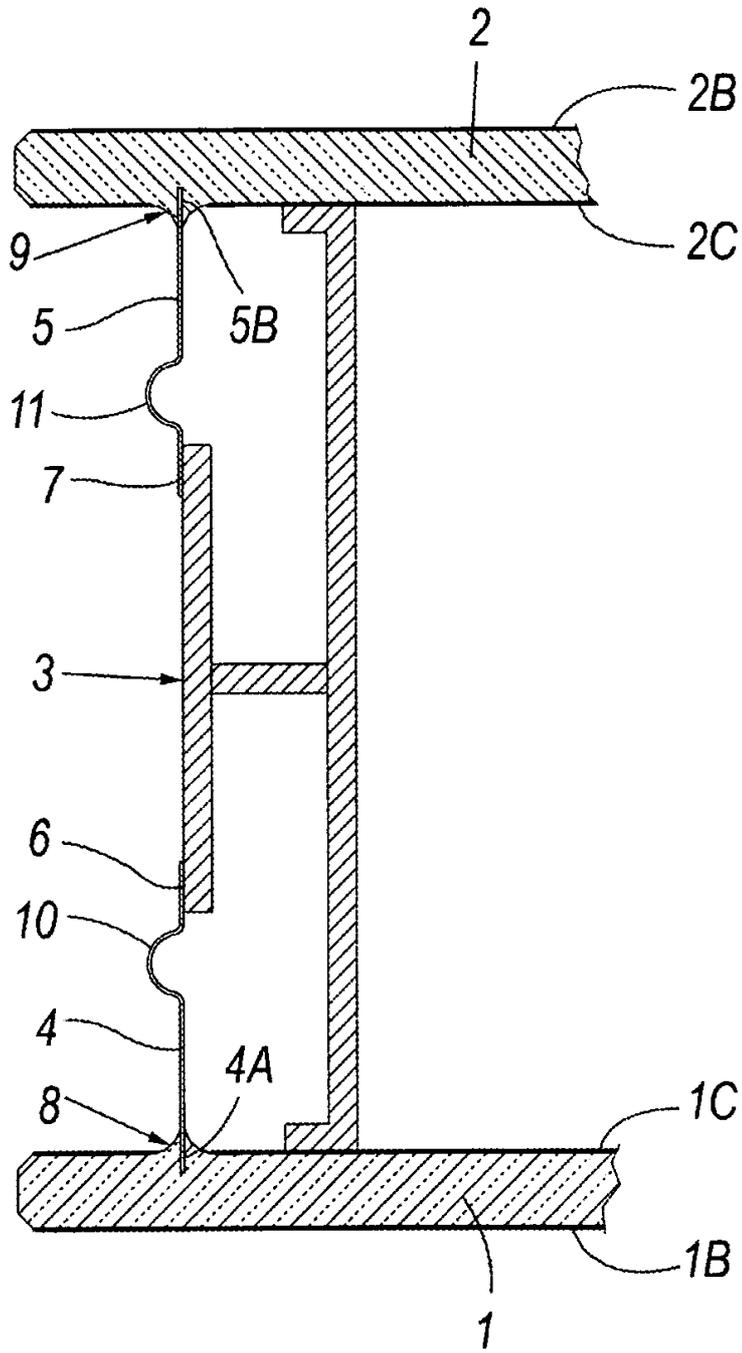
20 21. Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado porque utiliza una pasta de frita de vidrio (114) que comprende un coeficiente de expansión térmica ligeramente inferior al de la placa de vidrio (101) y el cinturón (104) metálico que va a ser sellado.



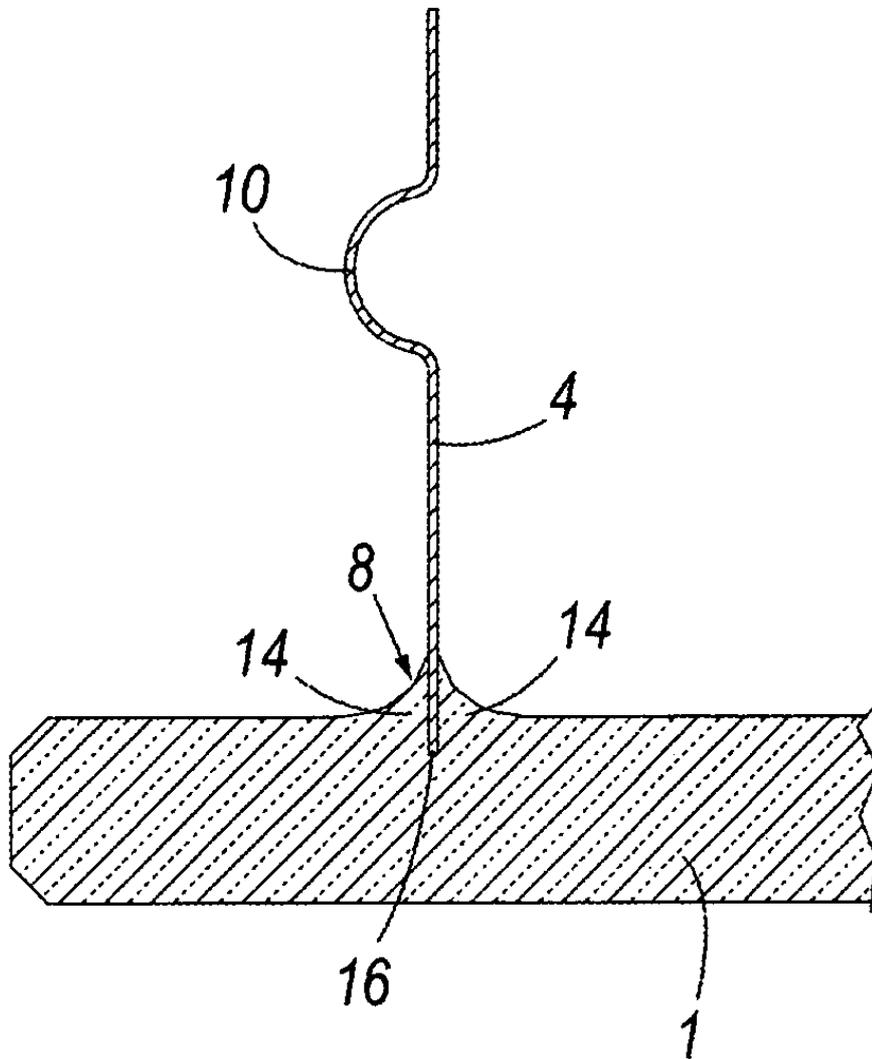
**Fig. 1**



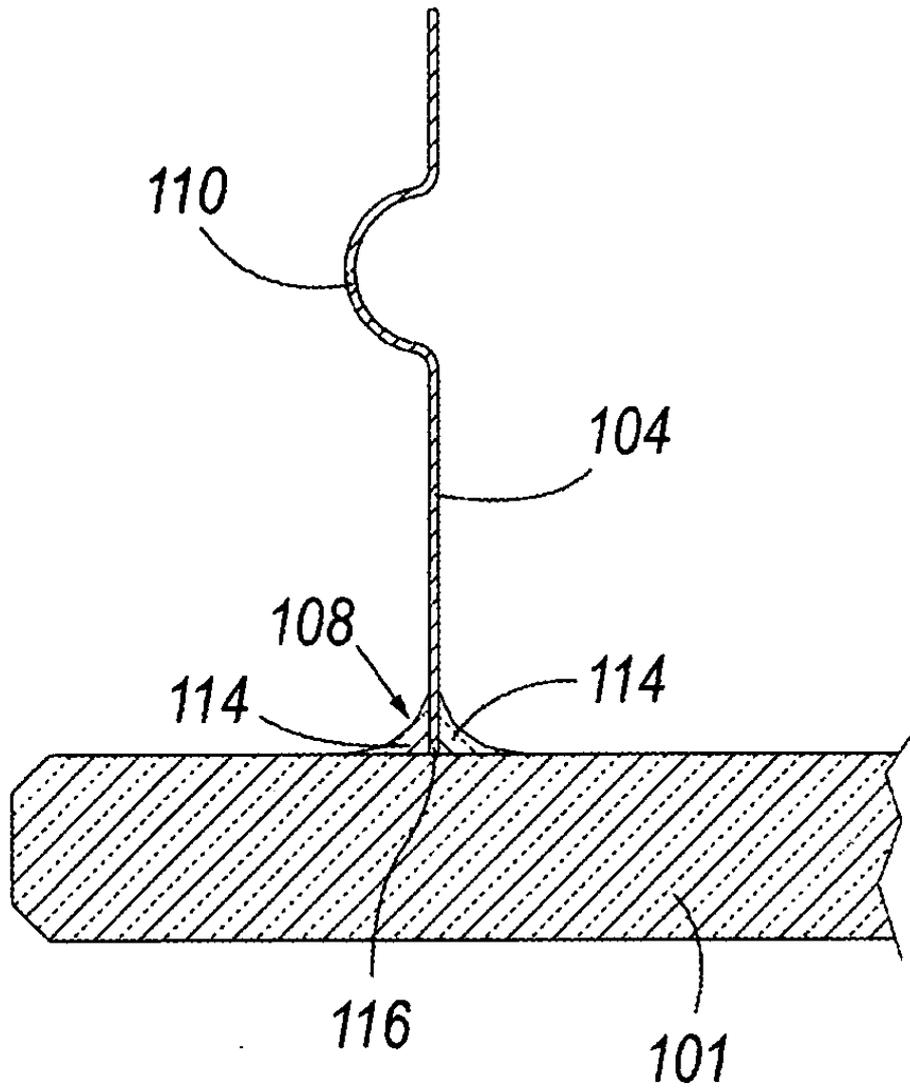
**Fig. 2**



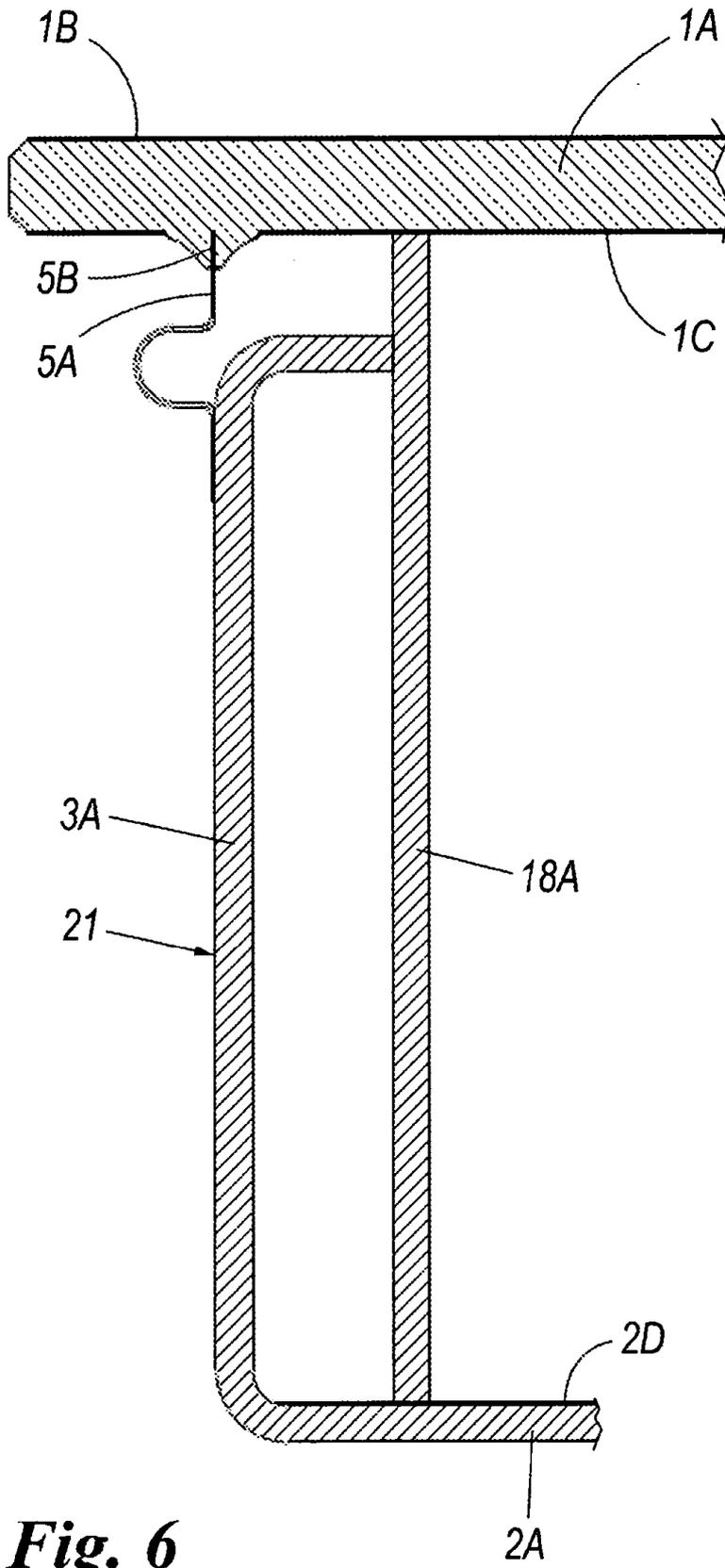
**Fig. 3**



**Fig. 4**



***Fig. 5***



**Fig. 6**