



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0915848-0 B1



(22) Data do Depósito: 08/07/2009

(45) Data de Concessão: 11/02/2020

(54) Título: PAINEL TÉRMICO SOLAR COM UMA VEDAÇÃO DE VIDRO - METAL ESTANQUE A VÁCUO E MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DO MESMO

(51) Int.Cl.: C03C 27/02.

(52) CPC: F24J 2/05; C03C 27/02; F24J 2/507; F24J 2/26; F24J 2002/4681; (...).

(30) Prioridade Unionista: 09/07/2008 IT MI2008A001245.

(73) Titular(es): TVP SOLAR S.A..

(72) Inventor(es): VITTORIO PALMIERI.

(86) Pedido PCT: PCT EP2009004937 de 08/07/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/003653 de 14/01/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 10/01/2011

(57) Resumo: PAINEL TÉRMICO SOLAR COM UMA VEDAÇÃO DE VIDRO - METAL ESTANQUE A VÁCUO E MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DO MESMO Um painel térmico solar com vácuo compreendendo uma envoltória de vácuo (30) que define um volume selado, capaz de suportar uma pressão atmosférica quando sob vácuo, pelo menos um absorvedor de calor (12) que é disposto no interior da envoltória de vácuo (30), um tubo (13) que entra e sai da envoltória (30) e que está em contato com o absorvedor de calor (12), a referida envoltória de vácuo (30) compreendendo uma primeira placa (1; 101) feita de vidro, uma estrutura periférica (3) disposto substancialmente na periferia da primeira placa (1; 101), uma cinta periférica metálica (4, 5; 104) unindo a estrutura periférica (3) à primeira placa (1; 101), a referida cinta periférica metálica (4, 5; 104) sendo unida à primeira placa (1; 101) por meio de uma vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo (8; 108), compreendendo um material de vidro (14; 114) e obtido por fusão e subsequente solidificação do referido material de vidro (14; 114); a referida cinta periférica metálica (4, 104) compreendendo pelo menos uma porção elasticamente deformável (10, 110) que é pelo menos elasticamente deformável, de modo que evite que a referida vedação de vidro - metal por massa (8; 108) fique danificada e não seja mais estanque a vácuo, quando submetido ao processo de colocação sob vácuo da envoltória (...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PAINEL TÉRMICO SOLAR COM UMA VEDAÇÃO DE VIDRO - METAL ESTANQUE A VÁCUO E MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DO MESMO**".

[001] A presente invenção refere-se a um painel térmico solar a vácuo e a um método para a produção do referido painel térmico solar a vácuo de acordo com o preâmbulo das reivindicações principais.

[002] Os painéis térmicos solares sob vácuo normalmente são obtidos pela conexão em paralelo de múltiplos tubos de calor, com aletas de absorvedor de calor afixadas a eles, selados em tubos de vidro sob vácuo individuais.

[003] Este projeto tem o inconveniente de prover um espaço morto significativo entre os absorvedores de calor, bem como ter uma porção significativa do circuito de fluido de transferência de calor fora do isolamento de vácuo.

[004] Para se suplantarem estas limitações, painéis solares térmicos a vácuo planos foram desenvolvidos, compreendendo uma envoltória estanque a vácuo plana com uma placa de vidro transparente para a radiação solar visível. No interior da envoltória de vácuo, são dispostos absorvedores de calor e um tubo entrando e saindo da envoltória conectado aos absorvedores de calor. A radiação solar entra na envoltória através da placa de vidro, é absorvida pelos absorvedores de calor e convertida em calor, o qual é transferido para o tubo e para o fluido térmico fluindo no tubo. Um vácuo alto é mantido no interior da envoltória envolvendo os absorvedores de calor e o tubo conectado a eles, de modo a se evitar que o calor escape para o ambiente externo por meio de convecção.

[005] O US 4.332.241 e o EP 1706678 mostram um painel térmico solar a vácuo compreendendo duas placas de vidro paralelas e uma estrutura de espaçamento metálico para suporte das placas de vidro em

um arranjo espaçado. Porções de superfície das placas de vidro têm um revestimento metálico, de modo a se permitir a soldagem para a estrutura de espaçamento metálico, assim se provendo uma vedação estanque a vácuo entre as placas de vidro e a estrutura de espaçamento metálico. Mais ainda, a estrutura de espaçamento preferencialmente compreende barras deformáveis ou nervuras de chumbo ou de um metal macio a serem soldadas ao revestimento metálico das placas de vidro, de modo a se limitar a tensão induzida na vedação de vidro - metal por expansão térmica e diferenças de pressão.

[006] O GB 225932 mostra um painel genérico de isolamento térmico com duas placas paralelas e uma vedação periférica flexível, preferencialmente feito de uma borracha de silicone ou de polissulfeto, para se permitir um movimento das placas em relação a cada outra, devido à expansão térmica do gás contido no interior do painel.

[007] Ambas estas tecnologias têm limitações intrínsecas severas. A maioria dos metais macios (isto é, chumbo) é tóxica, e seu uso está se tornando cada vez mais restrito. Uma metalização do vidro se baseia em revestimentos de superfície os quais podem se deteriorar muito mais rapidamente do que materiais massudos, devido ao fato de eles se estenderem por apenas umas poucas camadas atômicas. Por outro lado, colas, borracha de silicone e polissulfeto permitem uma permeação de gás ao longo do tempo, por causa de seus constituintes orgânicos, assim se evitando seu uso para aplicações de vácuo alto de longa duração.

[008] O FR 249956 descreve um painel térmico solar a vácuo que compreende uma placa de vidro superior e uma inferior espaçadas e suportadas por paredes metálicas ou de vidro laterais, cujas bordas são seladas à delimitação das referidas placas pelo uso de uma pasta de frita de piocerâmica. A estrutura formada pelas placas de vidro seladas às paredes laterais é bastante rígida, e não é capaz de suportar os

deslocamentos recíprocos das placas de vidro e das paredes laterais durante um processo de colocação sob vácuo do referido painel e os tratamentos térmicos usuais subsequentes. Os ensinamentos do FR 249956 não têm aplicabilidade industrial.

[009] O US 4493940 descreve um painel térmico solar não de vácuo, onde as paredes laterais rígidas não são seladas estanques a vácuo a uma placa de vidro superior por meio de uma frita de vidro.

[0010] O US 4095428 descreve uma planta de potência elétrica solar que compreende coletores térmicos não estanques a vácuo compreendendo uma placa de vidro superior, a qual transmite a radiação solar incidente para um reforço de aço provido em sua face inferior com um duto de fluido, para a passagem de um fluido de transferência de calor ao longo da superfície inferior do reforço. Na superfície superior do reforço de aço, um estrato sinterizado de pó de silício recozido é disposto, mantido no reforço de aço por um material de brasagem termicamente condutor. Um aro formado por uma banda fina de aço conecta a placa de vidro e o reforço de aço, respectivamente, por meio de uma solução de tinta de frita de vidro e brasagem.

[0011] Este coletor térmico não é capaz de suportar um processo de colocação sob vácuo, já que, durante esse processo, a placa de vidro colapsaria sobre o reforço.

[0012] O JP 9119137 descreve um método para a vedação de um corpo de metal tubular a um coletor de vidro de tubo para um coletor solar estanque a vácuo. A estrutura compreendendo o corpo de metal selado ao tubo de vidro é uma estrutura rígida. Mais ainda, ela mostra a formação de um anel de vidro em uma borda do corpo de metal tubular, antes da conexão do referido corpo ao tubo de vidro. De modo a formar este anel de vidro, o corpo de metal necessariamente precisa ser rodado e, portanto, este método não pode ser realizado em uma parede lateral de metal de um painel plano.

[0013] O GB 1439444 descreve um método de junção de dois membros de vidro pré-formados por um aquecimento com resistência de um membro de vedação de metal.

[0014] O US 4640700 descreve um método para afixação de um pino de estojo a um painel de tubo de raios catódicos.

[0015] O GB 2259732 descreve um aparelho de isolamento térmico para a realização de portas com uma vedação sem estanque a vácuo flexível.

[0016] Um objetivo da presente invenção é suplantar estas limitações dos painéis térmicos solares da técnica anterior pela provisão de um painel térmico solar a vácuo compreendendo uma envoltória de vácuo de longa duração e confiável.

[0017] Um outro objetivo da presente invenção é reduzir a tensão aplicada à vedação de vidro - metal devido à pressão atmosférica e a uma expansão térmica diferencial dos constituintes do painel, quando aquecidos durante o ciclo de cozimento.

[0018] Um outro objetivo da presente invenção é prover um painel térmico solar a vácuo plano com duas placas paralelas.

[0019] Um outro objetivo da presente invenção é prover um painel térmico solar a vácuo plano com eficiência melhorada a temperaturas acima de 200°C.

[0020] Um objetivo adicional da invenção é prover um método para a obtenção desse painel térmico solar a vácuo.

[0021] A presente invenção será mais plenamente entendida e apreciada a partir da descrição detalhada a seguir, tomada em conjunto com os desenhos associados, nos quais:

[0022] a figura 1 mostra uma vista em perspectiva de um painel térmico solar a vácuo de acordo com a invenção;

[0023] a figura 2 é uma vista explodida do painel;

[0024] a figura 3 mostra uma seção transversal da parede periférica

do painel térmico solar a vácuo;

[0025] a figura 4 mostra uma seção transversal aumentada da parede periférica do painel térmico solar a vácuo, mostrando uma vedação de vidro - metal por massa combinada, que tem a borda da cinta periférica embutida na placa de vidro, de acordo com a primeira modalidade da invenção;

[0026] as figuras 5 e 6 mostram uma seção transversal aumentada de uma primeira e uma segunda modalidade da parede periférica do painel térmico solar a vácuo, mostrando uma vedação de vidro - metal de compressão que tem a borda da cinta periférica embutida em uma nervura de frita de vidro unindo a cinta periférica à placa de vidro, de acordo com uma segunda modalidade da invenção.

[0027] O painel térmico solar a vácuo de acordo com a invenção (figura 1 e 2) compreende uma envoltória de vácuo 30 definindo um volume selado, capaz de suportar uma pressão atmosférica quando sob vácuo, com pelo menos uma primeira placa 1 feita de vidro transparente para a radiação solar visível. Um tubo 13 para o fluido térmico com múltiplos absorvedores de calor afixados 12 em bom contato térmico com o mesmo tubo é envolvido na envoltória de vácuo para se evitar uma transferência de calor para o ambiente, devido à convecção. O referido tubo 13 entra e sai da envoltória de vácuo 30 através das portas de saída 20. Obviamente, mais de um desses tubos 13 pode estar presente.

[0028] A envoltória de vácuo 30 pode ter uma primeira e uma segunda placas paralelas 1 e 2, ambas feitas de vidro, ou a primeira placa 1, feita de vidro, e uma segunda placa 2, feita de metal, mantida em um arranjo espaçado por um chassi 18 disposto no interior da envoltória 30 entre as placas 1 e 2, e uma estrutura periférica 3. O referido chassi 18 e a estrutura periférica 3 também podem suportar partes do tubo 13 no interior da envoltória 30 e os absorvedores de calor

12 conectados a ele.

[0029] Conforme mostrado na figura 1, o painel térmico solar é plano. A envoltória de vácuo 30 do painel compreende uma primeira e uma segunda placas 1 e 2, feitas de vidro, e uma estrutura periférica metálica 3. Também é compreendido por duas cintas periféricas metálicas 4 e 5, cada uma unindo as placas de vidro 1 e 2 aa estrutura periférica metálica 3. Se as placas acima forem feitas de vidro, o painel solar terá duas superfícies ativas (painel plano de lado duplo), uma coletando a radiação solar diretamente a partir do Sol e a outra coletando a radiação solar refletida por um espelho adequado (não mostrado na figura).

[0030] No caso da primeira placa 1 ser feita de vidro e a segunda placa 2 de metal, o painel solar poderia ser de lado único, isto é, com apenas um lado capaz de coletar radiação solar. Quando a segunda placa é feita de metal, a estrutura periférica pode ser unido diretamente à segunda placa por meio de uma soldagem de metal com metal convencional, sem a presença de uma cinta periférica flexível, ou, conforme mostrado na figura 6, a referida estrutura periférica 3A é em uma peça com a segunda placa de metal 2A.

[0031] A composição de placa de vidro deve ser escolhida de modo a se maximizar a transparência (coeficiente de transmissão $\geq 0,91$).

[0032] Mais ainda, é comumente conhecido pelos versados na técnica que, pela aplicação de um revestimento à placa de vidro, já que isso reduz a transparência de vidro, também se reduzirá a quantidade de energia solar entrando no painel e, assim, a eficiência do painel. De acordo com a invenção, o oposto pode ser obtido. De fato, pela aplicação de um revestimento de baixa emissão de infravermelho (1C, 2C) ao lado interno das placas de vidro, mesmo se reduzindo a transmissão na parte visível do espectro solar, a eficiência do painel é aumentada a uma alta temperatura, por causa do efeito predominante

de redução de perdas de radiação derivando das emissões de infravermelho de absorvedor de calor.

[0033] Para se obter este resultado, o revestimento de baixa emissão é escolhido de modo que: a refletividade para comprimentos de onda compreendida entre 4 e 6 microns (correspondente a uma faixa de temperatura de 200 a 400°C) seja de mais do que 0,9 e que a transmissão para comprimentos de onda compreendidos entre 0,25 e 1 micron seja de mais do que 0,7. Um painel operando, por exemplo, a 265°C, teria uma emissão de infravermelho a partir do absorvedor de calor com um pico em 5,4 microns.

[0034] Foi descoberto que um revestimento de acordo com a invenção pode aumentar a eficiência do painel a 265°C em mais do que 30%.

[0035] De acordo com a invenção, também foi descoberto que a eficiência do painel pode ser adicionalmente aumentada pela aplicação de um segundo revestimento (1B, 2B) à superfície externa das placas de vidro. Este segundo revestimento é comumente usado como um revestimento antirreflexo.

[0036] De acordo com a invenção, também foi descoberto que, no caso de um painel de lado único, a eficiência pode ser adicionalmente aumentada pela aplicação de um terceiro revestimento (figura 6) à superfície interna da placa de metal, para diminuição de sua emissividade. Este terceiro revestimento é, por exemplo, uma camada de cobre eletrodepositada comumente usada.

[0037] Adicionalmente, o vidro deve ser termicamente pré-distendido ou estratificado para a melhoria da segurança e redução da espessura. No caso de vidro flutuando de cal de soda extraclara, a espessura das placas de vidro deve ser de em torno de 5 mm, quando se considerar um chassi 18 com estruturas de suporte espaçadas a de 120 a 160 mm.

[0038] A figura 2 mostra uma vista explodida do painel, onde os elementos do mesmo são separados, de modo a serem mais bem identificados.

[0039] As figuras 3, 4 e 5 mostram uma seção transversal da parede periférica da envoltória de vácuo, a referida parede periférica compreendendo a estrutura periférica 3, que suporta duas placas 1 (ou 101 na figura 5) e 2 em um arranjo espaçado, e as duas cintas periféricas 4 (ou 104 na figura 5) e 5 unidas a estrutura periférica 3 com uma vedação de metal - metal estanque a vácuo 6 (ou 116 na figura 5) e 7 e unido às primeira e segunda placas 1, 101 e 2, por meio de uma vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo 8 (108 na figura 5) e 9.

[0040] A figura 6 mostra um painel solar de lado único compreendendo uma placa de vidro 1A suportada por uma estrutura 21 compreendendo uma peça metálica única provendo as funções da estrutura periférica metálica 3A e da placa de fundo 2A, e um chassi 18A para suporte da placa de vidro 1A e partes do tubo 13 e do absorvedor de calor 12 (não mostrado na figura 6) conectado a ele.

[0041] A estrutura periférica é conectada à placa de vidro por uma parede periférica metálica 5A, conforme descrito acima. Uma liga de expansão controlada com 48% de teor de níquel (liga de NiFe 48) é usada, preferencialmente, para a cinta periférica 4 e 5, por causa da combinação próxima entre seu coeficiente de expansão térmica e aquele do vidro de cal de soda.

[0042] No presente debate, o termo estanque a vácuo deve ser entendido como o seguinte: uma vedação ou componente é geralmente considerado como sendo estanque a vácuo, se, quando testado em um detector de vazamento de espectrômetro de massa de pico de hélio, mostrar uma taxa de vazamento de menos de $10E^{-10} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$.

[0043] Com a expressão “vedação de vidro - metal por massa” 8, 9,

108, quer se dizer uma vedação estanque a vácuo entre uma placa de vidro 1, 2 ou 101 e uma cinta periférica metálica 4, 5 ou 104, compreendendo vidro 14 ou 114 (figura 5) embutindo uma borda 16, 116 (figura 5) da cinta periférica metálica 4, 5 ou 104. A vedação de vidro - metal por massa 8, 9, 108 é obtida pela fusão e subsequente solidificação do vidro 14, 114 embutindo a borda 16, 116 (figura 5) da cinta periférica 4, 5, 104, de modo a se fazer com que o vidro 14, 114 adira diretamente à cinta periférica.

[0044] A vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo pode ser de dois tipos, de acordo com a primeira ou a segunda modalidade da invenção, respectivamente:

a) pode ser uma vedação de vidro - metal combinada 8 tendo a borda 16 da cinta periférica 4 embutida no material de vidro 14 resultando da fusão local e subsequente solidificação das placas de vidro 1, 2 (figura 4);

b) pode ser uma vedação de vidro - metal de compressão 108, tendo a borda 116 da cinta periférica 104, resultando da fusão do material de frita de vidro unindo a cinta periférica 104 à placa de vidro 101 (figura 5).

[0045] Em ambas as modalidades, o material de vidro 14, 114 adere diretamente à cinta periférica metálica 4, 104. Na primeira modalidade, o material de vidro 14 faz parte da primeira placa 1, a qual sempre é feita de vidro, ao passo que na segunda modalidade o material de vidro 114 é uma frita de vidro um pouco adicionada que forma um menisco na borda da cinta periférica metálica 104.

[0046] Quando uma placa de vidro é aquecida, ela primeiramente se torna macia a uma certa temperatura e, subsequentemente, ela se funde a uma temperatura mais alta, tornando-se líquida ou fundida.

[0047] Na vedação de vidro - metal combinada 8 (figura 4), o embutimento da borda da cinta periférica 4 e a adesão do material de

vidro 14 à cinta periférica metálica 4 são obtidos por meio da fusão localizada da placa de vidro 1. Uma fusão de vidro localizada é obtida pelo aquecimento da cinta periférica em conjunto com a placa de vidro a uma temperatura próxima, mas não excedendo, ao ponto de amolecimento de vidro (para vidro de cal de soda, a em torno de 720°C). A cinta periférica 4 então é adicionalmente aquecida (por exemplo, por indução) acima da temperatura de amolecimento de vidro (em torno de 800°C), inserida na placa de vidro 1 por em torno de 1 a 2 mm e eventualmente retraída para se permitir que o vidro fundido forme um menisco em ambos os lados da cinta periférica. Eventualmente, a placa de vidro 1 é rapidamente resfriada para a indução do nível requerido de pré-tensão, seguindo-se as regras padronizadas para têmpera.

[0048] Na vedação de vidro - metal de compressão 108 (figura 5), o embutimento da borda da cinta periférica metálica 104 e a adesão à cinta periférica metálica 104 são obtidos pela fusão de uma frita de vidro tendo uma temperatura de amolecimento muito mais baixa, se comparada com aquela da placa de vidro, e pela junção da cinta periférica 104 à placa de vidro 101, uma vez solidificada. A frita de vidro, vítrea ou de desvitrificação, poderia ser escolhida para ter um coeficiente de expansão térmica (λ) ligeiramente mais baixo do que aquele dos componentes a serem selados, de modo a se prover alguma compressão adicional para a vedação. No caso de vidro de cal de soda e liga de NiFe 48, ambos tendo um coeficiente de expansão térmica de $\lambda = 90 * 10^{-7} K^{-1}$, uma frita de vidro com λ em torno de $75 * 10^{-7} K^{-1}$ poderia ser usada. A vedação de vidro - metal de compressão 104 é obtido primeiramente pela aplicação de uma pasta espessa obtida pela mistura de pó de frita de vidro com um aglutinante e um solvente adequado (por exemplo, nitrocelulose e acetato de amila) como uma nervura contínua de em torno de 2 mm de altura e largura no topo de uma placa de vidro, então, pela inserção da cinta periférica na referida

nervura de pasta de frita de vidro e, então, incendiando o conjunto liberado, mantido em conjunto por uma estrutura de suporte adequada, em um forno adequado.

[0049] Em particular, foi descoberto ser vantajoso secar a nervura de frita de vidro antes da inserção da cinta periférica, então, colocar a placa de vidro com a nervura seca de cabeça para baixo e tocar a borda de topo da cinta periférica, mantida no lugar por uma estrutura de suporte adequada e, então, incendiando-se o conjunto liberado no forno. Dessa forma, a nervura de frita de vidro, uma vez que atinja sua temperatura de fusão, fluirá para baixo ao longo de ambos os lados da cinta periférica, assim se realizando um menisco perfeitamente simétrico e homogêneo para a vedação de vidro - metal, tal como aquilo representado na figura 5. Uma queima de frita deve seguir um ciclo térmico usual, conforme descrito em folhas de dados de material (para uma frita de vidro típica, a temperatura de queima atingirá 450°C por em torno de 30 minutos). A estrutura de suporte deve ser feita de modo a compensar uma diferença de expansão térmica com respeito aos componentes remanescentes do conjunto.

[0050] Isto pode ser obtido, por exemplo, pela realização de uma estrutura de suporte ou moldura de acendimento, em um aço adequado (por exemplo, AISI 430) e dimensionar isso de forma tal que atinja as dimensões desejadas na temperatura de fusão de frita, e pelo fato de nesta temperatura ela distender a cinta periférica metálica 5, 5A, 104 e posicionar essa cinta na localização desejada com respeito à placa de vidro 2, enquanto é mantida em contato com a frita fundida.

[0051] De acordo com um aspecto adicional da invenção, a vedação de vidro - metal por massa pode ser vantajosamente melhorado se pelo menos o componente de metal embutido na frita de vidro for oxidado, antes da criação dessa vedação de vidro - metal por massa; a referida oxidação sendo preferencialmente de modo a produzir uma camada de

óxido aproximadamente uniforme e estável 4A, 5B de espessura aproximadamente regular e, preferencialmente, também, de modo a se melhorar a resistência de ligação de vidro com metal em pelo menos 10%, quando medida por um ensaio de cisalhamento.

[0052] A referida pré-oxidação do componente de metal é realizada preferencialmente por meio de aquecimento em um forno a uma temperatura adequada para o crescimento de uma camada de óxido uniforme na superfície de componente de metal. Obviamente, outros tratamentos poderiam ser divisados, incluindo, por exemplo, um aquecimento em atmosfera enriquecida com oxigênio.

[0053] A vedação de vidro - metal por massa de compressão também pode ser obtido de uma forma menos preferida primeiramente pela colocação da cinta periférica 104 (figura 5) sobre a superfície da placa de vidro 1 e, subseqüentemente, adicionando-se a nervura de pasta de frita de vidro 114 no topo da superfície da placa de vidro 1 em um ou ambos os lados da cinta periférica 104. A referida nervura de frita de vidro é subseqüentemente fundida e solidificada de novo para a obtenção da vedação de vidro - metal. Esta última técnica é mais complicada do que aquela descrita aqui antes, e a presença de uma nervura de frita de vidro em apenas um lado da cinta periférica tornaria a vedação de vidro - metal mais frágil.

[0054] Ambas as vedações de vidro - metal combinada e de compressão 8 e 108 podem ser reforçados por meio de uma encapsulação de resina epóxi em um ou ambos os lados da cinta periférica. A resina de epóxi para o lado de vácuo deve ser escolhida de modo a ter uma liberação de gás muito baixa e boa estabilidade a uma temperatura alta, de modo a se suportar mais tarde um ciclo de cozimento (isto é, uma resina epóxi conhecida com o nome comercial de "Torr Seal by Varian" pode ser usada).

[0055] A espessura da cinta periférica 4, 104 deve ser escolhida,

preferencialmente, na faixa de 0,1 a 1 mm, de modo a se evitar uma fissuração sob uma pressão atmosférica, enquanto se reduz a condução térmica durante a soldagem, para se evitar um aquecimento da vedação de vidro - metal, o que, por sua vez, poderia tornar essa vedação não mais estanque a vácuo.

[0056] Deve ser notado que, de acordo com a invenção, a cinta periférica metálica é contínua, isto é, soldada para a formação de uma cinta contínua, estanque a vácuo e compreende pelo menos uma porção elasticamente deformável que é pelo menos elasticamente deformável de modo que evite que a vedação de vidro - metal por massa fique danificado e não seja mais estanque a vácuo, quando submetido ao processo de evacuação da referida envoltória e aos tratamentos térmicos do painel e aos deslocamentos recíprocos em potencial da placa de vidro e da cinta periférica metálica unida.

[0057] Deve ser notado que o fraseado “tratamentos” do painel se refere ao processo de vedação de vidro e metal e a outros tratamentos, tal como um tratamento térmico de cozimento do painel realizado a mais de 200°C, de modo a se diminuir a pressão interna, enquanto se limitam as exigências de limpeza para o painel por meio de pirólise.

[0058] A porção pelo menos elasticamente deformável mencionada acima 10, 110 da cinta periférica metálica 4, 5; 104 preferencialmente é pelo menos elasticamente deformável de modo que permita um alongamento da referida cinta de 0,1 a 0,3 mm com respeito a um eixo geométrico perpendicular à placa de vidro.

[0059] De acordo com um aspecto adicional da invenção, a cinta periférica metálica 4; 104 compreende uma porção intermediária provida entre uma primeira e uma segunda porção da referida cinta periférica, a referida primeira porção unindo a primeira placa de vidro 1; 101 e compreendendo a vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo 8, 108, a referida segunda porção da referida cinta metálica 4;

104 unindo a estrutura periférica 3, e compreendendo uma vedação de metal - metal estanque a vácuo 6, 116; pelo menos uma porção elasticamente deformável sendo provida na referida porção intermediária.

[0060] De acordo com um aspecto adicional da invenção, pelo menos uma porção elasticamente deformável 10, 110 compreende, preferencialmente, pelo menos uma parte não retilínea ou pelo menos uma parte pelo menos parcialmente curvada ou pelo menos uma nervura 10, 110. Esta nervura 10, 110 preferencialmente é de forma semicircular, tem um raio compreendido entre 2 e 4 mm, correndo pelo comprimento inteiro da cinta periférica.

[0061] Quando as placas 1 e 2 são ambas feitas de vidro, a cinta periférica é afixada a ele por meio de uma vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo. Se a primeira placa 1 for feita de vidro e a segunda placa 2 for feita de metal, uma vedação de metal - metal estanque a vácuo, obtida, por exemplo, por uma soldagem fraca convencional, por soldagem ou brasagem, poderá ser provido diretamente para a junção da estrutura periférica à placa de metal, ou, conforme descrito antes, a estrutura periférica e a placa de fundo de metal podem ser realizados em uma peça de metal única.

[0062] A envoltória de vácuo do painel solar de acordo com a invenção também compreende uma porta de bombeamento 19, tipicamente feita de um tubo de cobre, conectada a uma bomba de vácuo (não mostrada). Após a colocação sob vácuo da envoltória de vácuo, a porta de bombeamento 19 pode ser selada por um estrangulamento, um método típico usado em circuitos de refrigeração.

[0063] Uma porta de saída, tipicamente feita de um tubo de aço inoxidável 20 ou um fole, cria o tubo de absorvedor de calor 13 fora da envoltória de vácuo 30, através da estrutura periférica 3, enquanto se minimiza a transferência de calor para o mesmo, caso também esteja

presente.

[0064] Uma bomba captadora de tipo conhecido também pode estar presente no interior da envoltória de vácuo, de modo a se bombear continuamente qualquer gás residual com a exceção notável daqueles nobres.

[0065] A invenção também se refere a um método para a produção de um painel térmico solar a vácuo compreendendo uma envoltória de vácuo que define um volume selado, capaz de suportar uma pressão atmosférica, quando sob vácuo, e tendo pelo menos uma primeira placa 1, 2, 101 feita de vidro, uma cinta periférica metálica 4, 5, 104 e uma vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo entre a placa de vidro 1, 2, 101 e a cinta periférica metálica 4, 5, 104.

[0066] De acordo com a presente invenção, o material de vidro 14, 114 é disposto próximo da borda 16, 116 da cinta periférica 4, 104. O referido material de vidro pode ser parte da referida primeira placa 1 ou algum material de frita de vidro aderido 104. O referido material de vidro 14, 114 é aquecido acima de sua temperatura de fusão e, subsequentemente, resfriado abaixo da referida temperatura, para se fazer com que o material de vidro adira à cinta periférica e se unindo à placa de vidro 1, enquanto se embute a borda da cinta periférica. Isto pode ser obtido de duas formas: o referido material de vidro, posicionado próximo da borda da cinta periférica, fundido e subsequentemente solidificado de novo, pode vir a partir da placa de vidro ou pode vir a partir de uma nervura de pasta de frita de vidro, o que, quando a cinta periférica é disposta com sua borda na superfície da placa de vidro 101, está posicionada em ambos os lados da cinta periférica 104.

[0067] Quando o vidro que forma a vedação de vidro - metal por massa está vindo a partir da placa de vidro 1 (vedação de vidro - metal combinado), o método pode ser descrito pelas etapas a seguir:

- a placa de vidro 1 é aquecida para uma temperatura próxima da, mas não excedendo a sua temperatura de amolecimento;
- a cinta periférica 4 é aquecida para uma temperatura acima da temperatura de amolecimento da placa de vidro 1;
- uma borda 16 da cinta periférica 4 é pressionada contra a superfície da placa de vidro 1, de modo a se obter uma fusão localizada e para a inserção da borda na placa de vidro 1, de modo que a borda 16 da cinta periférica 4 seja embutida pelo vidro 14 da placa de vidro 1;
- a cinta periférica 4 é retraída da placa de vidro 1, para a formação de um menisco em ambos os lados da borda 16 da cinta periférica 4;
- a placa de vidro 1 e a cinta periférica 4 são resfriadas para abaixo da temperatura de amolecimento da placa de vidro, provendo uma vedação de vidro - metal estanque a vácuo entre a placa de vidro 1 e a cinta periférica metálica 4.

[0068] Quando o vidro que forma a vedação de vidro - metal por massa está vindo a partir de uma nervura de pasta de frita de vidro (vedação de vidro - metal de compressão), o método pode ser descrito pelas etapas a seguir:

[0069] uma pasta de frita de vidro compreendendo um material de frita de vidro é provida, a referida pasta de frita de vidro sendo obtida pela mistura em conjunto de um pó de material de frita de vidro, um solvente e um aglutinante;

[0070] a pasta de frita de vidro é colocada no topo da superfície da placa de vidro 101, para a formação de uma nervura contínua;

[0071] então, duas formas possíveis de prosseguir com o método são possíveis:

- a nervura é seca, então, a placa de vidro 101 com a nervura seca é colocada de cabeça para baixo sobre a cinta periférica 104 tocando na borda 116 da cinta periférica 104, mantida no lugar por uma

estrutura de suporte adequada;

- a borda 116 da cinta periférica 104 é inserida na nervura da pasta de frita de vidro contatando também a superfície da placa de vidro 101;

- a pasta de frita de vidro é aquecida e fundida para a formação de um menisco de frita de vidro fundida entre o lado da cinta periférica 104 e a superfície da placa de vidro 101;

- a frita de vidro é resfriada e solidificada, assim provendo uma vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo entre a placa de vidro 101 e a cinta periférica metálica 104.

[0072] O método para a produção de uma vedação de vidro - metal combinado é preferido, quando uma pré-tensão térmica de placa de vidro é requerida, uma vez que pode ser aplicado durante um tratamento de pré-tensão a um custo praticamente nulo, enquanto o método para a produção de uma vedação de vidro - metal de compressão deve ser usado quando nenhuma pré-tensão térmica de placa de vidro é divisada (isto é, no caso de um vidro estratificado), uma vez que requer uma temperatura muito menor.

[0073] Em ambos os casos (vedação de vidro - metal combinado ou de compressão), a vedação de vidro - metal poderia ser reforçado, então, por meio de um epóxi adequado em um ou ambos os lados da cinta periférica, conforme descrito acima.

[0074] Uma vantagem da presente invenção é que ela provê um painel térmico solar provido com uma envoltória estanque a vácuo que tem uma vedação de vidro - metal muito simples de realizar e ainda muito confiável.

[0075] A cinta periférica é tornada deformável pela presença da nervura. Isto permite diminuir as tensões induzidas na vedação de vidro - metal pela diferença de pressão entre o interior e o exterior da envoltória durante uma colocação sob vácuo da mesma e por uma

expansão térmica diferencial dos componentes de painel durante os tratamentos térmicos do painel e, em particular, um ciclo de cozimento a uma temperatura acima de 200°C.

[0076] Uma vantagem adicional é que a envoltória não faz uso de materiais tóxicos ou perigosos.

[0077] Finalmente, é para ser notado que muitas das invenções descritas poderiam ser incorporadas em um painel solar a vácuo independentemente umas das outras. Isto se refere, em particular, às invenções a seguir:

a1) um painel térmico solar a vácuo compreendendo uma vedação de vidro - metal realizado de acordo com a reivindicação 1 e, preferencialmente, compreendendo um ou mais dos recursos descritos nas reivindicações 2 a 6 anexadas,

a2) um método para a produção de um painel térmico solar a vácuo de acordo com a reivindicação 21 e, preferencialmente, compreendendo uma ou mais das reivindicações 22 a 25,

b) um painel térmico solar a vácuo compreendendo os recursos da porção de pré-caracterização da reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a cinta periférica metálica ser uma cinta contínua e estanque a vácuo, e compreende pelo menos uma porção elasticamente deformável que é pelo menos elasticamente deformável, de modo que evite que a vedação de vidro - metal por massa fique danificada e se torne não estanque a vácuo, quando submetido ao processo de colocação sob vácuo da envoltória e aos tratamentos térmicos do painel e aos deslocamentos recíprocos em potencial da placa de vidro e da cinta periférica metálica unida. É para ser notado que esta cinta compreende, preferencialmente, também, um ou mais dos recursos descritos nas reivindicações anexadas 10 a 13.

c1) um painel térmico solar a vácuo que compreende no lado interno de suas placas de vidro (1, 2) um revestimento de espelho de

infravermelho e/ou no lado externo da placa de vidro um revestimento antirreflexo, e/ou no lado interno de uma placa de vidro de fundo e um revestimento de espelho de infravermelho. É para ser notado que estes revestimentos compreendem preferencialmente também os recursos descritos na porção de caracterização das reivindicações 14 a 16 anexadas.

c2) um método para aumento da eficiência de um painel térmico solar a vácuo caracterizado pela aplicação de revestimentos antirreflexo e/ou de espelho de infravermelho nas superfícies externas e/ou internas, respectivamente, do vidro e/ou no lado interno de uma placa de vidro de fundo (1, 2, 1A, 2A). É para ser notado que este método também compreende, preferencialmente, as etapas descritas na porção de caracterização das reivindicações anexadas 26 a 28.

d) um painel térmico solar a vácuo de lado único de acordo com a porção de pré-caracterização da reivindicação 1, e ainda compreendendo uma estrutura de metal realizado em uma peça compreendendo a estrutura periférica 3 e uma placa de metal de fundo do painel,

e) uma estrutura de suporte ou uma moldura de acendimento para um painel solar a vácuo de acordo com a porção de pré-caracterização da reivindicação 1, preferencialmente realizada em um aço adequado (por exemplo, AISI 430) e dimensionada de modo que atinja as dimensões adequadas na temperatura de fusão de frita, e pelo fato de nesta temperatura distender a cinta periférica metálica e posicionar essa cinta na localização desejada com respeito à placa de vidro, enquanto é mantida em contato com a frita fundida,

f) um painel solar a vácuo que tem uma vedação de vidro - metal estanque a vácuo, feita usando-se um vidro à base de frita em que pelo menos o componente de metal embutido na frita é oxidado, antes da criação dessa vedação de vidro - metal por massa; a referida

oxidação preferencialmente sendo tal que produza uma camada de óxido aproximadamente uniforme e estável regular na espessura e, preferencialmente, também de modo a melhorar a resistência da ligação do vidro ao metal em pelo menos 10%, quando medida por um ensaio de cisalhamento.

[0078] A referida pré-oxidação do componente de metal preferencialmente é realizada por meio de aquecimento em um forno a uma temperatura adequada para o crescimento de uma camada de óxido uniforme na superfície de componente de metal (para uma liga de NiFe 48 tipicamente 10' a 560°C). É notado, adicionalmente, que outros tratamentos poderiam ser divisados, incluindo o aquecimento em uma atmosfera enriquecida em oxigênio.

REIVINDICAÇÕES

1. Painel térmico solar com vácuo compreendendo uma envoltória de vácuo (30) que define um volume selado, capaz de suportar uma pressão atmosférica quando sob vácuo, pelo menos um absorvedor de calor (12) que é disposto no interior da envoltória de vácuo (30), um tubo (13) que entra e sai da envoltória (30) e que está em contato com o absorvedor de calor (12), a referida envoltória de vácuo (30) compreendendo uma primeira placa (1; 101) feita de vidro, uma estrutura periférica (3) disposta substancialmente na periferia da primeira placa (1; 101), uma cinta periférica metálica (4, 5; 104) unindo a estrutura periférica (3) à primeira placa (1; 101), a referida cinta periférica metálica (4; 104) sendo contínua e estanque a vácuo e sendo unida à primeira placa (1; 101) e à estrutura periférica por meio de uma vedação estanque a vácuo (8; 108; 6; 7),

caracterizado pelo fato de que:

- a referida vedação estanque a vácuo entre a referida cinta periférica metálica (4; 104) e ao referido primeira placa de vidro (1; 101) é uma vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo (8; 108), que compreende um material de vidro (14; 114),

-o material de vidro (14; 114) da vedação estanque a vácuo entre a cinta periférica metálica (4; 104) e a primeira placa de vidro (1; 101) sendo do tipo de material de vidro que é fundido e subsequentemente solidificado,

- e pelo fato de que a referida cinta periférica metálica (4; 104) compreende pelo menos uma porção elasticamente deformável (10, 110).

2. Painel térmico solar com vácuo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o referido material de vidro (14; 114) da vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo (8; 108) incorpora uma borda (16; 116) da cinta periférica (4; 104).

3. Painel térmico solar com vácuo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o referido material de vidro (14; 114) da referida vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo (8; 108) adere diretamente a ambos os lados da cinta periférica metálica (4; 104).

4. Painel térmico solar com vácuo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o material de vidro (14; 114) da vedação estanque a vácuo entre a cinta periférica metálica (4; 104) e a primeira placa de vidro (1; 101) é fornecida próximo da borda (16) da cinta periférica (4).

5. Painel térmico solar com vácuo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a referida vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo compreende um menisco de frita de vidro (114) em ambos os lados da cinta periférica metálica (104) e unindo a cinta periférica metálica (104) à primeira placa de vidro (101).

6. Painel térmico solar com vácuo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** compreende uma segunda placa (2), paralela à primeira placa (1), de modo a se obter um painel térmico solar plano, o absorvedor de calor (12) sendo colocado entre a primeira e a segunda placa (1, 2) no interior da envoltória de vácuo (30).

7. Painel térmico solar com vácuo, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado pelo fato de que** a referida segunda placa (2) é feita de vidro, de modo a se ter um painel solar de lado duplo.

8. Painel térmico solar com vácuo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** pelo menos uma porção elasticamente deformável (10, 110) da cinta periférica metálica (4, 5; 104) possui uma deformação elástica de pelo menos 0,1 mm com respeito a um eixo geométrico perpendicular à placa de vidro (1).

9. Painel térmico solar com vácuo, de acordo com a

reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a cinta periférica metálica (4; 104) compreende uma porção intermediária provida entre uma primeira e uma segunda porção da referida cinta metálica, a referida primeira porção unindo a primeira placa de vidro (1; 101) e compreendendo a vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo (8; 108), a referida segunda porção da referida cinta metálica (4; 104) unindo a estrutura periférica (3), e compreendendo uma vedação de metal - metal estanque a vácuo (6; 116); menos uma porção elasticamente deformável (10, 110) sendo provida na referida porção intermediária.

10. Painel térmico solar com vácuo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** pelo menos uma porção elasticamente deformável (10, 110) compreende pelo menos uma parte não retilínea.

11. Painel térmico solar com vácuo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** pelo menos uma porção elasticamente deformável (10, 110) compreende pelo menos uma parte pelo menos parcialmente curvada.

12. Painel térmico solar com vácuo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** pelo menos uma porção elasticamente deformável (10, 110) compreende pelo menos uma nervura (10, 110).

13. Painel térmico solar com vácuo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 12, **caracterizado pelo fato de que** a nervura (10, 110) é de forma semicircular, ter em torno de 2 mm de raio e correr pelo comprimento inteiro da cinta periférica.

14. Painel térmico solar com vácuo, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo fato de que** a borda (16; 116) da cinta periférica (4; 104) embutida na vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo (8; 108) é aproximadamente perpendicular à placa de

vidro (1, 2).

15. Painel térmico solar com vácuo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a cinta periférica (4; 104) tem uma espessura compreendida entre 0,1 e 1 mm.

16. Painel térmico solar com vácuo, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado pelo fato de que** a frita de vidro (114) da vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo compreende um coeficiente de expansão térmica mais baixo do que aquele da placa de vidro (101) e da cinta periférica (104) a serem seladas.

17. Método para a produção de um painel térmico solar com vácuo como definido na reivindicação 1, compreendendo uma envoltória de vácuo (30) que define um volume selado, capaz de suportar uma pressão atmosférica quando sob vácuo, a referida envoltória (30) compreendendo uma primeira placa (1; 101) feita de vidro e uma cinta periférica metálica (4; 104), o referido método provendo uma vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo (8; 108) entre a primeira placa (1; 101) e a cinta periférica metálica (4; 104), **caracterizado pelo fato de que:**

- um material de vidro (14; 114) é disposto próximo da borda (16; 116) da cinta periférica (4; 104), aquecido acima de sua temperatura de fusão e subsequentemente resfriado para abaixo da referida temperatura, de modo a se permitir que o material de vidro (14; 114) adira a ambos os lados da cinta periférica metálica (4; 104) e uma a cinta periférica metálica (4; 104) à primeira placa (1; 101).

18. Método, de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado** pelas etapas a seguir:

- a primeira placa de vidro (1) é aquecida para uma temperatura próxima da, mas não atingindo sua temperatura de amolecimento;

- a cinta periférica (4) é aquecida para uma temperatura

acima da temperatura de fusão da primeira placa (1);

- uma borda da cinta periférica (4) é pressionada contra a primeira placa (1), de modo a se obter uma fusão localizada e para a inserção da borda (16) na primeira placa (1), de modo que a borda (16) da cinta periférica (4) seja embutida no vidro (14) da primeira placa (1);

- a primeira placa (1) e a cinta periférica (4) são resfriadas para abaixo da temperatura de amolecimento da primeira placa (1), provendo uma vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo combinado (8) entre a primeira placa (1) e a cinta periférica metálica (4).

19. Método, de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado pelo fato de que** após a inserção da borda (16) da cinta periférica (4) na primeira placa de vidro (1), a cinta periférica (4) é pelo menos parcialmente retraída a partir da primeira placa (1), para formar um menisco em ambos os lado da borda (16) da cinta periférica (4).

20. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelas etapas a seguir:

- uma pasta de frita de vidro compreendendo um material de frita de vidro e um aglutinante é provida;

- a pasta de frita de vidro é colocada no topo da superfície da primeira placa (101), para formar uma nervura contínua;

- a borda (116) da cinta periférica (104) é inserida na nervura da pasta de frita de vidro, contatando também a superfície da placa de vidro (101);

- a pasta de frita de vidro é aquecida e fundida para formar um menisco de frita de vidro fundido em ambos os lados da cinta periférica (104);

- o frita de vidro é resfriado e solidificado, assim se provendo uma vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo (108) entre

a primeira placa (101) e a cinta periférica metálica (104).

21. Método, de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado** pelas etapas a seguir:

- uma pasta de frita de vidro compreendendo um material de frita de vidro e um aglutinante é provida;

- a pasta de frita de vidro é colocada no topo da superfície da primeira placa (101), para formar uma nervura contínua;

- a nervura é pelo menos parcialmente seca,

- a placa (101) com a nervura seca é colocada de cabeça para baixo na cinta periférica (104) tocando a borda de topo da referida cinta periférica, a referida nervura sendo incapaz de fluir sobre a referida cinta periférica, por causa da referida etapa prévia de secagem de nervura,

- a pasta de frita de vidro é aquecida e fundida para formar um menisco simétrico e homogêneo de frita de vidro fundido em ambos os lados da cinta periférica (104),

- o frita de vidro é resfriado e solidificado, assim se provendo uma vedação de vidro - metal por massa estanque a vácuo (108) entre a primeira placa (101) e a cinta periférica metálica (104).

22. Método, de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado pelo:** uso de uma estrutura de suporte para posicionamento de uma borda (16; 116) da cinta periférica (4; 104), próxima do material de vidro (14; 114), e pelo aquecimento do referido material de vidro acima de sua temperatura de fusão, a referida estrutura de suporte sendo dimensionada de modo que atinja as dimensões desejadas na temperatura de fusão de material de vidro, a referida estrutura de suporte nesta temperatura distendendo a cinta metálica periférica (5, 5A, 104) e posicionando essa cinta na localização desejada com respeito à placa de vidro (2), enquanto a mantém em contato com o material de vidro fundido.

23. Método, de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado pelo** uso de uma pasta de frita de vidro (114) que compreende um coeficiente de expansão térmica mais baixo do que aquele da placa de vidro (101) e da cinta metálica (104) a serem seladas.

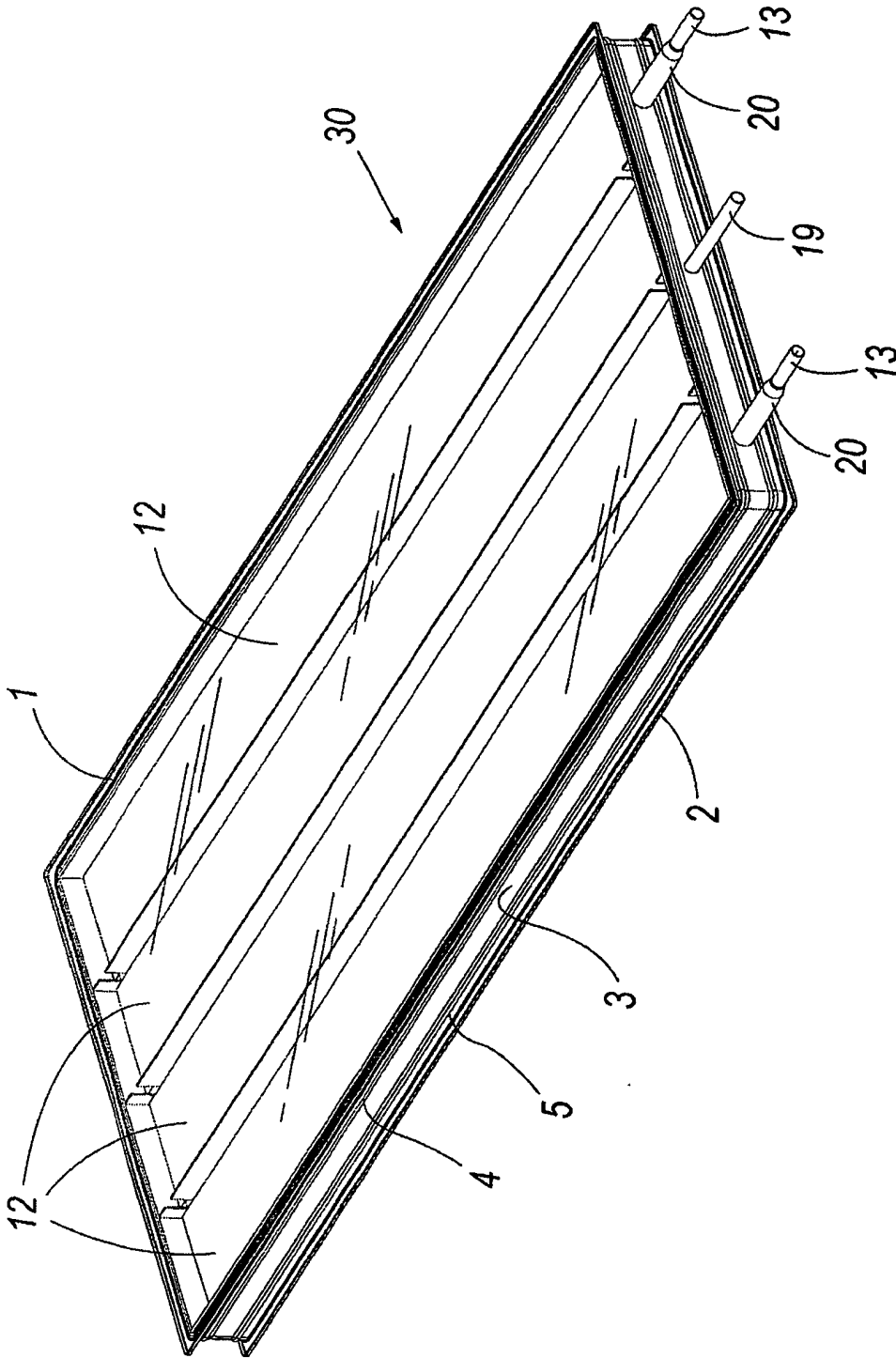


Fig. 1

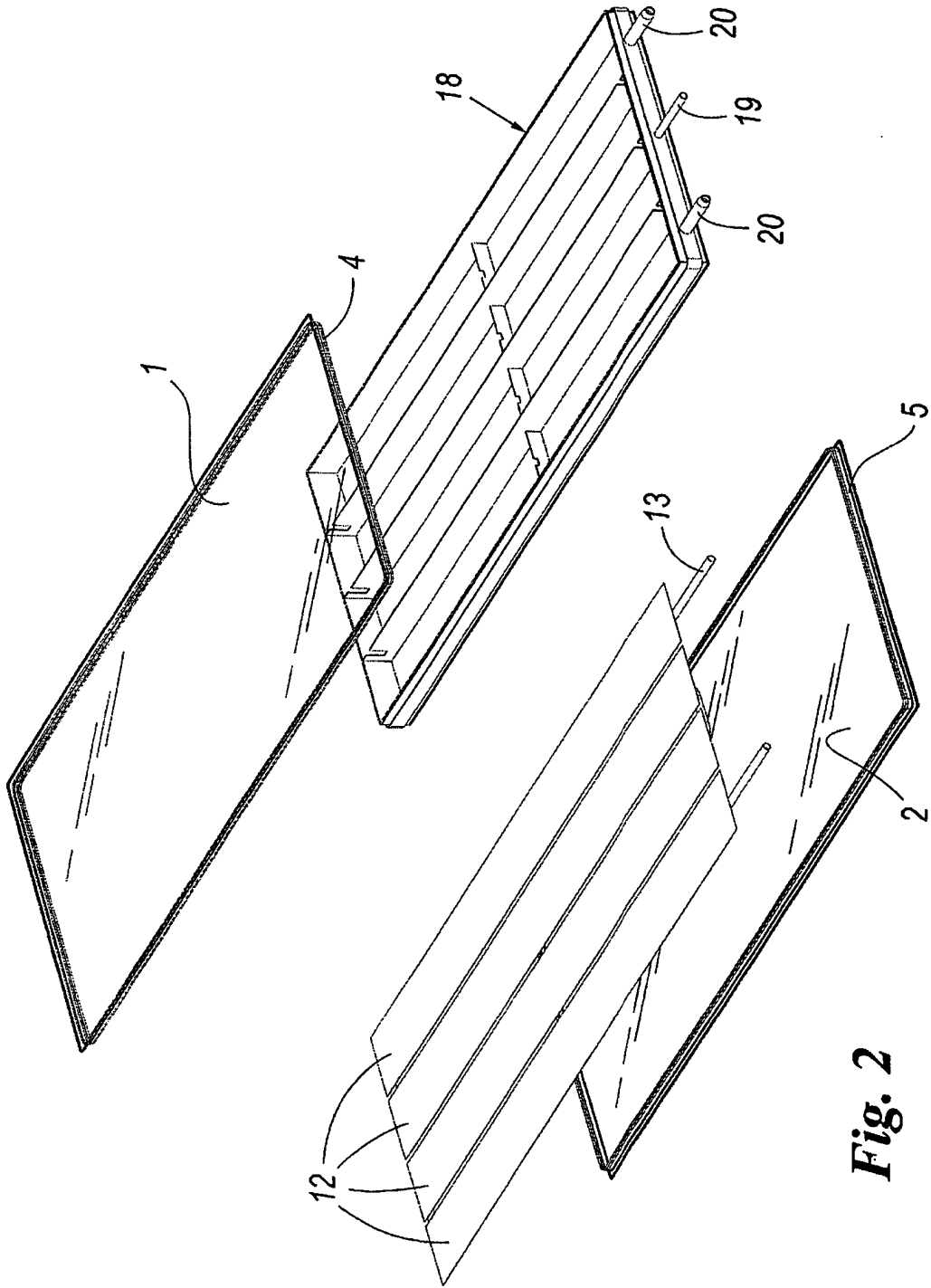


Fig. 2

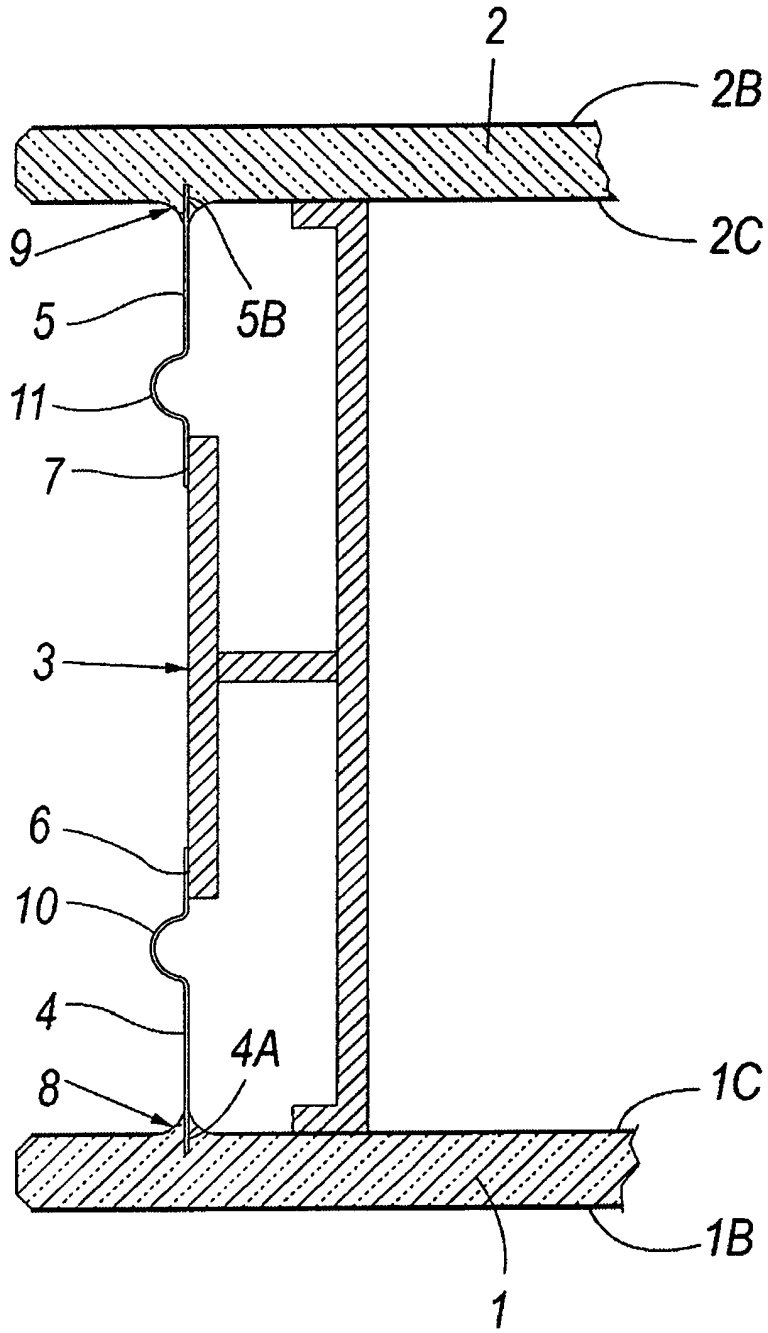


Fig. 3

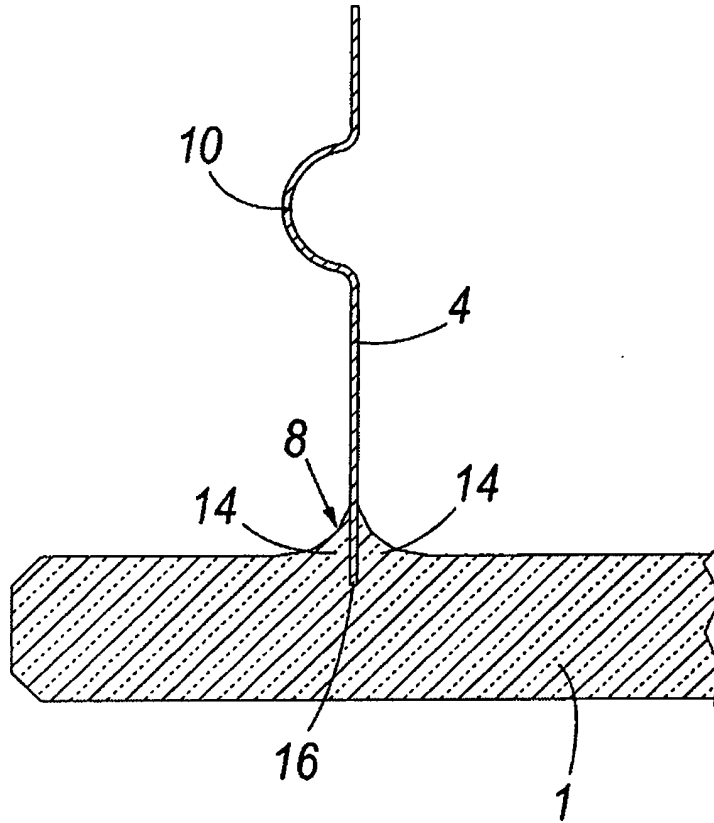


Fig. 4

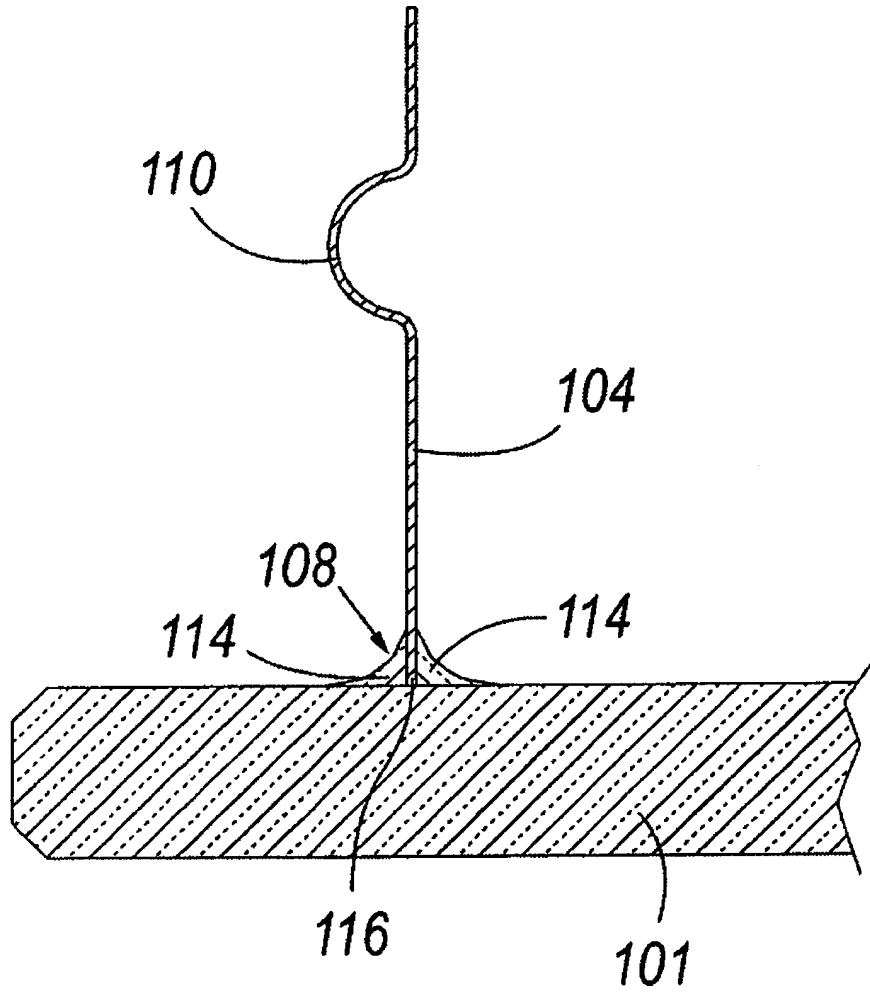


Fig. 5

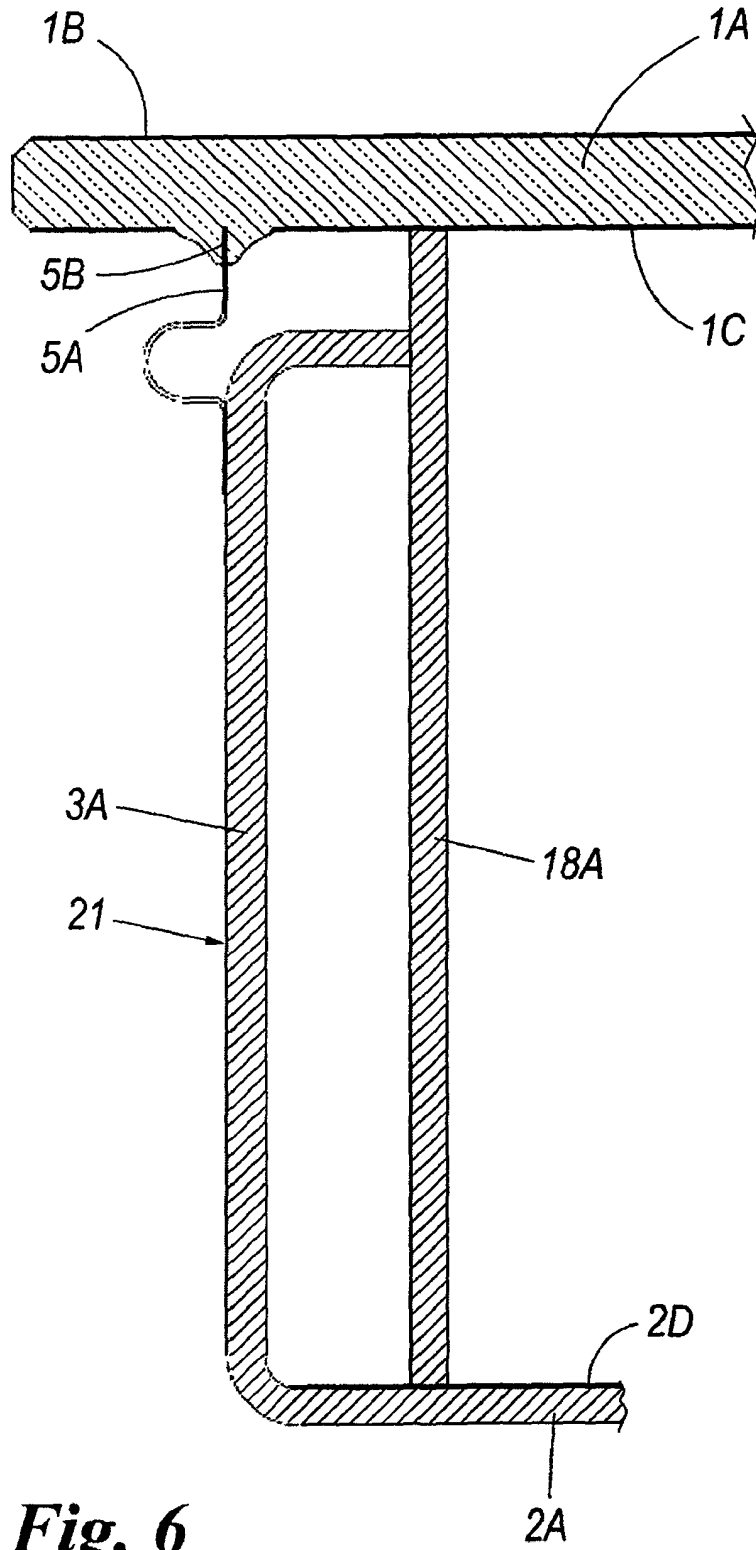


Fig. 6