

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 472 291**

51 Int. Cl.:

F16L 59/065 (2006.01)

F25D 23/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2007** **E 07730177 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.05.2014** **EP 2035738**

54 Título: **Elementos de aislamiento térmico**

30 Prioridad:

22.06.2006 EP 06115907

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

30.06.2014

73 Titular/es:

**BASF SE (100.0%)
67056 Ludwigshafen , DE**

72 Inventor/es:

**MATZKE, GÜNTER y
WIEGMANN, WERNER**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 472 291 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

Elementos de aislamiento térmico

5 Son objeto de la invención elementos de aislamiento térmico que contienen paneles de aislamiento a vacío, aparatos frigoríficos fabricados a partir de estos elementos de aislamiento térmico así como un procedimiento para la producción de elementos de aislamiento térmico así como de aparatos frigoríficos fabricados a partir de estos.

10 Los aparatos frigoríficos juegan en muchos ámbitos un importante papel. A los aparatos frigoríficos pertenecen, por ejemplo, frigoríficos, congeladores, frigorífico-congeladores, contenedores frigoríficos o cajas de vehículos frigoríficos. Normalmente los aparatos frigoríficos se componen de una cavidad rodeada por elementos de aislamiento térmico en la que se encuentra el material que se va a refrigerar. Los elementos de aislamiento térmico se componen normalmente de dos capas de cubierta, entre ellas se encuentra un material de aislamiento térmico, la mayoría de las veces espuma rígida de poliuretano.

Es un requerimiento constante reducir el consumo de energía de los aparatos frigoríficos. Una posibilidad consiste en la reducción de la conductividad térmica de los materiales de aislamiento térmico usados. Una posibilidad para ello es el uso de los denominados paneles de aislamiento a vacío, en lo sucesivo también designados como VIP.

15 De este modo el potencial de ahorro energético con el uso de VIP frente a espumas rígidas de poliuretano de célula cerrada convencionales se encuentra en aproximadamente 10 a 40%.

20 Tales unidades de aislamiento a vacío se componen por lo general de un material de núcleo de aislamiento térmico, por ejemplo, espuma rígida de poliuretano (PUR) de célula abierta, espuma de poliestireno extruida de célula abierta, geles de sílice, fibras de vidrio, graneles de plástico, material molido prensado de espuma rígida de PUR o bien espuma semirrígida de PUR o perlita, que se empaqueta en una lámina estanca al gas, se le practica el vacío y se suelda de forma estanca al aire.

El uso de VIP en aparatos frigoríficos se conoce y se describe frecuentemente. De este modo el documento WO 97/36129 describe VIP con una longitud de aristas de al menos 40 cm, que se pueden incluir en aparatos frigoríficos.

25 En el documento EP 434 225 se describen VIP así como su inclusión en aparatos frigoríficos. A este respecto se dispone el VIP entre las capas de cubierta y se espuma.

En el documento WO 99/61503 se describen VIP que se incorporan en los aparatos frigoríficos. A este respecto se fija en la cara que se encuentra hacia la cara interior del aparato frigorífico un adhesivo y luego se espuma la cavidad entre las capas de cubierta con el sistema de espuma rígida de poliuretano.

30 Un requerimiento constante adicional consiste en la reducción del uso de material en la fabricación de los aparatos frigoríficos. Con el uso de VIP se puede conseguir con su menor conductividad térmica ya una reducción en el espesor de aislamiento de los aparatos frigoríficos. Con esto es posible con las mismas dimensiones del aparato frigorífico una ampliación del espacio interior y con ello del volumen de aprovechamiento del aparato frigorífico.

Se pudo conseguir un ahorro adicional con la reducción del grosor de las capas de cubierta. Esto es posible sin embargo solo de forma limitada.

35 En la espumación de las cavidades de los aparatos frigoríficos con sistemas de espuma rígida de poliuretano se llega normalmente a la formación de defectos y huecos. Con un grosor demasiado pequeño de las capas de cubrición se forman estos defectos sobre la cara exterior. Esto influye en la estética del aparato frigorífico y se ve como desventajoso.

El documento EP 0 715 138 da a conocer un elemento de aislamiento térmico conocido.

40 Fue el objetivo de la presente invención fabricar de forma eficiente aparatos frigoríficos que presentaran un bajo consumo de energía una elevada calidad/aspecto impecable de forma sencilla y sin problemas de reciclaje.

Este objetivo se pudo conseguir con los elementos de aislamiento térmico descritos más detalladamente a continuación con los que se pueden fabricar aparatos frigoríficos.

El objetivo se pudo conseguir con elementos de aislamiento térmico constituidos por

- 45
- a) una capa de cubierta con un espesor de 0,2 a 1,0 mm
 - b) al menos un panel de aislamiento a vacío que se encuentra en a),
 - c) un material de aislamiento térmico adicional,
 - d) una capa de cubierta adicional, en donde el panel de aislamiento a vacío b) está fijado mediante pegado o bandas de pegado a la capa de cubierta a), según la reivindicación 1.

- La capa de cubierta a) puede estar constituida, por ejemplo, de plancha de acero. En otra forma de realización de los elementos de aislamiento térmico de acuerdo con la invención la capa de cubierta a) se compone de plásticos, de forma particular de plásticos termoplásticos. Preferiblemente se usan como plásticos poliestireno o plásticos ABS. Como se describió las capas de cubierta de metal presentan un grosor de 0,2 a 0,5 mm, preferiblemente de al menos 0,25 y de forma particular de 0,3 y como máximo de 0,4 mm. En plásticos se prefiere un grosor de 0,7 a 1,0 mm.
- 5
- Preferiblemente se cubre al menos 60%, con especial preferencia al menos 70% y de forma particular al menos 80% de la superficie de la capa de cubierta a) con el panel de aislamiento a vacío. Es posible una cubrición completa de la capa de cubierta a), pero no preferiblemente, ya que por motivos de estabilidad del aparato frigorífico fabricado a partir de los elementos de aislamiento térmico se debe llevar a cabo una espumación de las esquinas. Además no se puede asegurar que en la fabricación de los aparatos frigoríficos en las esquinas o bordes se configuren zonas en las que los paneles de aislamiento de vacío colisionen y se configuren cavidades que no se puedan rellenar con otros materiales de aislamiento c).
- 10
- La capa de cubierta a) puede estar cubierta por varios, sin embargo preferiblemente por solo un panel de aislamiento a vacío. A este respecto los paneles de aislamiento a vacío presentan preferiblemente una longitud de aristas de al menos 40 cm, preferiblemente de 60±20 cm x 160±40 cm y un grosor de al menos 5 mm y como máximo de 50 mm. Preferiblemente el tamaño de los paneles de aislamiento a vacío se rige según el tamaño del aparato frigorífico y debería, como se describe, estar dimensionado de modo que con solo un panel de aislamiento a vacío se cubra al menos el 60% de la capa de cubierta a).
- 15
- La ventaja del uso de solo un panel de aislamiento a vacío b) por elemento de aislamiento térmico se encuentra en particular en que se pueden empeorar con la cubierta sin huecos de la capa de cubierta a) la difusión de vapor de agua y la conductividad térmica y se pueden evitar los huecos eventuales que pueden aparecer en el límite entre dos paneles de aislamiento a vacío en la piel exterior. Debido al tamaño se puede usar esta forma de realización de forma particular en el uso de elementos de aislamiento térmico para la producción de frigoríficos o congeladores.
- 20
- Se conocen la producción de los paneles de aislamiento a vacío y materiales que se pueden usar para tal fin. Como materiales de núcleo se usan, como se describió, preferiblemente espumas rígidas de poliuretano de célula abierta o productos de condensación de melanina-formaldehído espumados.
- 25
- Se describe, por ejemplo, un procedimiento para la producción de productos de condensación de melanina-formaldehído en el documento EP 220 506.
- 30
- Los productos de condensación de melanina-formaldehído espumados pueden contener hasta 50% en peso de otros formadores de duroplásticos condensados. A este respecto se trata preferiblemente de productos de condensación de compuestos que contienen grupos amina, amida, hidroxilo y/o carboxilo con aldehídos, de forma particular formaldehído. Formadores de duroplásticos preferidos son productos de condensación de melanina sustituida, urea, uretanos, aminas alifáticas, aminoalcoholes, fenoles y sus derivados con aldehídos. Como aldehídos se pueden usar en mezcla con o en lugar de formaldehído otros aldehídos como acetaldehído, benzaldehído, acroleína, tereftaldehído.
- 35
- Adicionalmente los productos de condensación de melanina-formaldehído espumados pueden contener también aditivos como cargas orgánicas o inorgánicas. Como aditivos se pueden usar fibras, polvos inorgánicos como polvo de metal, caolín, cuarzo, creta, además de colorantes y pigmentos.
- 40
- Debido a que los productos de condensación de melanina-formaldehído espumados solo presentan nervios celulares y no paredes celulares, se les puede practicar el vacío muy fácilmente. Se prefiere usar productos de condensación de melanina-formaldehído rígidos.
- 45
- Se conocen productos de condensación de melanina-formaldehído espumados y son comercializados, por ejemplo, por BASF AF con la designación Basotect®. Su producción se realiza casi siempre disolviendo un producto de condensación de melanina-formaldehído pulverulento en agua que contiene sales o tensioactivos, mezclando el producto intermedio en forma de pasta así obtenido con un agente de expansión, preferiblemente en un extrusor, y el producto así obtenido se espuma mediante calentamiento, por ejemplo, en una estufa de aire caliente. La espuma se puede aclimatar a continuación en un dispositivo de aclimatación. La espumación se realiza preferiblemente en un intervalo de temperatura entre 120 y 180° C, la aclimatación en un intervalo de temperatura entre 200 y 250° C.
- 50
- Espumas rígidas de poliuretano adecuadas se describen, por ejemplo, en el documento EP 1512707. En la producción de espumas rígidas de poliuretano de célula abierta se usan como agentes de expansión preferiblemente agua y/o hidrocarburos.
- 55
- En una forma de realización especial de la invención se usan como material de núcleo de los paneles de aislamiento a vacío espumas de célula abierta de base isocianato con un tamaño de célula inferior a 100 µm. Tales espumas se pueden obtener mediante aerogeles.

- En la producción de paneles de aislamiento a vacío con uso de espumas rígidas de poliuretano se produce en primer lugar de forma conocida la espuma. Luego se aplican al molde, que actúa como núcleo del panel de aislamiento a vacío, las espumas obtenidas, en tanto no se hayan producido ya como cuerpos de moldeo con el tamaño deseado. Esto se consigue preferiblemente mediante serrado al tamaño de placas correspondiente. Los
- 5 cuerpos de moldeo se empaquetan luego en la envoltura estanca a gas, preferiblemente la lámina compuesta, se practica el vacío y se suelda para quedar estanca a gas.
- Es habitual soldar conjuntamente con el material de núcleo también un material getter para evitar que sustancias volátiles gaseosas posteriores perjudiquen el vacío. Como material getter se pueden usar, por ejemplo, zeolitas, carbón activo, materiales fuertemente higroscópicos.
- 10 Como material de envoltura para los paneles de aislamiento a vacío se usa por lo general una lámina. Láminas preferidas son láminas compuestas, de forma particular láminas compuestas de varias capas con una capa de metal metalizada por evaporación o laminada, por ejemplo de aluminio. Láminas adecuadas se componen, por ejemplo, de poliéster, poli(cloruro de vinilo), poliolefinas como polietileno o polipropileno, o poli(alcohol vinílico).
- El uso de espumas rígidas de poliuretano de célula abierta como material de núcleo para el panel de aislamiento a vacío es, como se describió, preferido. Las ventajas se encuentran por un lado en que los aparatos frigoríficos así fabricados son completamente reciclables, ya que no están contenidos componentes ajenos al sistema en el aparato frigorífico. Por otro lado las placas también pueden manipularse mejor en la fabricación de los paneles de aislamiento a vacío que las sustancias pulverulentas.
- 15 El uso de espumas rígidas de poliuretano de célula abierta como material de núcleo para el panel de aislamiento a vacío es, como se describió, preferido. Las ventajas se encuentran por un lado en que los aparatos frigoríficos así fabricados son completamente reciclables, ya que no están contenidos componentes ajenos al sistema en el aparato frigorífico. Por otro lado las placas también pueden manipularse mejor en la fabricación de los paneles de aislamiento a vacío que las sustancias pulverulentas.
- Como se describió, se usan los elementos de aislamiento térmico de acuerdo con la invención sobre todo para la fabricación de aparatos frigoríficos. Los aparatos frigoríficos son, por ejemplo, frigoríficos, congeladores, frigorífico-congeladores, contenedores frigoríficos o componentes para vehículos frigoríficos. Los elementos de aislamiento térmico de acuerdo con la invención se pueden usar a este respecto también como elementos de pared así como también elementos de puerta.
- 20 Como se describió, se usan los elementos de aislamiento térmico de acuerdo con la invención sobre todo para la fabricación de aparatos frigoríficos. Los aparatos frigoríficos son, por ejemplo, frigoríficos, congeladores, frigorífico-congeladores, contenedores frigoríficos o componentes para vehículos frigoríficos. Los elementos de aislamiento térmico de acuerdo con la invención se pueden usar a este respecto también como elementos de pared así como también elementos de puerta.
- A este respecto puede realizarse la fabricación de los aparatos frigoríficos de distintos modos.
- 25 En una forma de realización de la fabricación de aparatos frigoríficos se producen los elementos de aislamiento térmico aparte como elementos planos y luego se incorporan a los aparatos frigoríficos. Esta forma de realización es ventajosa de forma particular con aparatos frigoríficos muy grandes, por ejemplo, contenedores frigoríficos o cajas para vehículos frigoríficos. A este respecto se pueden fijar las capas de cubierta a) y d) a la distancia deseada e incorporarse el material de aislamiento c). Como material de aislamiento c) se usa de forma particular espuma rígida de poliuretano, cuyos componentes de partida líquidos se incorporan en la cavidad, donde se endurecen dando
- 30 poliuretano y al mismo tiempo las capas de cubierta a) y d) se unen entre sí sólidamente.
- También es básicamente posible producir los elementos de aislamiento térmico según el procedimiento de cinta transportadora de placas articuladas doble. Para ello se aplican sobre la capa de cubierta inferior a) en movimiento los paneles de aislamiento a vacío b), sobre estos los componentes de partida líquidos para la espuma rígida de poliuretano y luego se aplica la capa de cubierta superior d). El elemento de aislamiento térmico obtenido se puede prologar según la longitud de los paneles de aislamiento a vacío b) pertinentes entre los paneles de aislamiento a vacío b).
- 35 También es básicamente posible producir los elementos de aislamiento térmico según el procedimiento de cinta transportadora de placas articuladas doble. Para ello se aplican sobre la capa de cubierta inferior a) en movimiento los paneles de aislamiento a vacío b), sobre estos los componentes de partida líquidos para la espuma rígida de poliuretano y luego se aplica la capa de cubierta superior d). El elemento de aislamiento térmico obtenido se puede prologar según la longitud de los paneles de aislamiento a vacío b) pertinentes entre los paneles de aislamiento a vacío b).
- En la fabricación de frigoríficos o congeladores se prefiere conformar la capa de cubierta a) exterior y la capa de cubierta d) interior respecto a la carcasa del aparato y en la cavidad entre las capas de cubierta se incorporan los componentes de partida líquidos de la espuma rígida de poliuretano usada como material aislante. Mediante la espuma rígida de poliuretano se unen sólidamente las capas de cubierta y se estabiliza de este modo la carcasa.
- 40 En la fabricación de frigoríficos o congeladores se prefiere conformar la capa de cubierta a) exterior y la capa de cubierta d) interior respecto a la carcasa del aparato y en la cavidad entre las capas de cubierta se incorporan los componentes de partida líquidos de la espuma rígida de poliuretano usada como material aislante. Mediante la espuma rígida de poliuretano se unen sólidamente las capas de cubierta y se estabiliza de este modo la carcasa.
- En una forma de realización del frigorífico se usan para la parte posterior, donde los aspectos estéticos no juegan evidentemente papel notable alguno, elementos de aislamiento en los que la capa de cubierta a) se compone de cartón o de poliolefina, como polietileno o polipropileno. Por lo demás estos elementos de aislamiento térmicos presentan el mismo diseño que se describió anteriormente.
- 45 En una forma de realización del frigorífico se usan para la parte posterior, donde los aspectos estéticos no juegan evidentemente papel notable alguno, elementos de aislamiento en los que la capa de cubierta a) se compone de cartón o de poliolefina, como polietileno o polipropileno. Por lo demás estos elementos de aislamiento térmicos presentan el mismo diseño que se describió anteriormente.
- En una forma de realización adicional de la fabricación de los aparatos frigoríficos se pueden fabricar, como se describió anteriormente, los elementos de aislamiento térmico sobre una instalación de cinta transportadora de placas articuladas doble y, como se describe en el documento EP 1 075 634, cortar a medida, cortar a inglete y plegar para dar la carcasa del aparato frigorífico. A este respecto se tiene que cuidar de que los paneles de aislamiento a vacío b) incorporados no sean dañados.
- 50 En una forma de realización adicional de la fabricación de los aparatos frigoríficos se pueden fabricar, como se describió anteriormente, los elementos de aislamiento térmico sobre una instalación de cinta transportadora de placas articuladas doble y, como se describe en el documento EP 1 075 634, cortar a medida, cortar a inglete y plegar para dar la carcasa del aparato frigorífico. A este respecto se tiene que cuidar de que los paneles de aislamiento a vacío b) incorporados no sean dañados.
- Las espumas rígidas de poliuretano usadas preferiblemente como aislante c) son preferiblemente compuestos habituales y conocidos, como se describen por ejemplo en Kunststoff-Handbuch, tomo 7 "Polyurethane", 3ª edición 1993, editorial Carl Hanser Munich, Viena. La preparación de estos compuestos se realiza normalmente mediante reacción de poliisocianatos, preferiblemente difenilmetano-diisocianato y mezclas de difenilmetano-diisocianato con polifenileno-polimetileno-poliisocianatos, también denominado como MDI bruto, con compuestos con al menos dos átomos de hidrógeno reactivos frente a grupos isocianato. Los compuestos con al menos dos átomos de hidrógeno reactivos frente a grupos isocianato se tratan en la mayoría de los casos de polieteralcoholes y/o poliesteralcoholes,
- 55 Las espumas rígidas de poliuretano usadas preferiblemente como aislante c) son preferiblemente compuestos habituales y conocidos, como se describen por ejemplo en Kunststoff-Handbuch, tomo 7 "Polyurethane", 3ª edición 1993, editorial Carl Hanser Munich, Viena. La preparación de estos compuestos se realiza normalmente mediante reacción de poliisocianatos, preferiblemente difenilmetano-diisocianato y mezclas de difenilmetano-diisocianato con polifenileno-polimetileno-poliisocianatos, también denominado como MDI bruto, con compuestos con al menos dos átomos de hidrógeno reactivos frente a grupos isocianato. Los compuestos con al menos dos átomos de hidrógeno reactivos frente a grupos isocianato se tratan en la mayoría de los casos de polieteralcoholes y/o poliesteralcoholes,

- preferiblemente aquellos con una funcionalidad de al menos 3. Los poliesteralcoholes son en la mayoría de los casos productos de reacción de ácidos carboxílicos polifuncionales con alcoholes polihidroxílicos. Los polieteralcoholes son en la mayoría de los casos productos de reacción de compuestos con al menos 3 átomos de hidrógeno activos con óxidos de alquileo, preferiblemente óxido de etileno y/o óxido de propileno. Como compuestos con al menos 3 átomos de hidrógeno se tienen en cuenta en la mayoría de los casos alcoholes polihidroxílicos, como glicerina, trimetilolpropano, o alcoholes de azúcares, preferiblemente sacarosa o sorbitol, aminas alifáticas, como etilendiamina, o aminas aromáticas como toluidendiamina (TDA) o difenilmetanodiamina (MDA), la mayoría de las veces en mezcla con sus homólogos superiores.
- 5
- 10 La reacción transcurre normalmente en presencia de catalizadores, agentes de expansión así como coadyuvantes y/o aditivos. Como agente de expansión se usa normalmente agua, principalmente en combinación con compuestos inertes líquidos a temperatura ambiente, que se vaporizan a temperaturas de reacción de formación de poliuretano, los denominados agentes de expansión físicos. Agentes de expansión físicos habituales son alcanos, fluoroalcanos y formiato de metilo. En los alcanos tienen la mayor importancia industrial los pentanos, y aquí especialmente el ciclopentano.
- 15 En las espumas rígidas de poliuretano usadas como material de núcleo para los paneles de aislamiento a vacío se usan principalmente las mismas sustancias de partida que para la producción de los poliuretanos usados como aislante c). Se usan sin embargo como agente de expansión sobre todo agua e hidrocarburos, preferiblemente ciclopentano.
- 20 Las ventajas de los elementos de aislamiento térmico de acuerdo con la invención se encuentran respecto a aquellos sin paneles de aislamiento a vacío en la conductividad térmica claramente menor, la menor difusión de gas y la posibilidad de reducir el grosor de la capa de aislante y por tanto ahorrar material. De forma sorprendente mediante el procedimiento de acuerdo con la invención fue también adicionalmente posible reducir el grosor de la capa de cubierta sin afectar perjudicialmente a la estética del aparato frigorífico, la estabilidad y las propiedades de consumo. Además se pueden reducir los tiempos de residencia en molde, debido a la reducción de la capa de aislamiento que queda c) al usar espumas rígidas de poliuretano como c), en un diseño correspondiente en torno a un 50%. Además se puede disponer de más espacio de uso con la reducción del grosor de capa con las mismas dimensiones externas.
- 25 En la fabricación de los elementos de aislamiento térmico de acuerdo con la invención se puede reducir la temperatura de la herramienta o del molde hasta 23° C.
- 30

REIVINDICACIONES

1. Elemento de aislamiento térmico, constituido por
- a) una capa de cubierta con un espesor de 0,2 a 1,0 mm
- 5 b) al menos un panel de aislamiento a vacío b) sujeto por adhesión a la capa de cubierta a), en donde el panel de aislamiento a vacío b) contiene un núcleo de espuma rígida de poliuretano de célula abierta, que está rodeado por una lámina, al que se le practica el vacío y se cierra, o el panel de aislamiento a vacío b) contiene un núcleo de producto de condensación de melanina-formaldehído espumado,
- c) una espuma rígida de poliuretano como material de aislamiento adicional,
- 10 d) una capa de cubierta adicional.
2. Elemento de aislamiento térmico según la reivindicación 1, caracterizado porque la capa de cubierta a) se compone de metal.
3. Elemento de aislamiento térmico según la reivindicación 1, caracterizado porque la capa de cubierta a) se compone de un plástico.
- 15 4. Elemento de aislamiento térmico según la reivindicación 1, caracterizado porque el panel de aislamiento a vacío b) cubre al menos el 60% de la superficie de la capa de cubierta.
5. Elemento de aislamiento térmico según la reivindicación 1, caracterizado porque al menos el 70% de la superficie de capa de cubierta a) está cubierta por un panel de aislamiento a vacío b).
- 20 6. Elemento de aislamiento térmico según la reivindicación 1, caracterizado porque la capa de cubierta d) adicional se compone de un metal o de un plástico.
7. Uso de elementos de aislamiento térmico según la reivindicación 1 como elemento de puerta o elemento de pared para aparatos frigoríficos.
8. Aparatos frigoríficos, constituidos por una cavidad, que está rodeada por elementos de aislamiento térmico de forma plana, caracterizados porque al menos uno de los elementos de aislamiento térmico de forma plana es conforme a una de las reivindicaciones 1 a 6.
- 25 9. Aparatos frigoríficos según la reivindicación 7, caracterizados porque los elementos de aislamiento térmico están dispuestos de modo que la capa de cubierta a) forma la superficie exterior del aparato frigorífico.
10. Procedimiento para la producción de elementos de aislamiento térmico según la reivindicación 1 a 6, que comprende las etapas de
- 30 ai) fijación de un panel de aislamiento a vacío b) sobre la capa de cubierta a),
- bi) fijación de la capa de cubierta d),
 - ci) incorporación de un sistema de espuma rígida de poliuretano líquido en la cavidad formada en la etapa bi),
 - di) endurecimiento de la espuma rígida de poliuretano formada en la etapa ci)

35