

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 025 784**

51 Int. Cl.:

<b>E04B 1/94</b>	(2006.01) <b>B32B 27/40</b>	(2006.01)
<b>C08K 3/04</b>	(2006.01) <b>E04B 1/74</b>	(2006.01)
<b>C08K 7/26</b>	(2006.01) <b>E04B 1/76</b>	(2006.01)
<b>C08K 7/28</b>	(2006.01) <b>B32B 5/20</b>	(2006.01)
<b>C08G 18/09</b>	(2006.01) <b>B32B 15/04</b>	(2006.01)
<b>C08G 18/64</b>	(2006.01) <b>B32B 15/095</b>	(2006.01)
<b>C08G 18/76</b>	(2006.01) <b>B32B 15/18</b>	(2006.01)
<b>C09J 175/04</b>	(2006.01) <b>B32B 27/06</b>	(2006.01)
<b>B32B 5/18</b>	(2006.01) <b>B32B 27/20</b>	(2006.01)
<b>B32B 15/08</b>	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2012** **E 19194554 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.03.2025** **EP 3613583**

54 Título: **Panel con barrera contra incendios**

30 Prioridad:

**12.10.2011 EP 11425251**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.06.2025**

73 Titular/es:

**DOW GLOBAL TECHNOLOGIES LLC (100.00%)**  
**2040 Dow Center**  
**Midland, MI 48674, US**

72 Inventor/es:

**VAIRO, GIUSEPPE;**  
**GUANDALINI, MAURIZIO;**  
**LOTTI, LUCA;**  
**PIGNAGNOLI, FRANCESCA y**  
**BERTUCELLI, LUIGI**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

ES 3 025 784 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 con barrera contra incendios

5 La invención se refiere a paneles y disposiciones de paneles con barreras contra incendios; métodos para formar dichos paneles y disposiciones de paneles; composiciones de barrera contra incendios; y reactivos para formar composiciones de barrera contra incendios.

10 Las espumas poliméricas rígidas proporcionan un buen aislamiento térmico y por eso se utilizan en componentes de construcción, tales como los paneles preaislados tipo "sándwich". Habitualmente, dichos paneles incluyen un núcleo de espuma rígida de poliuretano/poliisocianurato (PU/PIR) unido a capas de revestimiento metálicas, por ejemplo de acero o aluminio, o a capas estresadas de lámina metálica. Los paneles de este tipo están disponibles, por ejemplo, de SAB-profiel™.

15 Dichos paneles pueden fabricarse mediante un proceso continuo. Habitualmente, en un proceso de laminación continua se usa una disposición de doble cinturón/banda en donde una mezcla de reacción líquida para formar un polímero espumado se deposita (vierte o rocía) sobre una lámina de revestimiento inferior, que puede ser flexible o rígida. Una lámina de revestimiento superior se pone en contacto con la mezcla formadora de polímero antes de que sea curada y se vuelva rígida. Como alternativa ("laminador inverso"), la mezcla de reacción puede depositarse sobre la lámina de revestimiento superior. Este proceso se analiza en el "Manual de poliuretano" (ed. Dr. Guenter Oertel, Hanser Publishers (1985), y en los documentos US2005/02478993, US2007/0246160, WO2009/077490 y US4019938.

25 En algunos casos, se usa una capa delgada de polímero PU/PIR no expandido o ligeramente expandido formada a partir de isocianato y polioliol para promover la adhesión entre el revestimiento metálico y el núcleo de espuma. Esta capa delgada de polímero se denomina "capa adicional de poliuretano/poliisocianurato" (APL).

Las juntas laterales entre los paneles se sellan convencionalmente con juntas de espuma flexibles.

30 Los materiales del núcleo de espuma polimérica son habitualmente combustibles y dejan pocos residuos carbonáceos al quemarse. Por lo tanto, solo proporcionan una integridad estructural limitada en condiciones de incendio. La integridad estructural es importante para prolongar la estabilidad de las construcciones y mantener las barreras al paso del calor, el humo y el fuego.

35 El rendimiento actual de resistencia al fuego de los paneles sándwich con revestimiento metálico, en los que la capa aislante es una espuma PIR, es, en el mejor de los casos, EI 60 en un panel de 200 mm de grosor (donde "EI" se refiere a la integridad y al aislamiento, y va seguido del número de minutos durante los que el componente es efectivo). Las normas de referencia son EN 1363-1/2 y EN 1364-1. Se han realizado intentos para mejorar este rendimiento, por ejemplo incorporando aditivos retardantes de llama a la espuma y utilizando materiales de revestimiento gruesos e incombustibles (por ejemplo, yeso).

45 En el documento EP0891860 se describe un panel compuesto resistente al fuego con una capa de fieltro intumescente (por ejemplo, material estabilizado con fibra mineral basada en grafito) interpuesta entre un núcleo de material plástico espumado rígido y una capa exterior metálica. Dicho fieltro está perforado con orificios para permitir la unión entre el núcleo y la capa metálica.

En el documento US4122203A se describe un laminado aislante de protección contra incendios que comprende una espuma plástica y, unida a ella, una barrera térmica que comprende un material resinoso sintético termoendurecible curado que tiene dispersada en su interior una sílice finamente dividida.

50 Los inventores han observado que cuando un panel sándwich típico se trata en condiciones de horno, el revestimiento de acero se deslaminada rápidamente del núcleo de espuma y aparecen grietas en la espuma.

55 Además, se ha descubierto que durante una prueba de resistencia al fuego, el daño normalmente se produce primero en las juntas entre los paneles, donde el aislamiento es menor. Como resultado, las juntas son áreas débiles que afectan al rendimiento, en cuanto a resistencia al fuego, de todo el panel.

En un primer aspecto, la invención proporciona un panel que comprende:

- 60 – un revestimiento metálico;
- una capa de espuma aislante; y
- al menos una capa de barrera contra incendios entre el revestimiento metálico y la capa de espuma,
- 65 comprendiendo la capa de barrera contra incendios una dispersión de sílice porosa en una matriz polimérica preformada.

Preferiblemente, la capa de barrera contra incendios comprende una dispersión en una matriz polimérica de poliuretano, una matriz polimérica de poliuretano/poliisocianurato o una matriz polimérica de poliuretano/poliurea de sílice porosa.

Preferiblemente, el panel es autoportante.

Capa de barrera contra incendios

Las capas de barrera contra incendios deben proporcionar una buena resistencia de integridad estructural y/o propiedades de barrera térmica en condiciones de incendio. Pueden estar presentes una, dos, tres o más capas de barrera contra incendios. Las propiedades de barrera de integridad estructural y barrera térmica pueden proporcionarse mediante capas separadas (denominadas "capa de barrera de integridad estructural" y "capa de barrera térmica") o mediante la misma capa. Cuando estas propiedades las proporciona la misma capa, pueden ser proporcionadas por diferentes materiales o por el mismo material.

Los materiales de barrera contra incendios adecuados (es decir, los materiales para su uso en la capa de barrera contra incendios) se analizan a continuación bajo los epígrafes "Material de barrera de integridad estructural", "Material de barrera térmica" y "Material de barrera térmica y material de barrera de integridad estructural híbridos", con arreglo a sus propiedades.

Preferiblemente, la capa de barrera contra incendios tiene una conductividad térmica (k) inferior a 0,1 W/mK.

Preferiblemente, la barrera contra incendios tiene un grosor de 2 a 20 mm (más preferiblemente de 2 a 15 mm, por ejemplo, de 3 a 10 mm).

La(s) capa(s) de barrera contra incendios se coloca(n) entre el núcleo de espuma y el revestimiento metálico, y pueden considerarse convenientemente como una capa APL modificada.

Se prefiere que la(s) capa(s) de barrera contra incendios tenga(n) buenas propiedades adhesivas al núcleo de espuma y/o al revestimiento metálico. Los polímeros de PU, PU/PIR y PU/poliurea proporcionan buenas propiedades adhesivas y se usan preferiblemente en la(s) capa(s) de barrera contra incendios como se describe a continuación. Cuando una capa de barrera contra incendios no tiene buenas propiedades adhesivas, se puede usar un adhesivo separado.

Preferiblemente, la capa de barrera contra incendios es continua y está unida de forma continua al revestimiento metálico y a la capa de espuma aislante.

Material de barrera de integridad estructural

Como se ha explicado anteriormente, se pueden incluir uno o más materiales de barrera de integridad estructural en la(s) capa(s) de barrera contra incendios.

Un material de barrera de integridad estructural está destinado a contribuir a la resistencia de la integridad estructural en condiciones de incendio. La idoneidad de un material para funcionar como material de barrera de integridad estructural puede evaluarse, por ejemplo, colocando una muestra del dicho material aplicada sobre un revestimiento metálico en una mufla calentada con una curva de temperatura comparable a una prueba de resistencia al fuego y, a continuación, verificando la ausencia de grietas y huecos y comprobando las propiedades mecánicas residuales. El material de barrera de integridad estructural forma preferiblemente una capa de residuo de carbón fuerte y coherente que reducirá la tendencia del núcleo de espuma subyacente a agrietarse.

El material de barrera de integridad estructural puede incluir un particulado expandible en condiciones de incendio.

Los materiales de barrera de integridad estructural preferidos para su uso en la(s) capa(s) de barrera contra incendios se describen a continuación.

Mezcla ceramificante de compuestos inorgánicos en una matriz polimérica

Se puede usar una dispersión de una mezcla ceramificante de compuestos inorgánicos en una matriz polimérica como material de barrera de integridad estructural en la(s) capa(s) de barrera contra incendios. Ceram Polimerik describe tales mezclas en los documentos WO2008134803, WO2005095545, WO2004088676 y WO2004035711.

El término "composición ceramificante" incluye composiciones que se descomponen y experimentan reacción química en condiciones de fuego para formar un producto de cerámica poroso autoportante. En cambio, en condiciones de incendio los materiales de relleno inorgánicos convencionales permanecen como partículas no coherentes.

Las mezclas preferidas incluyen minerales silicatados y fosfatos inorgánicos. Puede estar presente un relleno inorgánico adicional y/o un material expandible por calor. La mezcla ceramificante puede comprender, por ejemplo, parte o la totalidad de trihidróxido de aluminio, talco y polifosfato de amonio. Los ejemplos de mezclas preferidas incluyen trihidróxido de aluminio (ATH)/talco/polifosfato de amonio (APP); talco/APP/borato de zinc/grafito expandible. Estos materiales reaccionan en condiciones de incendio para formar una cerámica autoportante coherente una vez que se alcanza la temperatura de activación (habitualmente dentro de un intervalo de 350 a 800 °C).

Preferiblemente, la matriz polimérica es un polímero PU/PIR. Dichos polímeros pueden formarse a partir de un poliol (por ejemplo, un poliol de poliéster) y un isocianato (por ejemplo, un poliisocianato orgánico tal como un metilen-difenil-diisocianato polimérico, [PMDI], por ejemplo, con funcionalidad 2,7). Se usa un catalizador. Un índice apropiado es 1,8 o más. El término "índice" se refiere al índice de isocianato, una medida del número de equivalentes de compuesto que contiene isocianato añadidos en comparación con el número teórico de equivalentes de compuesto que contiene isocianato necesarios. Un índice más alto indica una mayor cantidad de reactivo que contiene isocianato. Los polioles preferidos incluyen los polioles Voramer® (de The Dow Chemical Company).

Alternativamente, la matriz polimérica puede ser un polímero de poliuretano (PU), pero esto es menos preferido. Dichos polímeros pueden formarse a partir de un poliol (por ejemplo, un poliéter poliol) y un isocianato (por ejemplo, un poliisocianato orgánico tal como un PMDI de baja funcionalidad, por ejemplo, 2,7). Se usa un catalizador. Un índice apropiado es de 0,8 a 1,8. Los polioles preferidos incluyen los polioles Voranol® (de The Dow Chemical Company).

Preferiblemente, la composición ceramificante está presente en una cantidad del 30 al 70 % en peso, con respecto al peso total de la capa.

Poliuretano/poliurea adhesivos

Se puede usar un revestimiento adhesivo de poliuretano/poliurea formado mediante reacción de una solución acuosa de silicato sódico (nombre común: silicato de sosa) con un prepolímero hidrófilo como material de barrera de integridad estructural en la(s) capa(s) de barrera contra incendios. Se ha descubierto que el revestimiento forma un residuo de carbón cohesivo bajo la exposición al fuego. El documento WO2006010697 (Huntsman) se refiere a dichos recubrimientos de PU/poliurea a base de silicato de sosa. Otros materiales de barrera contra incendios pueden dispersarse en el revestimiento.

Un prepolímero de poliuretano hidrófilo preferido es un isocianato de la clase Dow Hypol®.

Fibras de vidrio

Las fibras de vidrio se pueden usar como material de barrera de integridad estructural en la(s) capa(s) de barrera contra incendios. Se prefieren las fibras de vidrio troceadas de 5 mm a 75 mm de longitud y/o de 10 a 13 µm de diámetro. Las alternativas a las fibras de vidrio incluyen fibras de roca, fibras de basalto y fibras de carbono. Las fibras se dispersan preferiblemente en una matriz polimérica, por ejemplo, una matriz polimérica del tipo descrito anteriormente en la sección "Mezcla ceramificante de compuestos inorgánicos en una matriz polimérica".

Material de barrera térmica

Como se ha explicado anteriormente, se pueden incluir uno o más materiales de barrera térmica en la(s) capa(s) de barrera contra incendios.

Un material de barrera térmica proporciona un gradiente de temperatura en condiciones de incendio. Esto tiene el propósito de mejorar el rendimiento del aislamiento durante la prueba de resistencia al fuego. La idoneidad de un material para funcionar como material de barrera térmica se puede evaluar a escala de laboratorio utilizando el procedimiento de ensayo que se describe más adelante y que se muestra en la Fig. 3 y evaluando el aumento de temperatura medido con un termopar colocado en la interfaz entre el material de barrera térmica y la espuma o, alternativamente, colocado en la espuma a una cierta distancia de la interfaz. Los materiales de barrera térmica preferidos son materiales microvacuados o nanovacados, y son preferiblemente porosos. Los materiales adecuados se describen a continuación.

Sílice porosa

La sílice porosa se usa como material de barrera térmica en la(s) capa(s) de barrera contra incendios.

Una forma preferida de sílice porosa es sílice nanoporosa y particularmente aerogel de sílice. El aerogel de sílice es un sólido nanoporoso de muy baja densidad derivado del gel de sílice por sustitución del líquido por gas, por ejemplo, mediante secado supercrítico. Absorbe intensamente la radiación infrarroja y tiene excelentes características de aislamiento térmico. La síntesis de partículas de aerogel de sílice se describe en los documentos WO2008115812 y WO9850144 de Cabot.

La sílice porosa se usa dispersa en una matriz polimérica. La matriz polimérica se preforma *in situ*.

Las dispersiones preformadas de sílice nanoporosa en matriz polimérica están disponibles comercialmente como "mantas de aerogel", por ejemplo Thermal Wrap™, de Cabot. Pueden comprender gránulos de aerogel de sílice dispersados en fibras de polímero no tejido, por ejemplo, de polietileno y/o poliéster. Thermal Wrap™ es un material flexible, compresible y con bajo valor lambda que se puede cortar fácilmente con tijeras para obtener dimensiones personalizadas.

Preferiblemente, la sílice porosa se dispersa en una matriz polimérica hidrófila. El aerogel de sílice pura tiene excelentes características de aislamiento térmico (bajos valores lambda) gracias a su estructura nanoporosa. Se espera que el aerogel de sílice pierda sus excelentes características de aislamiento térmico cuando se usa en una matriz polimérica, porque el polímero llenará la estructura nanoporosa. Sin embargo, los presentes inventores han apreciado que los polímeros hidrófilos y las soluciones acuosas no llenarán los poros debido a la hidrofobicidad de la sílice nanoporosa. Por lo tanto, los polímeros hidrófilos y las composiciones acuosas usadas para proporcionar dichos polímeros pueden usarse para evitar llenar los poros de la sílice nanoporosa contenida en la capa de barrera térmica.

Un revestimiento adhesivo de poliuretano/poliurea con propiedades de barrera de integridad estructural del tipo descrito anteriormente es particularmente adecuado. Alternativamente, se puede usar un revestimiento de PU/PIR o PU del tipo descrito anteriormente en la sección "Mezcla ceramificante de compuestos inorgánicos en matriz polimérica".

Los documentos WO2007047970 y WO9615998 se refieren a compuestos de aerogel de sílice con un agente aglutinante acuoso, y los documentos WO03097227, US2004077738, US2003215640 y EP1787716 se refieren a compuestos de aerogel de sílice con aglutinantes hidrófilos. El documento WO2007146945 (Aspen) se refiere a una coespuma de PU/aerogel de sílice. El documento WO2007086819 (Aspen) se refiere a un compuesto de poli(metacrilato de metilo) (PMMA) y aerogel de sílice.

Preferiblemente, el sílice poroso está presente en una cantidad del 1 al 10 % en peso, con respecto al peso total de la capa.

Grafito expandible

El grafito expandible (también denominado "grafito exfoliante") se puede utilizar como material de barrera térmica en la(s) capa(s) de barrera contra incendios.

El grafito expandible es un particulado expandible en condiciones de incendio. Preferiblemente, las partículas de grafito expandible tienen un tamaño medio de partícula de 200 a 300 µm. El grafito expandible se dispersa preferiblemente en una matriz polimérica, por ejemplo, una matriz polimérica del tipo descrito anteriormente en la sección "Mezcla ceramificante de compuestos inorgánicos en una matriz polimérica".

Material de barrera de integridad estructural híbrido y material de barrera térmica

Como ha se mencionado anteriormente, las propiedades de barrera de integridad estructural y barrera térmica pueden proporcionarse mediante un solo material. A continuación se describen dichos materiales preferidos.

Microesferas huecas de vidrio

Las microesferas de vidrio huecas se pueden usar como material híbrido de barrera de integridad estructural y material de barrera térmica en la(s) capa(s) de barrera contra incendios. Los materiales adecuados de este tipo se describen en el documento WO2010065724 y están disponibles comercialmente; por ejemplo, S35 Glass Bubbles™, de 3M. Los inventores han descubierto que, en condiciones de llama, las partículas forman un residuo celular cohesivo de sílice amorfa. Las partículas se usan preferiblemente en una matriz polimérica, por ejemplo, usando uno de los materiales poliméricos descritos anteriormente.

Preferiblemente, las microesferas de vidrio huecas tienen un diámetro promedio encuadrado en el intervalo de 10 a 120 µm.

Preferiblemente, las microesferas de vidrio huecas están presentes en una cantidad del 5 al 50 % en peso con respecto al peso total de la capa. En una forma de realización preferida, una capa adhesiva de PU/PIR se rellena con un 20 % en peso de microesferas de S35.

Estructuras de barrera contra incendios

Las posibles estructuras de barrera contra incendios (es decir, capas de barrera contra incendios o combinaciones de capas de barrera contra incendios preferidas) incluyen:

– Una barrera contra incendios que incluye una capa de barrera de integridad estructural y una capa de barrera térmica separadas, por ejemplo, una capa de composición ceramificante dispersa en una matriz polimérica de PU/PIR y una capa de una dispersión de sílice porosa en una matriz polimérica preformada.

5 – Una capa de barrera contra incendios que incluye materiales de barrera de integridad estructural y barrera térmica separados, por ejemplo, una capa de sílice porosa dispersa en una matriz polimérica de PU/poliurea;

10 – una capa de barrera contra incendios que incluye una barrera de integridad estructural y un material de barrera térmica híbrida, por ejemplo, (1) una capa de microesferas de vidrio huecas dispersas en una matriz polimérica de PU/PIR, que incluye opcionalmente un material de barrera contra incendios adicional, tal como una composición ceramificante, y opcionalmente combinada con una capa de barrera de integridad estructural y/o una capa de barrera térmica separadas, tal como una dispersión de sílice porosa en una matriz polimérica preformada; o (2) una capa de fibras de vidrio dispersas en una matriz polimérica de PU/PIR; o (3) una capa de grafito expandible dispersa en una matriz polimérica de PU/PIR;

15 – una capa de barrera contra incendios con una capa de barrera de integridad estructural únicamente, por ejemplo, una capa de composición ceramificante dispersa en una matriz polimérica de PU/PIR;

20 – una capa de barrera contra incendios con una capa de barrera térmica únicamente, por ejemplo, (1) una capa de sílice porosa dispersa en una matriz polimérica de PU o PU/PIR; o (2) una capa de una dispersión de sílice porosa en una matriz polimérica preformada.

#### Revestimientos

25 Como se ha explicado anteriormente, el panel incluye un primer revestimiento metálico. Habitualmente, se incluye un segundo revestimiento metálico en el panel en la cara opuesta al primer revestimiento metálico. Cada revestimiento metálico es preferiblemente de acero o aluminio. Preferiblemente, cada revestimiento metálico tiene un grosor de 0,2 a 1,2 mm.

30 Núcleo de espuma

Como se ha explicado anteriormente, el panel incluye una capa de espuma aislante (también denominada núcleo de espuma). Adecuadamente, el núcleo de espuma es rígido. Preferiblemente, el núcleo de espuma tiene un grosor de 20 a 250 mm.

35 El núcleo de espuma es preferiblemente de PU/PIR. Las espumas preferidas se forman a partir de polioliol (al que se añade un agente de expansión y un catalizador) y un isocianato (por ejemplo, un poliisocianato orgánico tal como PMDI de alta funcionalidad). Un índice preferido es 1,8 o más. Los polioles preferidos incluyen los polioles Voratherm® (de The Dow Chemical Company) que proporcionan espumas con buenas propiedades de resistencia al fuego.

40 Proceso de fabricación

En un segundo aspecto, la invención proporciona un método para formar un panel como se ha descrito anteriormente, que comprende los pasos de:

- 45 – proporcionar un primer revestimiento metálico con al menos una capa de barrera contra incendios;
- aplicar una capa de espuma aislante en forma de una mezcla de reacción líquida a la(s) capa(s) de barrera contra incendios; y
- 50 – aplicar un segundo revestimiento metálico a la capa de espuma aislante.

La capa o capas de barrera contra incendios puede(n) proporcionarse en forma líquida y, preferiblemente, al menos una capa de barrera contra incendios se aplica en forma de una mezcla de reacción líquida (que contiene opcionalmente material disperso) que formará una matriz polimérica. Preferiblemente, la mezcla de reacción líquida es una mezcla de reacción a base de isocianato, más preferiblemente una dispersión en una mezcla de reacción a base de isocianato de sílice porosa.

60 Adicional o alternativamente, al menos una capa de barrera contra incendios (por ejemplo, una dispersión de sílice porosa en una matriz polimérica preformada) se aplica en forma sólida. La capa de barrera contra incendios en forma sólida se puede fijar con una composición adhesiva. Sin embargo, si se ha aplicado una capa de barrera contra incendios anterior en forma líquida, puede que no sea necesaria una composición adhesiva.

65 En un tercer aspecto, la invención proporciona un método para formar un panel que comprende: un primer y un segundo revestimiento metálico; una capa de espuma aislante; y al menos una capa de barrera contra incendios entre

el revestimiento metálico y la capa de espuma, comprendiendo la(s) capa(s) de barrera contra incendios una dispersión de sílice porosa en una matriz polimérica preformada, comprendiendo el método los pasos de:

- 5       – proporcionar al primer revestimiento metálico al menos una capa de barrera contra incendios aplicada en forma de una mezcla de reacción líquida;
- aplicar la capa de espuma aislante en forma de una mezcla de reacción líquida a la(s) capa(s) de barrera contra incendios; y
- 10     – aplicar el segundo revestimiento metálico a la capa de espuma aislante.

Los paneles conformes a la invención pueden fabricarse en un proceso continuo o discontinuo.

- 15     De manera adecuada, se usa un adhesivo PU/PIR y se aplica en forma líquida. Se puede usar un proceso discontinuo en que se usen moldes. En tal método, los revestimientos metálicos se colocan adecuadamente en un molde (preferiblemente un molde calentado) y la mezcla de reacción para formar la capa aislante se inyecta (por ejemplo, usando una máquina de formación de espuma) para llenar el molde y adherirse a los revestimientos metálicos. La(s) capa(s) de barrera contra incendios se puede(n) añadir antes de colocar los revestimientos metálicos en el molde o mientras los revestimientos metálicos están en el molde.

- 20     Cuando hay más de una capa de barrera contra incendios, las capas pueden formarse en cualquier orden sobre el revestimiento metálico. Sin embargo, es preferible tener un material de barrera térmica adyacente al núcleo de espuma.

#### 25     Barrera contra incendios conjunta

En un cuarto aspecto, la invención se refiere a una disposición de paneles que comprende:

- 30     – dos o más paneles adyacentes, opcionalmente como se ha descrito anteriormente, comprendiendo cada panel un revestimiento metálico y una capa de espuma aislante, y
- un material de barrera contra incendios ubicado en una región de unión entre paneles adyacentes,

- 35     en donde el material de barrera contra incendios es una dispersión de sílice porosa en una matriz polimérica preformada.

Los materiales de barrera contra incendios conjuntos adecuados son los materiales de barrera contra incendios descritos anteriormente.

- 40     En un quinto aspecto, la invención se refiere a un método para formar una disposición de paneles como la descrita anteriormente, que comprende los pasos de:

- proporcionar un panel con un material de barrera contra incendios; y
- 45     – montar uno o más paneles adicionales adyacentes al primer panel de manera que el material de barrera contra incendios esté ubicado en una región de unión entre paneles adyacentes.

- 50     De manera adecuada, los paneles se montan con partes superpuestas; por ejemplo, un panel que tiene una parte macho a lo largo de su borde puede montarse en un panel que tiene una parte hembra complementaria a lo largo de su borde. Los paneles pueden montarse entre sí y/o en la estructura de construcción. Los paneles se unen preferiblemente mediante ajuste por fricción y/o mediante tornillos. Opcionalmente, también se coloca una junta en la región de unión. La junta puede estar formada de espuma, y preferiblemente está formada de espuma flexible. Habitualmente, la junta se alimenta a partir de rodillos durante la producción del panel.

- 55     El material de barrera contra incendios se aplica preferiblemente en forma de una mezcla de reacción líquida a la región de unión, por ejemplo, mediante vertido o pulverización. Esto puede hacerse después de la producción del panel o in situ antes de la instalación del panel. Se pueden incluir dos o más materiales de barrera contra incendios, por ejemplo, mediante la inclusión de dos o más capas de barrera contra incendios.

#### 60     Aspectos adicionales

Otros aspectos de la invención se refieren a una composición de barrera contra incendios que comprende:

- 65     – sílice porosa dispersada en una matriz polimérica de poliuretano/poliurea, obteniéndose la matriz polimérica haciendo reaccionar una solución acuosa de silicato de metal alcalino con un prepolímero que contiene isocianato; o

— una composición ceramificante inorgánica y microesferas de sílice huecas dispersas en una matriz polimérica de poliuretano o matriz polimérica de poliuretano/poliisocianurato.

5 Las cantidades preferidas de los diversos materiales de barrera contra incendios en la composición de barrera contra incendios son las siguientes:

2-9 % en peso de sílice porosa;

10 20-60 % en peso de composición ceramificante;

5-15 % en peso de microesferas de sílice huecas.

15 Un aspecto adicional se refiere a un reactivo para formar una composición de barrera contra incendios que comprende:

— una dispersión de sílice porosa en un reactivo de solución acuosa de silicato de metal alcalino adecuado para reacción con un reactivo prepolimérico que contiene isocianato, para formar un polímero de poliuretano/poliurea; o

20 — una dispersión de una composición ceramificante inorgánica y microesferas de sílice huecas en un poliol adecuado para reacción con un reactivo que contiene isocianato, para formar un poliuretano o poliuretano/poliisocianurato.

Las cantidades preferidas de los diversos materiales de barrera contra incendios en el reactivo son las siguientes:

25 3-10 % en peso de sílice porosa;

40-80 % en peso de composición ceramificante;

30 10-20 % en peso de microesferas de sílice huecas.

Las características descritas en relación con cualquier aspecto de la invención pueden usarse en combinación con cualquier otro aspecto de la invención.

## Figuras

35 La Fig. 1 muestra una vista en perspectiva de un panel conforme a una primera forma de realización preferida de la invención. Las capas, que pueden no estar todas presentes, tienen el siguiente orden: revestimiento metálico A; capa de barrera contra incendios (1) B; capa de barrera contra incendios (2) C; espuma aislante D; revestimiento metálico A.

40 La Fig. 2 muestra el método de fabricación del panel de la Fig. 1. La Fig. 2(a) muestra una sección transversal a través de un molde. La Fig. 2(b) muestra una vista en planta del molde de la Fig. 2(a). La Fig. 2(c) muestra un panel formado usando el molde de las Figs. 2(a) y 2(b).

45 La Fig. 3 muestra un método para probar las propiedades de resistencia al fuego del panel de la Fig. 1. La Fig. 3(a) muestra una vista en perspectiva del aparato y el panel. La Fig. 3(b) muestra los clips utilizados en el aparato de la Fig. 3(a). La Fig. 3(c) muestra una vista lateral del aparato y el panel de la Fig. 3(a) durante la(s) prueba(s).

50 La Fig. 4 muestra una vista lateral de un panel que incluye una región de unión conforme a una segunda forma de realización preferida de la invención. Los componentes, que pueden no estar todos presentes, son: revestimiento metálico A; junta estándar E; capa de barrera contra incendios B; espuma aislante D.

La Fig. 5 muestra una vista lateral de una disposición del panel de la Fig. 4 montado en un panel adyacente.

## Ejemplos

55 La invención se describirá de forma más completa haciendo referencia a los siguientes ejemplos no limitadores.

### Materiales

60 Núcleo de espuma de poliuretano/poliisocianurato

65 Para el núcleo de la espuma se usa un sistema bicomponente que comprende (A) un poliol que incluye un agente de expansión y un catalizador y (B) un PMDI-isocianato polimérico. El poliol Voratherm® CN 604 (A) se hace reaccionar con un PMDI (B) de alta funcionalidad, a un índice de 2,85. Voratherm® CN 604 es un producto comercial de The Dow Chemical Company.



Capa adhesiva de poliuretano/poliisocianurato

- 5 Para la(s) capa(s) de barrera contra incendios se usa un sistema bicomponente que comprende (A) un poliol al que se añade un catalizador y (B) un PMDI-isocianato polimérico. El poliol Voramer® MB 3171 (A) se hace reaccionar con un PMDI (B) de 2,7 de funcionalidad, a un índice de 2,00. Voramer® MB 3171 es un producto comercial de The Dow Chemical Company.

Capa de poliuretano adhesivo

- 10 Para la(s) capa(s) de barrera contra incendios se usa un sistema bicomponente que comprende (A) un poliol y (B) un PMDI-isocianato polimérico. El poliol Voranol® CP 450 (A) se hace reaccionar con un PMDI (B) de 2,7 de funcionalidad, a un índice 1,00. Voranol® CP 450 es un producto comercial de The Dow Chemical Company.

Capa adhesiva de poliuretano/poliurea

- 15 Se obtiene un revestimiento adhesivo de poliuretano/poliurea haciendo reaccionar (A) una solución de silicato sódico en agua (nombre común: silicato de sosa) y (B) un poliuretano protegido con isocianato (prepolímero). Como parte (A) se usa una solución de silicato sódico en agua, al 37 % en peso, de Sigma-Aldrich Inc.; como parte (B) se usa el prepolímero Hypol® JM 5002. Hypol® JM 5002 es un producto comercial de The Dow Chemical Company.

Relleno: Composición ceramificante

- 25 Mezcla de minerales inorgánicos que se sabe que se sinterizan a alta temperatura (nombre comercial: Ceram Polymerik FM3H®) y que se adquiere en Ceram Polymerik Ltd. El material, un polvo fino blanco, se usa tal como se recibe y sin purificación adicional. Se cree que contiene ATH/talco/APP.

Relleno: Polvo de caolín

- 30 El polvo de caolín (silicato de aluminio anhidro,  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ , tamaño medio de partícula de 3,8  $\mu\text{m}$ ) se adquiere de READE® Advanced Materials. El material se usa sin purificación adicional.

Relleno: Cemento Portland

- 35 Cemento Portland (nombre comercial: Laterlite® Leca CS 1600), se adquiere de Laterlite S.p.A. (Milán) y se usa sin purificación adicional.

Relleno: polvo de aerogel de sílice

- 40 Un aerogel de sílice en polvo (nombre comercial: Cabot Nanogel® (TLD102) se adquiere de Cabot Corporation y se usa sin purificación adicional. La calidad usada muestra gránulos de tamaño relativamente amplio (hasta 1,2 mm de diámetro) que tienen una densidad promedio de 80-90  $\text{kg/m}^3$ .

Relleno: Burbujas de cristal

- 45 Las microesferas huecas de vidrio se adquieren de la empresa 3M. Las esferas están disponibles comercialmente con el nombre comercial de Glass Bubbles S35™, de 3M; su densidad es de 350  $\text{kg/m}^3$ .

Relleno: grafito expandible

- 50 El grafito expandible se obtiene de Nordmann Rassmann. El producto está disponible comercialmente con el nombre comercial de Nord-min® KP 251. Tiene un tamaño medio de partícula de 250  $\mu\text{m}$ .

Relleno: fibras de vidrio

- 55 Las fibras de vidrio troceadas (25 mm de longitud y 12  $\mu\text{m}$  de diámetro) se obtienen de Hainan Fuwang Industrial Co. Ltd, de China.

Manta: Manta de aerogel de sílice

- 60 Una manta de aerogel de sílice comercial (nombre comercial: Cabot Thermal Wrap®, espesor: 6 mm) se adquiere de Cabot Corporation y se usa sin ningún tratamiento. La manta se compone de gránulos Nanogel® dentro de fibras no tejidas de polietileno y poliéster.

Manta: Manta de lana mineral

65

Una manta de lana mineral comercial (nombre comercial: Rockwool® 234; espesor: 20 mm) se adquiere de Rockwool Italia S.p.A. y se utiliza sin ningún tratamiento.

## Procedimientos

5

### Configuración del molde

La disposición del molde se muestra en las Figs. 2(a) y 2(b).

10 En un molde de aluminio 10 (30 x 30 x 10 cm) que tiene paredes mantenidas termostáticamente a 50 °C, una placa de acero 12 de 20 x 20 cm (0,4 mm de grosor; revestimiento inferior de acero) está centrada a ~5 cm de las paredes del molde. Se colocan cuatro espaciadores de aluminio 14 de 20 x 10 x 10 cm en la parte superior de la placa de acero 12 y a lo largo de los bordes del molde; un orificio central 16 de 10 x 10 x 10 cm permanece en el molde 10.

15 Cuatro tiras de cinta adhesiva 18 disponible en el mercado están unidas paralelas a la placa de acero 12 a 45° respecto de los bordes del molde de aluminio 10 en las esquinas superiores del orificio central 16. Otra placa de acero 20 de 10 x 10 cm (espesor 0,4 mm; revestimiento superior de acero) se coloca en las esquinas encintadas para cerrar el molde 10.

20 Transcurrida 1 hora, la temperatura de los espaciadores 14 se comprueba con un termopar; el molde 10 se cierra entonces de nuevo hasta que la temperatura alcanza los 50 °C. Cuando se alcanza esta temperatura, el molde 10 se abre y el revestimiento superior de acero 20 se retira temporalmente para verter la espuma.

### Producción de paneles a pequeña escala

25

La Fig. 1 muestra un panel a pequeña escala de acuerdo con los Ejemplos. La Fig. 2 resume el proceso de producción.

30 La(s) capa(s) de barrera contra incendios y el núcleo de espuma se preparan en el molde. Para formar la primera capa B de barrera contra incendios (capa de barrera de integridad estructural o capa combinada de barrera de integridad estructural y barrera térmica), la composición de polioli o silicato de sosa se obtiene mezclando a mano los componentes; después de la adición del isocianato, se vierten rápidamente 40 g de la mezcla de reacción en el orificio central 16 del molde 10 encima del revestimiento inferior de acero 12/A.

35 Cuando se va a formar una segunda capa de barrera contra incendios C (capa de barrera térmica) a partir de una mezcla de reacción líquida, se prepara de la misma manera. Se vierten 40 g de la mezcla de reacción sobre la primera capa de barrera contra incendios B en el orificio central 16 del molde 10 no más de 20 segundos después del vertido de la primera capa de barrera contra incendios. Alternativamente, cuando se usa una manta (manta de aerogel de sílice o manta de lana mineral) como segunda capa de barrera contra incendios, se coloca suavemente encima de la primera capa de barrera contra incendios no más de 20 segundos después del vertido.

40

La capa D de espuma de PU/PIR se prepara mezclando a mano los componentes y vertiendo la mezcla de reacción encima de la(s) capa(s) de barrera contra incendios. Cuando se vierte la capa superior de barrera contra incendios, esto debe hacerse dentro de los 20 segundos posteriores al vertido.

45 Tras verter la composición de espuma, el revestimiento superior de acero 20/A se coloca rápidamente y el molde 10 se cierra antes de que la espuma de PU/PIR alcance el revestimiento superior de acero 20/A.

Transcurridos 10 minutos de reacción, el molde 10 se abre y el panel 22 a pequeña escala se retira del molde (Fig. 2(c)).

50

### Producción de disposiciones de paneles a pequeña escala

55 Las disposiciones de paneles a pequeña escala con regiones de unión (Ejemplo 4, Figs. 4 y 5) se forman a partir de paneles sándwich disponibles en el mercado (PW 1000 de Painel 2000, Portugal). Se toman tiras de 10 cm (perpendiculares al borde) x 20 cm (a lo largo del borde) de las partes de borde de cada uno de los dos paneles sándwich. Un panel sándwich tiene una parte de borde macho 42 y el otro panel sándwich tiene una parte de borde hembra 44. La parte de borde hembra 44 está provista de una junta de espuma de PU/PIR E.

60 El material de barrera contra incendios B se forma mezclando a mano los componentes en una taza y vertiendo la mezcla de reacción líquida sobre la parte de borde hembra 44 de una tira de panel. La segunda tira de panel se coloca inmediatamente después en posición para aprovechar las propiedades adhesivas del material de barrera contra incendios B.

65 De este modo, se produce una disposición de paneles 46 de un área de 20 x 20 cm (Fig. 5). Se utilizan dos tornillos autorroscantes 48 en los extremos de la región de unión 50 para mantener la disposición de paneles 46 en su lugar. Los tornillos 48 se extienden a través del panel y emergen de la cara opuesta.

Caracterización de las propiedades de resistencia al fuego de los paneles a pequeña escala y de las disposiciones de paneles a pequeña escala

5 Este proceso se resume en la Fig. 3.

10 Un panel a pequeña escala 22 está soportado sobre un marco de acero 24 (Fig. 3(a)). El marco 24 tiene la forma de una plataforma cuadrada 26 de 20 cm x 20 cm, con un orificio central 28 de 10 cm x 10 cm, apoyada en una pata 30 de 20 cm de altura en cada esquina. El panel 22 se sujeta con al menos cuatro clips metálicos 34 (Fig. 3(b)) al marco de acero (en los puntos "X") de modo que el panel 22 queda alineado con el orificio 28 de la plataforma 26. Se coloca un mechero Bunsen 36 debajo del centro del revestimiento inferior de acero 12 (Fig. 3(c)). Se coloca un primer termopar 38 de aguja en el centro del panel 22 (es decir, a 5 cm de cada cara). Un segundo termopar 40 de aguja se pone en contacto con el centro del revestimiento 12 inferior de acero y se usa para verificar que se alcanza la misma temperatura en todos los experimentos. La temperatura a lo largo del tiempo se monitoriza desde el inicio del flameado.

15 El daño se mide al final de la prueba como la altura dañada. La prueba a pequeña escala se utiliza para proporcionar resultados indicativos.

20 Se usa una prueba de fuego similar a pequeña escala para probar materiales de barrera contra incendios en las regiones de unión entre paneles (Ejemplo 4).

Creación de paneles para ensayos de resistencia al fuego a mediana escala

25 Se producen elementos sándwich con revestimiento metálico de tamaño 60 x 60 x 8 cm. Las capas de barrera contra incendios se distribuyen sobre los revestimientos metálicos utilizando una máquina de formación de espuma a baja presión combinada con un dispositivo de cabezal mezclador con rociador de aire. Los revestimientos metálicos se colocan entonces en un molde. La mezcla de reacción PIR se inyecta en el molde calentado utilizando una máquina de formación de espuma a alta presión.

30 Caracterización de las propiedades de resistencia al fuego en la prueba a mediana escala

Los paneles sándwich de 60 x 60 cm se prueban con un horno capaz de seguir la curva de temperatura/tiempo de la norma EN 1363-1. La temperatura en el lado "frío" del sándwich se registra en función del tiempo en la posición central de la superficie. Los resultados de la prueba a mediana escala son más fiables que los de la prueba a pequeña escala.

35

## Ejemplos

Ejemplo 1 - Capa de barrera de integridad estructural

40 Ejemplo 1-1: un panel sándwich multicapa como el de la Fig. 1, en el que la capa B es una capa adhesiva de poliuretano/poliisocianurato obtenida haciendo reaccionar Voramer® MB 3171 relleno con la composición ceramificante Ceram Polymerik FM3H® (50 % en peso de la composición total, es decir, la capa B en su conjunto) con un PMDI con una funcionalidad de 2,7. No hay capa C. La capa D es espuma a base de Voratherm® CN 604.

45 Ejemplo comparativo 1-2: un panel sándwich como el de la Fig. 1. La capa D es espuma de poliuretano/poliisocianurato Voratherm® CN 604, sin barreras contra incendios B o C.

50 Ejemplo comparativo 1-3: un panel sándwich multicapa como el de la Fig. 1, en el que la capa B es una capa adhesiva de poliuretano/poliisocianurato obtenida haciendo reaccionar el poliisocianato de Voramer MB 3171 con isocianato de PMDI. No hay capa C. La capa D es espuma a base de Voratherm® CN 604.

55 Ejemplo comparativo 1-4: un panel sándwich multicapa como el de la Fig. 1, en el que la capa B es una capa adhesiva de poliuretano/poliisocianurato obtenida haciendo reaccionar Voramer® MB 3171 relleno de caolín (31 % en peso de la composición total, es decir, la capa B en su conjunto) con un PMDI con una funcionalidad de 2,7. No hay capa C. La capa D es espuma a base de Voratherm® CN 604.

60 Ejemplo comparativo 1-5: un panel sándwich multicapa como el de la Fig. 1, en el que la capa B es una capa adhesiva de poliuretano/poliisocianurato obtenida haciendo reaccionar Voramer® MB 3171 relleno con cemento Portland (31 % en peso de la composición total, es decir, la capa B en su conjunto) con un PMDI con una funcionalidad de 2,7. No hay capa C. La capa D es espuma a base de Voratherm® CN 604.

65 Ejemplo comparativo 1-6: un panel sándwich multicapa como el de la Fig. 1, en el que la capa B es una capa adhesiva de poliuretano/poliurea obtenida haciendo reaccionar un prepolímero de isocianato (Hypol® JM 5002) con silicato de sosa (solución de silicato sódico al 37,1 % en peso en agua). No hay capa C. La capa D es espuma a base de Voratherm® CN 604.

Ejemplo 1-7: un panel sándwich multicapa como el de la Fig. 1, en el que la capa B es una capa adhesiva de poliuretano/poliisocianurato obtenida haciendo reaccionar Voramer® MB 3171 relleno con fibras de vidrio troceadas (25 mm de longitud) (10 % en peso de la composición total, es decir, la capa B en su conjunto) con un PMDI con una funcionalidad de 2,7. No hay capa C. La capa D es espuma a base de Voratherm® CN 604.

#### Ejemplo 2 - Capa de barrera térmica

Ejemplo 2-1: un panel sándwich multicapa como el de la Fig. 1, en el que la capa B es una capa adhesiva de poliuretano/poliisocianurato obtenida haciendo reaccionar Voramer® MB 3171 relleno con microesferas huecas de sílice 3M S35 (18 % en peso de la composición total, es decir, la capa B en su conjunto), con un PMDI con una funcionalidad de 2,7. No hay capa C. La capa D es espuma a base de Voratherm® CN 604.

Ejemplo 2-2: un panel sándwich multicapa como el de la Fig. 1, en el que la capa B es una capa adhesiva de poliuretano/poliisocianurato obtenida haciendo reaccionar un poliol que contiene aerogel de sílice e isocianato. Como poliol, se usa Voramer® MB 3171 relleno de partículas micrométricas de Cabot Nanogel®. El contenido de aerogel de sílice con respecto a la composición dispersa (capa B en su conjunto) es del 4,3 % en peso. Como isocianato, se usa un PMDI con una funcionalidad de 2,7. No hay capa C. La capa D es espuma a base de Voratherm® CN 604.

Ejemplo 2-3: un panel sándwich multicapa como el de la Fig. 1, en el que la capa B es una capa adhesiva de poliuretano obtenida haciendo reaccionar un poliol que contiene aerogel de sílice e isocianato. Como poliol, se usa Voranol® CP 450 relleno de partículas micrométricas de Cabot Nanogel®. El contenido de aerogel de sílice con respecto a la composición dispersa (capa B en su conjunto) es del 3,8 % en peso. Como isocianato, se usa un PMDI con una funcionalidad de 2,7. No hay capa C. La capa D es espuma a base de Voratherm® CN 604.

Ejemplo 2-4: un panel sándwich multicapa como el de la Fig. 1, en el que la capa B es una capa adhesiva de poliuretano/poliisocianurato obtenida haciendo reaccionar el poliol Voramer MB 3171 con isocianato de PMDI. La capa C es una manta de aerogel de sílice Thermal Wrap® de 100 x 100 x 6 mm. La capa D es espuma a base de Voratherm® CN 604.

Ejemplo 2-5: un panel sándwich multicapa como el de la Fig. 1, en el que la capa B es una capa adhesiva de poliuretano/poliisocianurato obtenida haciendo reaccionar Voramer® MB 3171 relleno con la composición ceramificante Ceram Polymerik FM3H® (50 % en peso de la composición total, es decir, la capa B en su conjunto) con un PMDI con una funcionalidad de 2,7. La capa C es una manta de aerogel de sílice Thermal Wrap® de 100 x 100 x 6 mm. La capa D es espuma a base de Voratherm® CN 604.

Ejemplo 2-6: un panel sándwich multicapa como el de la Fig. 1, en el que la capa B es una capa adhesiva de poliuretano/poliisocianurato obtenida haciendo reaccionar Voramer® MB 3171 relleno de grafito expandible (10 % en peso de la composición total, es decir, la capa B en su conjunto) con un PMDI con una funcionalidad de 2,7. No hay capa C. La capa D es espuma a base de Voratherm® CN 604.

Ejemplo comparativo 2-7: un panel sándwich multicapa como el de la Fig. 1, en el que la capa B es una capa adhesiva de poliuretano/poliisocianurato obtenida haciendo reaccionar el poliol Voramer® MB 3171 con isocianato de PMDI. La capa C es una manta de lana mineral Rockwool® de grado 234 de 100 x 100 x 20 mm. La capa D es espuma a base de Voratherm® CN 604.

#### Ejemplo 3 - Combinación de capa de barrera de integridad estructural y capa de barrera térmica

Ejemplo 3-1: un panel sándwich multicapa como el de la Fig. 1, en el que la capa B es una capa adhesiva de PU/PIR obtenida haciendo reaccionar Voramer® MB 3171 relleno tanto con la composición ceramificante Ceram Polymerik FM3H® (40 % en peso de la composición total, es decir, la capa B en su conjunto) como con las microesferas huecas de sílice (11 % en peso de la composición total, es decir, la capa B en su conjunto) con un PMDI de funcionalidad baja. No hay capa C. La capa D es espuma a base de Voratherm® CN 604.

Ejemplo 3-2: un panel sándwich multicapa como el de la Fig. 1, en el que la capa B es una capa de polímero de PU/poliurea obtenida haciendo reaccionar un prepolímero de isocianato (Hypol® JM 5002) con una dispersión de silicato de sosa (solución de silicato sódico al 37,1 % en peso en agua) de partículas micrométricas de aerogel de sílice Cabot Nanogel® y un surfactante disponible comercialmente con el nombre de Pluronic P105. El contenido de aerogel de sílice con respecto a la composición dispersa (capa B en su conjunto) es del 4 % en peso, mientras que el surfactante es un 1,6 % en peso. No hay capa C. La capa D es espuma a base de Voratherm® CN 604.

Ejemplo 3-3: un panel sándwich multicapa como el de la Figura 1, en el que la capa B es una capa adhesiva de PU/PIR obtenida haciendo reaccionar Voramer® MB 3171 lleno de microesferas de vidrio huecas 3M S35™ (18 % en peso de la composición total, es decir, la capa B en su conjunto), con un PMDI con una funcionalidad de 2,7. La capa C es una manta de aerogel de sílice Thermal Wrap® de 100 x 100 x 6 mm. La capa D es espuma a base de Voratherm® CN 604.

La composición de los paneles ensayados se presenta en la Tabla 1 (Ejemplo 1) y en la Tabla 2 (Ejemplos 2 y 3).

Tabla 1

	Ejemplo 1-1	Ej. comp. 1-2	Ej. comp. 1-3	Ej. comp. 1-4	Ej. comp. 1-5	Ej. comp. 1-6	Ej. 1-7
<b>Composición de espuma PIR (partes en peso)</b>							
Poliol Voratherm® CN 604	100	100	100	100	100	100	100
Catalizador Voracor® CM 611	4	4	4	4	4	4	4
PMDI-isocianato Voranate® M 600	171	171	171	171	171	171	171
n-pentano	12	12	12	12	12	12	12
<b>Composición de la barrera contra incendios (partes en peso)</b>							
Poliol Voramer® MB 3171	100		100	100	100		100
Ceram Polymerik® FM3H	223						
Caolín				100			
Cemento Portland					100		
Fibras de vidrio troceadas							25
Silicato de sosa						100	
Isocianato Hypol® JM 5002						47	
PMDI-isocianato Voranate® M 220	123		123	123	123		123
<b>Cantidad de aditivo en el reactivo (% en peso)</b>	69			50	50		
<b>Cantidad de aditivo en la composición de barrera contra incendios (% en peso)</b>	50			31	31		

5 Tabla 2

	Ej. 2-1	Ej. 2-2	Ej. 2-3	Ej. 2-4	Ej. 2-5	Ej. 2-6	Ej. comp. 2-7	Ej. 3-1	Ej. 3-2	Ej. 3-3
<b>Composición de espuma PIR (partes en peso)</b>										
Poliol Voratherm® CN 604	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Catalizador Voracor® CM 611	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
PMDI-isocianato Voranate® M 600	171	171	171	171	171	171	171	171	171	171
n-pentano	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
<b>Composición de la barrera contra incendios (partes en peso)</b>										
Poliol Voramer® MB 3171	100	100		100	100	100	100	100		100
Poliol Voranol® CP 450			100							

	Ej. 2-1	Ej. 2-2	Ej. 2-3	Ej. 2-4	Ej. 2-5	Ej. 2-6	Ej. comp. 2-7	Ej. 3-1	Ej. 3-2	Ej. 3-3
<b>Composición de espuma PIR (partes en peso)</b>										
Ceram Polymerik® FM3H					223			180		
Microesferas de sílice huecas 3M	50							50		50
Nanogel Cabot®		10	10						6,25	
Grafito expandible						25				
Pluronic P105									2,5	
Silicato de sosa									100	
Isocianato Hypol® JM 5002									47	
PMDI-isocianato Voranate® M 220	123	123	150	123	123	123	123	123		123
Manta de aerogel de sílice Thermal Wrap®				Sí	Sí					Sí
Manta de lana mineral							Sí			
<b>Cantidad de aditivo en el reactivo (% en peso)</b>	33	9	9		69	20		54,5 (ceram) 15,1 (microesferas de sílice huecas)	5,7	33
<b>Cantidad de aditivo en la composición de barrera contra incendios (% en peso)</b>	18	4,3	3,8		50	10		40 (ceram) 11 (microesferas de sílice huecas)	4	18

## Resultados de los Ejemplos 1 a 3 y discusión

5 Las temperaturas internas de las muestras después de 15 y 30 minutos de flameado en la prueba de fuego a pequeña escala, junto con la altura del daño interno después de cortar la espuma, se indican en la Tabla 3 (Ejemplo 1) y la Tabla 4 (Ejemplos 2 y 3).

10 Las temperaturas internas proporcionan una indicación de las propiedades de barrera térmica. La altura del daño proporciona una indicación de las propiedades de la barrera de integridad estructural. En el caso de cada una de estas variables, son deseables valores bajos.

La prueba de fuego a pequeña escala implica condiciones severas porque el termopar de prueba está a solo 5 cm de la fuente de la llama. Por lo tanto, el efecto barrera contra incendios no se aplica durante 30 minutos.

15 Tabla 3

Muestra	Temperatura después de 15 min (°C)	Temperatura después de 30 min	Altura del daño (mm)
Ej. 1-1	73	214	62
Ej. comparativo 1-2	129	200	62
Ej. comparativo 1-3	108	210	63
Ej. comparativo 1-4	97	219	66
Ej. comparativo 1-5	92	236	65
Ej. comparativo 1-6	77	191	64
Ejemplo 1-7	69	206	No medido

Tabla 4

Muestra	Temperatura después de 15 min (°C)	Temperatura después de 30 min (°C)	Altura del daño (mm)
Ejemplo 2-1	68	204	61
Ejemplo 2-2	95	209	64
Ejemplo 2-3	117	216	68
Ejemplo 2-4	69	233	64
Ejemplo 2-5	49	156	60
Ejemplo comp. 2-7	107	245	70
Ejemplo 3-1	46	186	61
Ejemplo 3-2	49	140	55
Ejemplo 3-3	55	160	56

- 5 La temperatura en el lado “frío” del sándwich expuesto a la prueba de resistencia al fuego a mediana escala después de 15, 30 y 40 minutos se indica en la Tabla 5 (Ejemplo 1-1, Ejemplo comparativo 1-2, Ejemplos 2-1 y 2-2).

Tabla 5

Muestra	Temperatura después de 15 min (°C)	Temperatura después de 30 min (°C)	Temperatura después de 40 min (°C)
Ejemplo 1-1	30	78	144
Ej. comparativo 1-2	42	108	198
Ejemplo 2-1	41	60	103
Ejemplo 2-2	36	62	99
Ejemplo 2-6	45	66	103

- 10 En las Tablas 3 y 4 se puede observar que cuando están presentes materiales de barrera de integridad estructural y de barrera térmica (híbridos o separados) (Ejemplos 2-1, 2-5 y 3), se obtienen muy buenos resultados en la prueba de fuego a pequeña escala. Las temperaturas después de 15 minutos están en el intervalo de 46 a 69 °C. La altura del daño (cuando se mide) está en el intervalo de 55 a 61 mm. Esto se compara con una temperatura de 108 °C después de 15 minutos y una altura de daño de 63 mm para el control con un APL sin modificar (Ejemplo comparativo 1-3).

- 15 En la Tabla 3 también se puede observar que una barrera contra incendios que incluye una dispersión de composición ceramificante en el PU/PIR como material de barrera para la integridad estructural proporcionó la altura de daño más baja (62 mm) y una temperatura más baja después de 15 minutos (73 °C) que las barreras contra incendios que usan caolín o cemento Portland (Ejemplo 1-1 y Ejemplos comparativos 1-4 y 1-5). También se logró una temperatura baja después de 15 minutos (69 °C) usando una barrera contra incendios que incluía una dispersión de fibras de vidrio troceadas en el PU/PIR como material de barrera de integridad estructural. El caolín y el cemento Portland se utilizan como rellenos en el documento WO2006010697.

- 20 En la Tabla 4 también se puede observar que el uso de una manta de aerogel de sílice produjo una menor altura de daño (64 mm) y dio una temperatura más baja después de 15 minutos (69 °C) en comparación con el uso de una manta de lana mineral (Ejemplo 2-4 y Ejemplo comparativo 2-7).

- 25 En la Tabla 5 se puede observar que las microesferas de sílice huecas (Ejemplo 2-1), el aerogel (Ejemplo 2-2) y una dispersión de grafito expandible en el PU/PIR (Ejemplo 2-6) proporcionaron un buen rendimiento en la prueba de fuego a mediana escala. Los resultados a los 15 minutos en la prueba de fuego a mediana escala son menos significativos que los obtenidos a los 30 y 40 minutos. Se descubrió que la barrera contra incendios del Ejemplo 2-1 retrasaba la falla del aislamiento en aproximadamente 20 minutos, lo que conducía a un rendimiento de I=55 (prueba EN mencionada anteriormente). Las observaciones de los paneles quemados mostraron un residuo de carbón denso y coherente en el lado expuesto, con grietas de profundidad reducida en la espuma de PIR situada debajo.

#### Ejemplo 4: Protección de la región de unión

- 30 Ejemplo comparativo 4-1: paneles con una región de unión como en la Fig. 5, con una junta de celda abierta estándar E y sin capa de barrera contra incendios B.

Ejemplo 4-2: paneles con una región de unión como en la Fig. 5, en los que la capa de barrera contra incendios B es una capa adhesiva de poliuretano/poliisocianurato obtenida haciendo reaccionar Voramer® MB 3171 relleno con microesferas de sílice huecas 3M S35 (20 % en peso de la composición total, es decir, la capa B en su conjunto), con un PMDI con una funcionalidad de 2,7. La capa de barrera contra incendios B se aplica sobre la junta estándar E.

Ejemplo 4-3: paneles con una región de unión como en la Fig. 5, en los que la capa de barrera contra incendios B es una capa adhesiva de poliuretano/poliisocianurato obtenida haciendo reaccionar Voramer® MB 3171 relleno con la composición ceramificante Ceram Polymerik FM3H® (50 % en peso de la composición total, es decir, la capa B en su conjunto) con un PMDI con una funcionalidad de 2,7. La capa de barrera contra incendios B se aplica directamente sobre la espuma aislante del panel. No hay junta E presente.

Los paneles se someten a la versión modificada de la prueba de fuego a pequeña escala descrita anteriormente.

En la Tabla 6 se muestran los resultados del Ejemplo 4.

Tabla 6

Ejemplo	Temperatura a 15 min (°C)	Temperatura a 30 min (°C)	Temperatura a 40 min (°C)
Ejemplo comparativo 4-1	369	437	447
Ejemplo 4-2	255	382	407
Ejemplo 4-3	186	403	420

En la Tabla 6 se puede observar que cuando se incluye una capa de barrera contra incendios en la región de unión (Ejemplos 4-2 y 4-3), se obtienen buenos resultados en la prueba de fuego en comparación con los resultados en los que no se incluye una barrera contra incendios en la región de unión (Ejemplo comparativo 4-1).

Otros ejemplos propuestos:

Ejemplo 4-2: paneles con una región de unión como en la Fig. 5, en los que la capa de barrera contra incendios B es una capa de polímero de PU/poliurea obtenida haciendo reaccionar un prepolímero de isocianato (Hypol® JM 5002) con una dispersión de silicato de sosa (solución de silicato sódico al 37,1 % en peso en agua) de partículas micrométricas de aerogel de sílice Cabot Nanogel® y un surfactante disponible comercialmente con el nombre de Pluronic P105. El contenido de aerogel de sílice con respecto a la composición dispersa (capa B en su conjunto) es del 4 % en peso, mientras que el surfactante es un 1,6 % en peso. La capa de barrera contra incendios B se aplica sobre la junta estándar E.

Ejemplo 4-3: paneles con una región de unión como en la Fig. 5, en los que la capa de barrera contra incendios B es de la composición utilizada en el Ejemplo 4-2 pero se aplica directamente sobre la espuma aislante del panel. No hay junta E presente.

Ejemplo 4-5: paneles con una región de unión como en la Fig. 5, en los que la capa de barrera contra incendios B es de la composición utilizada en el Ejemplo 4-4 pero se aplica directamente sobre la espuma aislante del panel. No hay junta E presente.

Los paneles de las formas de realización preferidas de la invención hacen uso de un concepto de múltiples capas y multifunción para combinar las propiedades de barrera de integridad estructural y barrera térmica. Se obtienen muy buenas propiedades de resistencia al fuego. Los hallazgos también se pueden aplicar a la protección de las regiones de unión.

Además, los paneles de las formas de realización preferidas de la invención son fáciles de fabricar. Esta es una mejora en comparación con el documento WO2006010697, en el que la química del silicato de sosa es difícil de usar en un proceso de producción continuo debido a la falta de adhesión entre las capas metálicas y a base de silicato de sosa. El uso de PU/PIR en las barreras contra incendios de las formas de realización preferidas de la invención permite una buena adhesión al revestimiento metálico y al núcleo de espuma de PIR.



# REIVINDICACIONES

1. Un método de formación de un panel (22) que comprende:  
  
5                   – un revestimiento metálico (12, A);  
                    – una capa de espuma aislante (D); y  
                    – al menos una capa de barrera contra incendios (B, C) entre el revestimiento metálico (12, A) y la  
                    capa de espuma aislante (D), comprendiendo la capa de barrera contra incendios (C) una dispersión  
10                  de sílice porosa en una matriz polimérica preformada,  
                    comprendiendo el método los pasos de:  
  
                    – dotar al revestimiento metálico (12, A) de al menos una capa de barrera contra incendios  
                    (B, C), en donde la capa de barrera contra incendios (C) que comprende una dispersión de  
15                  sílice porosa en una matriz polimérica preformada se aplica en forma sólida;  
                    – aplicar la capa de espuma aislante (D) en forma de una mezcla de reacción líquida a la  
                    capa o capas de barrera contra incendios (B, C); y  
                    – aplicar un segundo revestimiento metálico (20, A) a la capa de espuma aislante (D).  
  
2. Un método conforme a la reivindicación 1, en donde la(s) capa(s) de barrera contra incendios (B, C) es  
20                  continua/son continuas y está(n) unida(s) de forma continua al revestimiento metálico (12, A) y a la capa de  
                    espuma aislante (D).  
  
3. Un método conforme a la reivindicación 1 o a la reivindicación 2, en donde la(s) capa(s) de barrera contra  
25                  incendios (B, C) tiene(n) un grosor de 2 a 20 mm.  
  
4. Un método conforme a cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una capa de barrera  
                    contra incendios adicional (B) que comprende una dispersión en una matriz polimérica de poliuretano, una  
                    matriz polimérica de poliuretano/poliisocianurato o una matriz polimérica de poliuretano/poliurea de al menos  
30                  uno de los siguientes materiales: sílice porosa; microesferas de vidrio huecas; fibras de vidrio; una  
                    composición ceramificante inorgánica; grafito expandible.  
  
5. Un método conforme a la reivindicación 4, en donde la capa de barrera contra incendios adicional (B) se  
                    aplica en forma de una mezcla de reacción líquida.  
  
35                  6. Un método conforme a la reivindicación 5, en donde la mezcla de reacción líquida utilizada para formar la  
                    capa de barrera contra incendios adicional (B) comprende una dispersión en una mezcla de reacción a base  
                    de isocianato de al menos uno de los siguientes materiales: sílice porosa; microesferas de vidrio huecas;  
                    fibras de vidrio; una composición ceramificante inorgánica; grafito expandible.  
  
40                  7. Un panel (22) que comprende:  
                    - un revestimiento metálico (12, A);  
                    - una capa de espuma aislante (D); y  
                    - al menos una capa de barrera contra incendios (B, C) entre el revestimiento metálico (12, A) y la  
45                  capa de espuma (D), comprendiendo la capa o capas de barrera contra incendios (B, C) una  
                    dispersión de sílice porosa en una matriz polimérica preformada.  
  
8. Un panel (22) conforme a la reivindicación 7, en donde la capa de barrera contra incendios (B, C) es continua  
50                  y está unida de forma continua al revestimiento metálico (12, A) y a la capa de espuma aislante (D).  
  
9. Un panel (22) conforme a la reivindicación 7 o a la reivindicación 8, en donde la capa de barrera contra  
                    incendios (B, C) tiene un grosor de 2 a 20 mm.

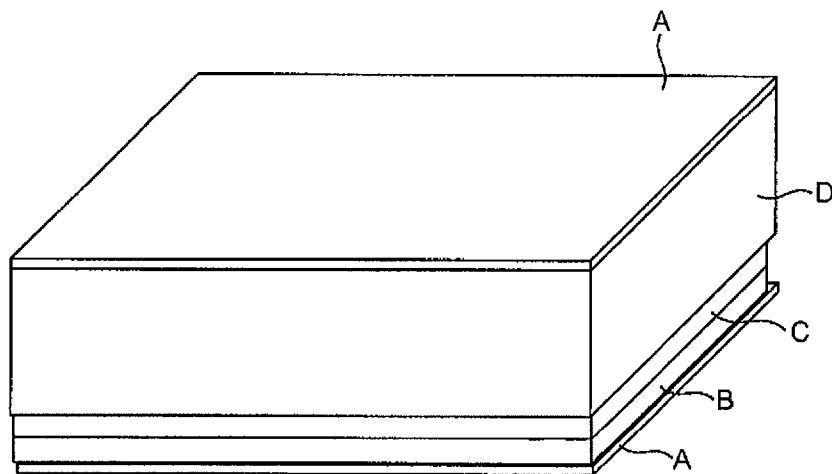


Figura 1

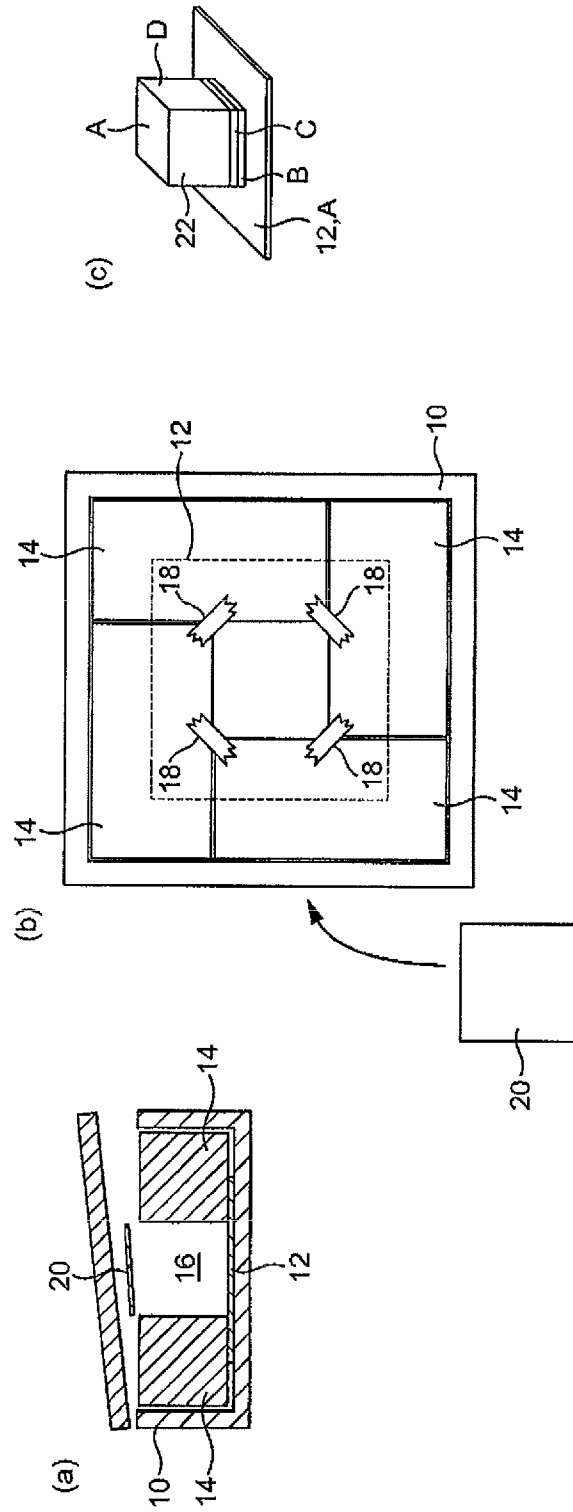


Figure 2

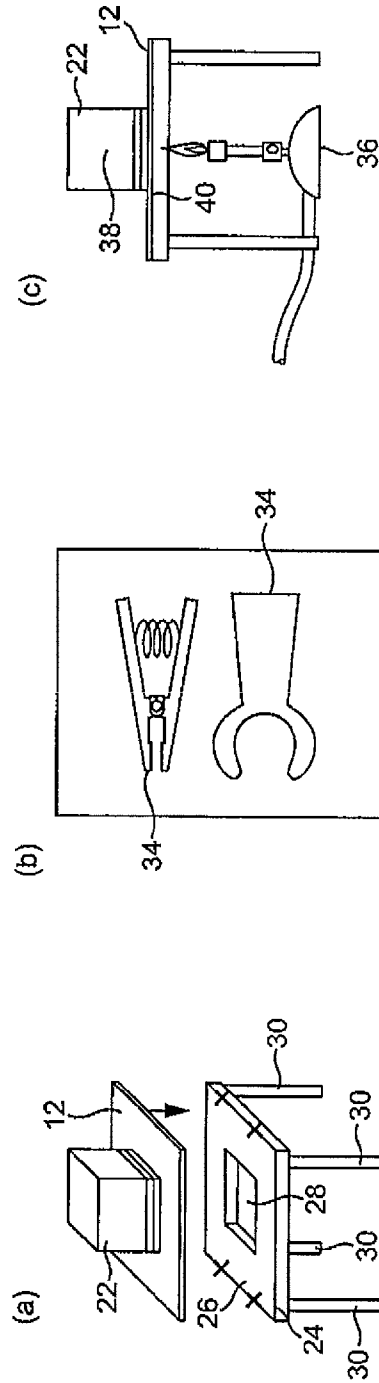


Figura 3

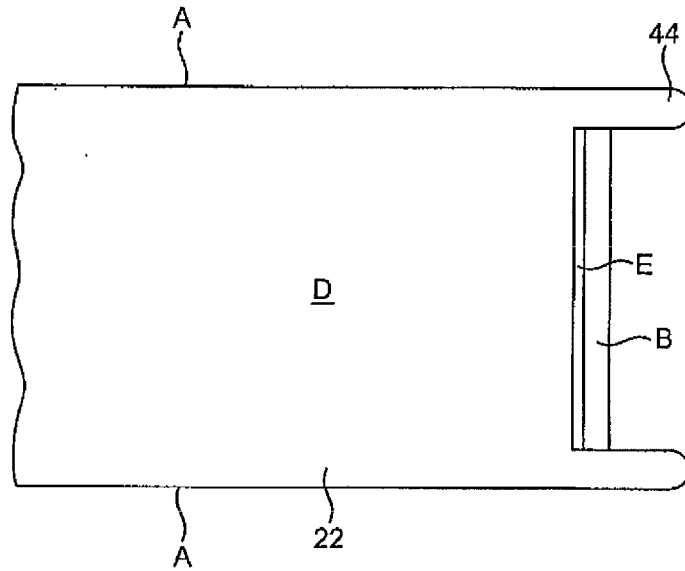


Figura 4

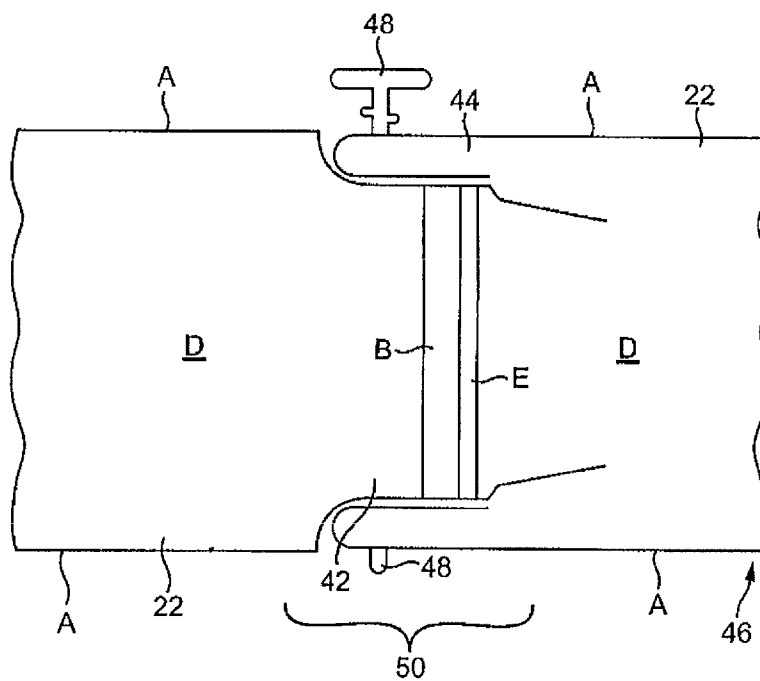


Figura 5