

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 331**

51 Int. Cl.:

B32B 5/20	(2006.01)	C08G 18/09	(2006.01)
B32B 15/04	(2006.01)	C08G 18/76	(2006.01)
B32B 15/08	(2006.01)	C08G 18/64	(2006.01)
B32B 15/095	(2006.01)	C08G 101/00	(2006.01)
B32B 15/18	(2006.01)	C08K 3/04	(2006.01)
B32B 27/06	(2006.01)	C08K 7/26	(2006.01)
B32B 27/20	(2006.01)	C08K 7/28	(2006.01)
B32B 27/40	(2006.01)	C09J 175/04	(2006.01)
E04B 1/74	(2006.01)	E04B 1/94	(2006.01)
E04B 1/76	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.09.2012 PCT/EP2012/068069**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.04.2013 WO13053566**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2012 E 12759696 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2020 EP 2766181**

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:

10.07.2020

73 Titular/es:

**DOW GLOBAL TECHNOLOGIES LLC (100.0%)
2040 Dow Center
Midland, MI 48674, US**

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 773 331 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

La invención se refiere a paneles con barreras contra incendios; y a métodos para formar tales paneles.

5 Las espumas de polímero rígidas proporcionan un buen aislamiento térmico y, por lo tanto, se utilizan en componentes de construcción tales como paneles pre-aislados tipo "sándwich". Dichos paneles incluyen, típicamente, un núcleo de espuma rígida de poliuretano/poliisocianurato (PU/PIR) unido a capas de revestimiento metálicas, por ejemplo, de acero o aluminio, o capas superficiales tensadas de chapa metálica. Los paneles de este tipo están disponibles, por ejemplo, de SAB-profiel™.

10 Tales paneles pueden fabricarse mediante un proceso continuo. Un proceso de laminación continua típicamente usa una disposición de doble cinta/ banda en donde se deposita (vierte o pulveriza) una mezcla de reacción líquida para formar un polímero espumado 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 se cure y se vuelva rígida. Como una alternativa ("laminador inverso"), la mezcla de reacción se puede depositar sobre la lámina de revestimiento superior. Este proceso se analiza en "Polyurethane Handbook" (ed. Dr Guenter Oertel, Hanser Publishers 1985), los documentos US2005/02478993, documentos US2007/0246160, WO2009/077490 y US4019938.

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

Las uniones laterales entre paneles están selladas convencionalmente con juntas de espuma flexible.

20 Los materiales del núcleo de espuma de polímero son típicamente combustibles y dejan poco residuo carbonoso al arder. Así pues, solo proporcionan una integridad estructural limitada en condiciones de incendio. La integridad estructural es importante para prolongar la estabilidad del edificio y mantener las barreras al paso del calor, el humo y el fuego.

25 El rendimiento actual de resistencia al fuego de los paneles tipo sándwich con revestimiento metálico, donde la capa aislante es una espuma PIR, es, en el mejor de los casos, EI 60 en un panel de 200 mm de espesor (donde "EI" se refiere a integridad y aislamiento, y va seguido de la cantidad de minutos durante los cuales 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 ignífugos en la espuma y usando materiales incombustibles de revestimiento grueso (p. ej., yeso).

30 El documento EP0891860 describe un panel compuesto resistente al fuego con una capa de esterilla intumescente (p. ej., un material estabilizado con fibra mineral a base de grafito) interpuesta entre un núcleo de material plástico rígido espumado y una capa exterior de metal. La esterilla está perforada con orificios para permitir la unión entre el núcleo y la capa metálica.

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

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

- un revestimiento metálico;
- una capa de espuma aislante; y

40 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 grafito expandible en una matriz de polímero de poliuretano/poliisocianurato que tiene un índice de isocianato 1,8 o mayor, en donde la capa de barrera contra incendios tiene un espesor de 2 a 20 mm.

Preferiblemente, el panel es autoportante.

Capa de barrera contra incendios

45 La(s) capa(s) de barrera contra incendios debe(n) proporcionar una buena autonomía de integridad estructural y/o propiedades de barrera térmica en condiciones de incendio.

50 Pueden estar presentes una, dos, tres o más capas de barrera contra incendios. Las propiedades de barrera de integridad estructural y de barrera térmica pueden ser proporcionadas por capas diferentes (denominadas "capa de barrera de integridad estructural" y "capa de barrera térmica") o por la misma capa. Cuando estas propiedades son proporcionadas por la misma capa, pueden ser proporcionadas por diferentes materiales o por el mismo material.

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

Preferiblemente, la barrera contra incendios es de 2 a 15 mm, p. ej., de 3 a 10 mm de espesor.

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.

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

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

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

15 El grafito expandible es una partícula expandible en condiciones de incendio. Preferiblemente, las partículas de grafito expandibles tienen un tamaño medio de partícula de 200 a 300 µm. El grafito expandible se dispersa en una matriz polimérica.

20 La matriz polimérica es un polímero PU/PIR. Tales polímeros pueden formarse a partir de un poliol (p. ej., un poliéster poliol) y un isocianato (p. ej., un poliisocianato orgánico tal como un diisocianato de metileno difenilo polimérico, PMDI, p. ej., de funcionalidad 2,7). Se usa un catalizador. Un índice apropiado es 1,8 o mayor. El término "índice" se refiere al índice de isocianato, una medida del número de equivalentes de compuesto que contiene isocianato añadido en comparación con el número teórico de equivalentes de compuesto que contiene isocianato necesario. Un índice más alto indica una mayor cantidad de reaccionante que contiene isocianato. Los polioles preferidos incluyen polioles Voramer® (de The Dow Chemical Company).

25 Los materiales de barrera contra incendios adicionales adecuados (es decir, materiales para usar en una capa de barrera contra incendios adicional) se analizan a continuación bajo los encabezados "Material de barrera de integridad estructural", "Material de barrera térmica" y "Material de barrera de integridad estructural y material de barrera térmica híbrido" según sus propiedades.

Material de barrera de integridad estructural

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

35 Un material de barrera de integridad estructural está destinado a contribuir a la autonomía 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, poniendo una muestra de dicho material aplicada sobre una capa superficial metálica en una mufla calentada con una curva de temperatura comparable a un ensayo de resistencia al fuego y verificando después la ausencia de grietas y huecos y verificando las propiedades mecánicas residuales. El material de barrera de integridad estructural forma preferiblemente una capa de carbón coherente y fuerte que reducirá la tendencia del núcleo de espuma subyacente a agrietarse.

El material de barrera de integridad estructural puede incluir una partícula expansible en condiciones de incendio.

40 Los materiales de barrera de integridad estructural preferidos para usar en una o más capa(s) de barrera contra incendios se analizan a continuación.

Mezcla de ceramización de compuestos inorgánicos en una matriz polimérica

45 Una dispersión de una mezcla de ceramización de compuestos inorgánicos en una matriz polimérica se puede usar como un material de barrera con integridad de estructura en otra(s) capa(s) de barrera contra incendios. Ceram Polymerik describe tales mezclas en los documentos WO2008134803, WO2005095545, WO2004088676 y WO2004035711.

El término "composición de ceramización" incluye composiciones que se descomponen y experimentan reacción química en condiciones de incendio para formar un producto cerámico material poroso y autoportante. Por el contrario, las cargas inorgánicas convencionales permanecen como partículas no coherentes en condiciones de incendio.

50 Las mezclas preferidas incluyen minerales de silicato y fosfatos inorgánicos. Puede estar presente una carga inorgánica adicional y/o un material expansible por calor. La mezcla de ceramización 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 (típicamente dentro de un intervalo de 350 a 800 °C).

La matriz polimérica es un polímero PU/PIR como se ha analizado anteriormente.

5 En general, la matriz polimérica puede ser un polímero de poliuretano (PU), pero esto es menos preferido. Tales polímeros pueden formarse a partir de un polioliol (p. ej., un poliéter polioliol) y un isocianato (p. ej., un poliisocianato orgánico tal como un PMDI de baja funcionalidad, p. ej., de funcionalidad 2,7). Se usa un catalizador.

Tienen un índice de 0,8 a 1,8. Los polioliol incluyen polioliol Voranol® (de The Dow Chemical Company).

Preferiblemente, la composición de ceramización está presente en una cantidad de 30 a 70 % en peso basado en el peso total de la capa.

10 *Adhesivo de poliuretano/poliurea*

Se puede usar un recubrimiento adhesivo de poliuretano/poliurea formado por reacción de una disolución acuosa de silicato de sodio (nombre común: silicato soluble) con un prepolímero hidrófilo como material de barrera de integridad estructural en otra(s) capa(s) de barrera contra incendios. Se ha encontrado que el recubrimiento forma un carbón cohesivo bajo exposición al fuego. El documento WO2006010697 (Huntsman) se refiere a tales recubrimientos de poliurea/poliuretano basados en silicato soluble. Otros materiales de barrera contra incendios pueden estar dispersados en el recubrimiento.

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

Fibras de vidrio

20 Las fibras de vidrio se pueden usar como material de barrera con integridad de estructura en otra(s) capa(s) de barrera contra incendios. Se prefieren las fibras de vidrio troceadas con una longitud de 5 mm a 75 mm y/o un diámetro de 10 a 13 µm. 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 discutido anteriormente en "Mezcla de ceramización de compuestos inorgánicos en una matriz polimérica".

Material de barrera térmica

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

Un material de barrera térmica proporciona un gradiente de temperatura en condiciones de incendio. Esto pretende mejorar el rendimiento del aislamiento durante el ensayo de resistencia al fuego. La idoneidad de un material para funcionar como material de barrera térmica puede evaluarse a escala de laboratorio utilizando el procedimiento de ensayo descrito a continuación y mostrado 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 micro-huecos o nano-huecos, y son preferiblemente porosos. Los materiales adecuados se discuten a continuación.

Sílice porosa

35 Se puede usar sílice porosa como material de barrera térmica en otra(s) capa(s) de barrera contra incendios.

Una forma preferida de sílice porosa es la sílice nanoporosa y, particularmente, el aerogel de sílice. El aerogel de sílice es un sólido nanoporoso de muy baja densidad derivado del gel de sílice al reemplazar el líquido por gas, p. ej. por secado supercrítico. Este absorbe fuertemente la radiación infrarroja y tiene excelentes características de aislamiento térmico. La síntesis de partículas de aerogel de sílice se discute en los documentos WO2008115812 y WO9850144 de Cabot.

La sílice porosa se usa preferiblemente dispersada en una matriz polimérica. La matriz polimérica puede estar preformada o puede estar formada *in situ*.

Las dispersiones preformadas de sílice nanoporosa en una matriz polimérica están disponibles en el mercado como "coberturas de aerogel", p. ej., Cabot Thermal Wrap™. Estas pueden comprender gránulos de aerogel de sílice dispersados en fibras poliméricas no tejidas, p. ej., de polietileno y/o poliéster. Thermal Wrap™ es un material flexible, compresible, de baja lambda, que se puede cortar fácilmente con tijeras a dimensiones personalizadas.

Se pueden formar dispersiones de sílice nanoporosa en una matriz polimérica *in situ* utilizando polvo de aerogel de sílice comercial. Un polvo nanoporoso comercial de aerogel de sílice es Cabot Nanogel™.

50 Preferiblemente, la sílice porosa se dispersa en una matriz polimérica hidrófila. El aerogel de sílice puro tiene excelentes características de aislamiento térmico (bajos valores de lambda) debido a su estructura nanoporosa. Se

5 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 disoluciones acuosas no llenarán los poros debido a la hidrofobia de la sílice nanoporosa. Así pues, los polímeros hidrófilos y las composiciones acuosas usadas para proporcionar tales polímeros se pueden usar para evitar llenar los poros de la sílice nanoporosa contenida en la capa de barrera térmica.

Un recubrimiento adhesivo de poliuretano/poliurea con propiedades de barrera de integridad estructural del tipo discutido anteriormente es particularmente adecuado. Alternativamente, puede usarse un recubrimiento de PU/PIR o PU del tipo discutido anteriormente en "Mezcla de ceramización de compuestos inorgánicos en una matriz polimérica".

10 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 espuma de poliuretano de aerogel de PU/sílice. El documento WO2007086819 (Aspen) se refiere a un compuesto de poli (metacrilato de metilo) (PMMA) y aerogel de sílice.

15 Preferiblemente, la sílice porosa está presente en una cantidad de 1 a 10 % en peso basado en el peso total de la capa.

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

Como se ha mencionado anteriormente, las propiedades de barrera de integridad estructural y de barrera térmica pueden ser proporcionadas por un único material. Se discuten a continuación tales materiales preferidos.

Microesferas de vidrio huecas

20 Las microesferas de vidrio huecas se pueden usar como un material de barrera de integridad estructural y material de barrera térmica híbrido en otra(s) capa(s) de barrera contra incendios. Los materiales adecuados se discuten en el documento WO2010065724, y están disponibles en el mercado, p. ej., S35 Glass Bubbles™ de 3M. Los inventores han descubierto que las partículas forman un carbón celular cohesivo, de sílice amorfa, en condiciones de incendio. Las partículas se usan preferiblemente en una matriz polimérica, p. ej., usando uno de los materiales poliméricos discutidos anteriormente.

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

Preferiblemente, las microesferas de vidrio huecas están presentes en una cantidad de 5 a 50 % en peso basado en el peso total de la capa. En una realización preferida, una capa adhesiva de PU/PIR se llena con 20 % en peso de microesferas S35.

30 Revestimiento

Como se ha explicado anteriormente, el panel incluye un primer revestimiento metálico. Típicamente, 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 espesor de 0,2 a 1,2 mm.

35 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 espesor de 20 a 250 mm.

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

Proceso de fabricación

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

- 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
- aplicar un segundo revestimiento metálico a la capa de espuma aislante.

50 La(s) capa(s) de barrera contra incendios se pueden proporcionar en forma líquida, y preferiblemente se aplica al

menos una capa de barrera contra incendios en forma de una mezcla de reacción líquida (que contiene material disperso) que formará una matriz polimérica. Preferiblemente, la mezcla de reacción líquida es una mezcla de reacción basada en isocianato, más preferiblemente una dispersión en una mezcla de reacción basada en isocianato de grafito expandible.

- 5 Adicional o alternativamente, al menos una capa de barrera contra incendios (p. ej., una dispersión de sílice porosa en una matriz de polímero preformada) se aplica en forma sólida. La capa de barrera contra incendios en forma sólida se puede asegurar con una composición adhesiva. Sin embargo, si se ha aplicado una capa de barrera contra incendios previa en forma líquida, puede no ser necesaria una composición adhesiva.

Los paneles de acuerdo con la invención pueden fabricarse en un proceso continuo o discontinuo.

- 10 Adecuadamente, se utiliza un adhesivo PU/PIR y se aplica en forma líquida.

Se puede usar un proceso discontinuo usando moldes. En tal método, los revestimientos metálicos se colocan adecuadamente en un molde (preferiblemente un molde calentado) y se inyecta la mezcla de reacción para formar la capa de espuma aislante (p. ej., usando una máquina para hacer espuma) para llenar el molde y adherirse a los revestimientos metálicos. La(s) capa(s) de barrera contra incendios se pueden añadir antes de colocar los revestimientos metálicos en el molde o mientras los revestimientos metálicos están en el molde.

- 15

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

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

Figuras

La Fig. 1 muestra una vista en perspectiva de un panel según una primera realización preferida de la invención. Las capas, que puede que no todas estén presentes, están en orden: revestimiento metálico A; capa de barrera contra incendios (1) B; capa de barrera contra incendios (2) C; espuma aislante D; revestimiento metálico A.

- 25 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).

- 30 La Fig. 3 muestra un método para ensayar 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 las pinzas utilizadas 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 el ensayo.

Ejemplos

La invención se describirá adicionalmente con referencia a los siguientes ejemplos no limitantes.

Materiales

Núcleo de espuma de poliuretano/poliisocianurato

- 35 Se utiliza un sistema de dos componentes que comprende (A) un polioli que incluye un agente de expansión y un catalizador y (B) un isocianato polimérico de PMDI para el núcleo de espuma. El polioli 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

- 40 Un sistema de dos componentes que comprende (A) un polioli añadido con un catalizador y (B) se usa un isocianato polimérico de PMDI para la(s) capa(s) de barrera contra incendios. El polioli Voramer® MB 3171 (A) se hace reaccionar con un PMDI (B) de funcionalidad 2,7 a un índice de 2,00. Voramer® MB 3171 es un producto comercial de The Dow Chemical Company.

Capa adhesiva de poliuretano

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

Capa adhesiva de poliuretano/poliurea

Se obtiene un recubrimiento adhesivo de poliuretano/poliurea haciendo reaccionar (A) una disolución de silicato de

sodio en agua (nombre común: silicato soluble) y (B) un poliuretano (prepolímero) con protección terminal de isocianato. Como la parte (A), se usa una disolución de silicato de sodio al 37 % en peso en agua de Sigma-Aldrich Inc.; como la parte (B) se usa el prepolímero Hypol® JM 5002. Hypol® JM 5002 es un producto comercial de The Dow Chemical Company.

5 *Carga: Composición de ceramización*

Se adquiere una mezcla de minerales inorgánicos que se sabe que se sinterizan a alta temperatura (nombre comercial: Ceram Polymerik FM3H®) de Ceram Polymerik Ltd. El material, un polvo blanco fino, se usa tal cual se recibió y sin ninguna purificación adicional. Se cree que contiene ATH/talco/APP.

Carga: Polvo de caolín

10 Se adquiere caolín (silicato de aluminio anhidro, $Al_2Si_2O_5(OH)_4$) en polvo (tamaño promedio de partícula 3,8 μm) de READE® Advanced Materials. El material se usa sin ninguna purificación adicional.

Carga: Cemento Portland

El cemento Portland (nombre comercial: Laterlite® Leca CS 1600) se adquiere de Laterlite S.p.A. (Milán) y se usa sin ninguna purificación adicional.

15 *Carga: polvo de aerogel de sílice*

Se adquiere un aerogel de sílice en polvo (nombre comercial: Cabot Nanogel® TLD102) de Cabot Corporation y se usa sin ninguna purificación adicional. La calidad utilizada muestra gránulos de tamaño relativamente grueso (hasta 1,2 mm de diámetro) que tienen una densidad promedio de 80-90 kg/m^3 .

Carga: Burbujas de vidrio

20 Las microesferas de vidrio huecas se adquieren de la compañía 3M. Las esferas están disponibles en el mercado con el nombre comercial de 3M Glass Bubbles S35™; su densidad es de 350 kg/m^3 .

Carga: grafito expandible

El grafito expandible se obtiene de Nordmann Rassmann. El producto está disponible en el mercado con el nombre comercial de Nord-min® KP 251. Tiene un tamaño promedio de partícula de 250 μm .

25 *Carga: fibras de vidrio*

Las fibras de vidrio troceadas (25 mm de largo y 12 μm de diámetro) se obtienen de Hainan Fuwang Industrial Co. Ltd de China.

Cobertura: Cobertura de aerogel de sílice

30 Se adquiere una cobertura comercial de aerogel de sílice (nombre comercial: Cabot Thermal Wrap®; espesor: 6 mm) de Cabot Corporation y se usa sin ningún tratamiento. La cobertura consiste en gránulos de Nanogel® dentro de fibras no tejidas de polietileno y poliéster.

Cobertura: Cobertura de lana mineral

Se adquiere una cobertura comercial de lana mineral (nombre comercial: Rockwool® 234; espesor: 20 mm) de Rockwool Italia S.p.A. y se usa sin ningún tratamiento.

35 **Procedimientos**

Configuración del molde

40 La disposición del molde se muestra en las Figs. 2(a) y 2(b). En un molde 10 de aluminio (30 x 30 x 10 cm) con paredes mantenidas termostáticamente a 50 °C, se centra una placa 12 de acero de 20 x 20 cm (espesor 0,4 mm; revestimiento de acero inferior) a ~5 cm de las paredes del molde. Se ponen cuatro separadores 14 de aluminio de 20 x 10 x 10 cm en la parte superior de la placa 12 de acero y a lo largo de los bordes del molde; quedando un orificio 16 central de 10 x 10 x 10 cm en el molde 10.

45 Se unen cuatro tiras de cinta adhesiva 18 disponible en el mercado paralelamente a la placa 12 de acero a 45° con respecto a los bordes del molde 10 de aluminio en las esquinas superiores del orificio 16 central. Otra placa 20 de acero de 10 x 10 cm (espesor 0,4 mm; revestimiento de acero superior) se pone en las esquinas con cinta para cerrar el molde 10.

Después de 1 hora, la temperatura de los espaciadores 14 se verifica con un termopar; el molde 10 se cierra nuevamente hasta que la temperatura alcanza los 50 °C. Cuando se alcanza esta temperatura, se abre el molde 10 y

se retira temporalmente el revestimiento 20 de acero superior para verter espuma.

Producción de paneles a pequeña escala

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

5 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 con integridad estructural y capa de barrera térmica combinadas), la composición de polioliol o silicato soluble 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 16 central en el molde 10 encima del revestimiento de acero inferior 12/A.

10 Cuando se forme una segunda capa C de barrera contra incendios (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 encima de la primera capa B de barrera contra incendios en el orificio 16 central en el molde 10, no más de 20 s después de verter la primera capa de barrera contra incendios. Alternativamente, cuando se usa una cobertura (cobertura de aerogel de sílice o cobertura de lana mineral) como la segunda capa de barrera contra incendios, esta se pone suavemente encima de la primera capa de barrera contra incendios, no más de 20 s después del vertido.

15 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 s posteriores al vertido.

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

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

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

Este proceso se resume en la Fig. 3.

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

30 El daño se mide al final del ensayo como altura dañada. Se usa un ensayo a pequeña escala para proporcionar resultados indicativos.

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

35 Se producen elementos tipo sándwich de 60 x 60 x 8 cm con revestimiento metálico. La(s) capa(s) de barrera contra incendios se distribuye(n) sobre los revestimientos metálicos utilizando una máquina para hacer espuma de baja presión combinada con un dispositivo de cabezal de mezcla de pulverización de aire. Los revestimientos metálicos se ponen entonces en un molde. La mezcla de reacción de PIR se inyecta en el molde calentado utilizando una máquina para hacer espuma de alta presión.

40 *Caracterización de las propiedades de resistencia al fuego en el ensayo a media escala*

Los paneles tipo sándwich de 60 x 60 cm se ensayan utilizando 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 frente al tiempo en la posición central de la superficie. Los resultados del ensayo a media escala son más fiables que los del ensayo a pequeña escala.

45 **Ejemplos**

Ejemplo 1 - Capa de barrera de integridad estructural

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

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

5 Ejemplo Comparativo 1-3: un panel tipo sándwich multicapa como en la Fig. 1, donde la capa B es una capa adhesiva de poliuretano/poliisocianurato obtenida haciendo reaccionar el poliol Voramer MB 3171 con isocianato de PMDI. No hay capa C presente. La capa D es una espuma basada en Voratherm® CN 604.

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

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

15 Ejemplo Comparativo 1-6: un panel tipo sándwich multicapa como en la Fig. 1, donde la capa B es una capa adhesiva de poliuretano/poliurea obtenida haciendo reaccionar un prepolímero de isocianato (Hypol® JM 5002) con silicato soluble (solución de silicato de sodio al 37,1 % en peso en agua). No hay capa C presente. La capa D es una espuma basada en Voratherm® CN 604.

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

Ejemplo 2 - Capa de barrera térmica

25 Ejemplo 2-1 (comparativo): un panel tipo sándwich multicapa como en la Fig. 1, donde la capa B es una capa adhesiva de poliuretano/poliisocianurato obtenida haciendo reaccionar Voramer® MB 3171 cargado de microesferas huecas de sílice 3M S35 (18 % en peso de la composición total, es decir, la capa B en su conjunto), con un PMDI de funcionalidad 2,7. La capa C no está presente. La capa D es una espuma basada en Voratherm® CN 604.

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

35 Ejemplo 2-3 (comparativo): un panel tipo sándwich multicapa como en la Fig. 1, donde la capa B es una capa adhesiva de poliuretano obtenida haciendo reaccionar un poliol que contiene aerogel de sílice e isocianato. Como un poliol, se utiliza Voranol® CP 450 cargado de partículas micrométricas de Cabot Nanogel®. El contenido de aerogel de sílice con respecto a la composición dispersada (capa B en su conjunto) es del 3,8 % en peso. Como un isocianato, se utiliza un PMDI de funcionalidad 2,7. La capa C no está presente. La capa D es una espuma basada en Voratherm® CN 604.

40 Ejemplo 2-4 (comparativo): un panel tipo sándwich multicapa como en la Fig. 1, donde 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 cobertura de aerogel de sílice Thermal Wrap® de 100 x 100 x 6 mm. La capa D es una espuma basada en Voratherm® CN 604.

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

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

55 Ejemplo comparativo 2-7: un panel tipo sándwich multicapa como en la Fig. 1, donde 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 cobertura de lana mineral Rockwool® 234 de 100 x 100 x 20 mm. La capa D es una espuma basada en Voratherm® CN 604.

Ejemplo 3 - Capa de barrera de integridad estructural y capa de barrera térmica combinadas

5 Ejemplo 3-1 (comparativo): un panel tipo sándwich multicapa como en la Fig. 1, donde la capa B es una capa adhesiva de PU/PIR obtenida haciendo reaccionar Voramer® MB 3171 cargado con la composición de ceramización Ceram Polymerik FM3H® (40 % en peso de la composición global, es decir, la capa B en su conjunto) y las microesferas de sílice huecas (11) % en peso de la composición global, es decir, la capa B en su conjunto) con un PMDI funcional bajo. No hay capa C presente. La capa D es una espuma basada en Voratherm® CN 604.

10 Ejemplo 3-2 (comparativo): un panel tipo sándwich multicapa como en la Fig. 1, donde 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 soluble (solución de silicato de sodio al 37,1 % en agua) de partículas micrométricas de aerogel de sílice Cabot Nanogel® y un tensioactivo disponible en el mercado con el nombre de Pluronic P105. El contenido de aerogel de sílice con respecto a la composición dispersada (capa B en su conjunto) es del 4 % en peso, mientras que el de tensioactivo es del 1,6 % en peso. No hay capa C presente.

La capa D es una espuma basada en Voratherm® CN 604.

15 Ejemplo 3-3 (comparativo): un panel tipo sándwich multicapa como en la Figura 1, donde la capa B es una capa adhesiva de PU/PIR obtenida haciendo reaccionar Voramer® MB 3171 cargado 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 de funcionalidad 2,7. La capa C es una cobertura de aerogel de sílice Thermal Wrap® de 100 x 100 x 6 mm. La capa D es una espuma basada en Voratherm® CN 604.

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

20

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

TABLA 1

	Ej. 2-1 (comp)	Ej. 2-2 (comp)	Ej. 2-3 (comp)	Ej. 2-4 (comp)	Ej. 2-5 (comp)	Ej. 2-6 (ejemplo de la invención)	Ej. Comp. 2-7	Ej. 3-1 (comp)	Ej. 3-2 (comp)	Ej. 3-3 (comp)
Composición de espuma PIR (partes en peso)										
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
Isocianato de PMDI Voranate® M 600 n-pentano	171 12	171 12	171 12	171 12	171 12	171 12	171 12	171 12	171 12	171 12
Composición de barrera contra incendios (partes en peso)										
Poliol Voramer® MB 3171	100	100		100	100	100	100	100		100
Poliol Voranol® CP 450			100							
Ceram Polymerik® FM3H					223			180		
Microesferas huecas de sílice 3M	50							50		50
Nanogel Cabot®		10	10						6,25	
Grafito expandible						25				
Pluronic P105									2,5	
Silicato soluble									100	
Isocianato Hypol® JM 5002									47	
Isocianato de PMDI Voranate® M 220	123	123	150	123	123	123	123	123		123
Cobertura de aerogel de sílice Thermal Wrap®				Sí	Sí					Sí
Cobertura de lana mineral							Sí			

	Ej. 2-1 (comp)	Ej. 2-2 (comp)	Ej. 2-3 (comp)	Ej. 2-4 (comp)	Ej. 2-5 (comp)	Ej. 2-6 (ejemplo de la invención)	Ej. Comp. 2-7	Ej. 3-1 (comp)	Ej. 3-2 (comp)	Ej. 3-3 (comp)
Cantidad de aditivo en el reactivo (% en peso)	33	9	9		69	20		54,5 (ceram) 15,1 (microesferas de sílice huecas)	5,7	33
Cantidad de aditivo en la composición de barrera contra incendios (% en peso)	18	4,3	3,8		50	10		40 (ceram) 11 (microesferas de sílice huecas)	4	18

TABLA 2

Resultados de los Ejemplos 1 a 3 y discusión

Las temperaturas internas de las muestras después de 15 y 30 minutos de exposición a la llama en el ensayo de incendio a pequeña escala, junto con la altura del daño interno después de cortar la espuma, se muestran en la Tabla 3 (Ejemplo 1) y en la Tabla 4 (Ejemplos 2 y 3).

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

El ensayo de incendio a pequeña escala implica condiciones severas porque el termopar de ensayo está a solo 5 cm de la fuente de la llama. Por lo tanto, el efecto de barrera contra incendios no se aplica hasta pasados 30 minutos.

Muestra	Temperatura después de 15 min (°C)	Temperatura después de 30 min (°C)	Altura del daño (mm)
Ej. 1-1 (comp)	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 (comp)	69	206	No medido

TABLA 3

10

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

TABLA 4

La temperatura en el lado "frío" del sándwich expuesto al ensayo de resistencia al fuego a media escala después de 15, 30 y 40 minutos se muestra en la Tabla 5 (Ejemplo 1-1, Ejemplo comparativo 1-2, Ejemplos 2-1 y 2-2).

15

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

TABLA 5

5 A partir de las Tablas 3 y 4 se puede ver que están presentes los materiales tanto de barrera de integridad estructural como de barrera térmica (híbridos o por separado) (Ejemplos 2-1, 2-5 y 3, todos comparativos), obteniéndose muy buenos resultados en el ensayo de incendio a pequeña escala. Las temperaturas después de 15 minutos están en el intervalo de 46 a 69 °C. La altura del daño (donde se mide) está en el intervalo de 55 a 61 mm. Esto se compara con una temperatura después de 15 minutos de 108 °C y una altura del daño de 63 mm para el control con una APL no modificada (Ejemplo Comparativo 1-3).

10 A partir de la Tabla 3 también se puede ver que una barrera contra incendios que incluye una dispersión de la composición de ceramización en PU/PIR como el material de barrera de integridad estructural dio la altura de daño más baja (62 mm) y una temperatura más baja después de 15 minutos (73 °C) que las barreras contra incendios con caolín o cemento Portland (Ejemplo 1-1, comparativo, y los Ejemplos Comparativos 1-4 y 1-5). También se alcanzó una temperatura baja después de 15 minutos (69 °C) usando una barrera contra incendios que incluye una dispersión de fibras de vidrio troceadas en PU/PIR como material de barrera de integridad estructural. Se usan caolín y cemento Portland como cargas en el documento WO2006010697.

15 A partir de la Tabla 4 también se puede ver que el uso de una cobertura de aerogel de sílice dio una altura de daño menor (64 mm) y una temperatura más baja después de 15 minutos (69 °C) en comparación con el uso de una cobertura de lana mineral (Ejemplo 2-4, comparativo, y el Ejemplo Comparativo 2-7).

20 A partir de la Tabla 5 se puede ver que las microesferas de sílice huecas (Ejemplo 2-1, comparativo), el aerogel (Ejemplo 2-2, comparativo) y una dispersión de grafito expandible en PU/PIR (Ejemplo 2-6, ejemplo de la invención) proporcionaban un buen rendimiento en el ensayo de incendio a media escala. Los resultados a los 15 minutos en el ensayo de incendio a media escala son menos significativos que los obtenidos a los 30 y 40 minutos. Se encontró que la barrera contra incendios del Ejemplo 2-1 (comparativo) retrasa el fallo del aislamiento en aproximadamente 20 minutos, lo que conduce a un rendimiento I = 55 (ensayo EN mencionado anteriormente). Las observaciones de los paneles quemados mostraron un carbón denso y coherente en el lado expuesto, con grietas de profundidad reducida en la espuma de PIR que hay debajo.

30 Los paneles de las realizaciones preferidas de la invención hacen uso de un concepto de multicapas y multifunción para combinar la barrera de integridad estructural y las propiedades de barrera térmica. Se logran muy buenas propiedades de resistencia al fuego. Es más, los paneles de las realizaciones preferidas de la invención son fáciles de fabricar. Esta es una mejora en comparación con el documento WO2006010697, donde la química del silicato soluble es difícil de usar en un proceso de producción continuo debido a la falta de adhesión entre las capas de metal y las basadas en silicato soluble. El uso de PU/PIR en las barreras contra incendios de las realizaciones de la invención permite una buena adhesión al revestimiento metálico y al núcleo de espuma de PIR.

35 Si bien la invención se ha descrito con referencia a las realizaciones preferidas ilustradas y los Ejemplos, el experto apreciará que son posibles diversas modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un panel (22) que comprende:
- un revestimiento metálico (12, A);
 - una capa de espuma aislante (D); y
- 5 al menos una capa de barrera contra incendios (B, C) entre el revestimiento metálico (12, A) y la capa de espuma (D), comprendiendo la(s) capa(s) de barrera contra incendios (B, C) una dispersión de grafito expandible en una matriz de polímero de poliuretano/poliisocianurato que tiene un índice de isocianato 1,8 o mayor, en donde la capa de barrera contra incendios (B, C) tiene un espesor de 2 a 20 mm.
- 10 2. Un panel (22) según la reivindicación 1, en donde la capa de barrera contra incendios (B, C) es continua y está unida continuamente al revestimiento metálico (12, A) y a la capa de espuma aislante (D).
3. Un método para formar un panel (22) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende las etapas de:
- proporcionar un primer revestimiento metálico (12, A) con al menos una capa de barrera contra incendios (B, C);
 - aplicar una capa de espuma aislante (D) en forma de una mezcla de reacción líquida a la(s) capa(s) de barrera
- 15 contra incendios (B, C); y
- aplicar un segundo revestimiento metálico (20, A) a la capa de espuma aislante (D).
4. Un método según la reivindicación 3, en donde al menos una capa de barrera contra incendios (B, C): (a) se aplica en forma de una mezcla de reacción líquida, o (b) se aplica en forma sólida.
- 20 5. Un método según la reivindicación 4(a), en donde la mezcla de reacción líquida comprende una dispersión en una mezcla de reacción basada en isocianato de grafito expandible.

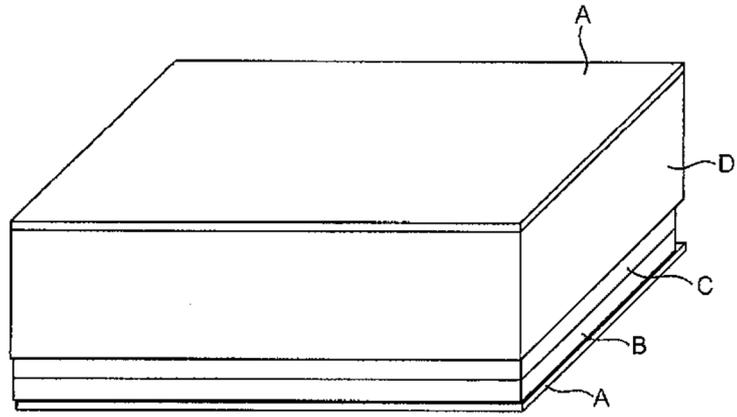


FIG. 1

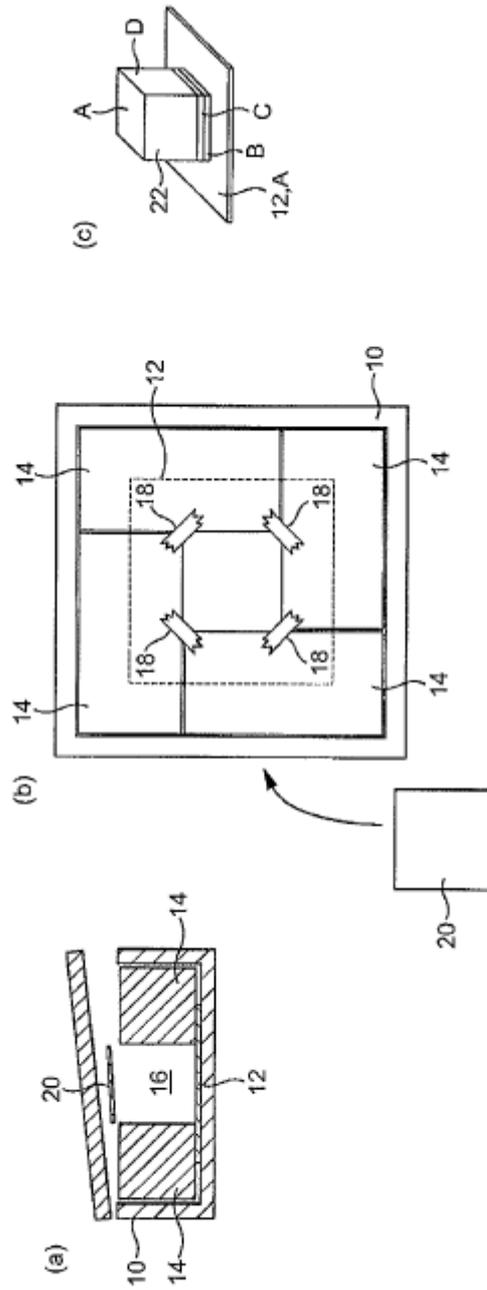


FIG. 2

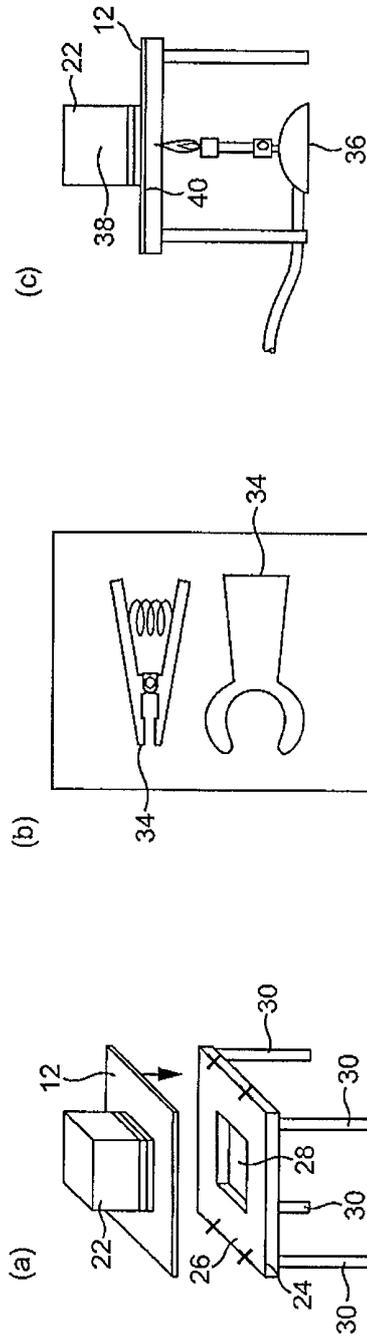


FIG. 3

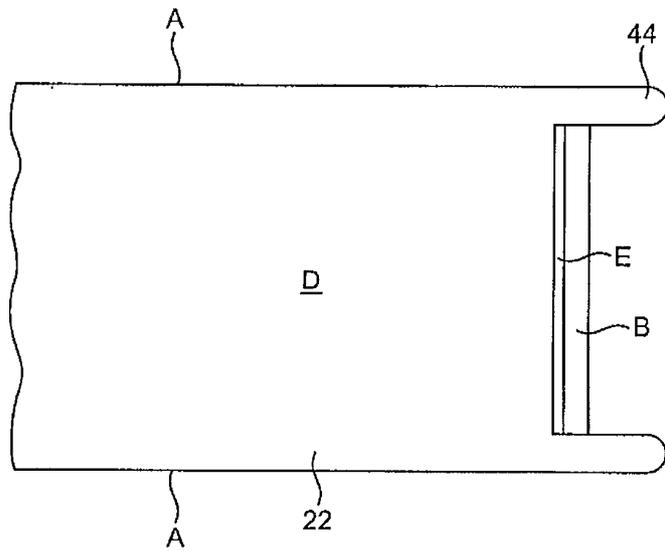


FIG. 4

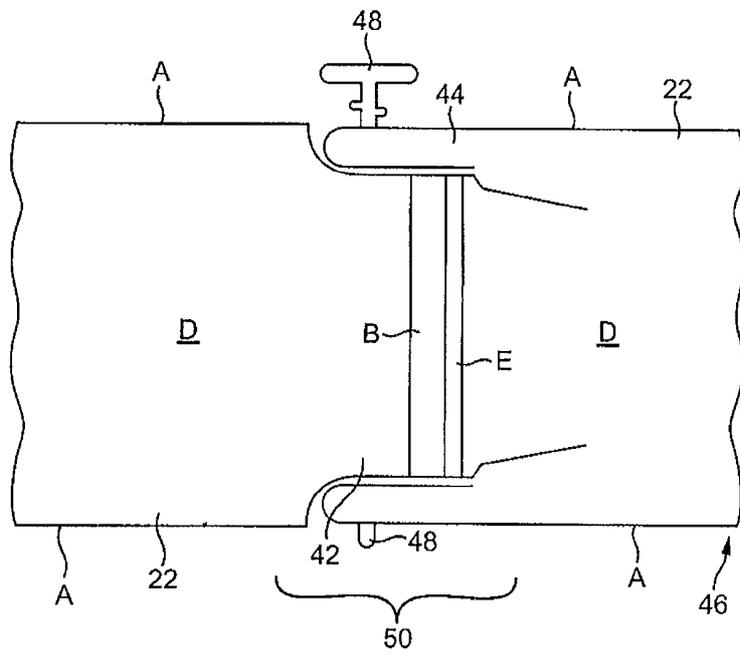


FIG. 5