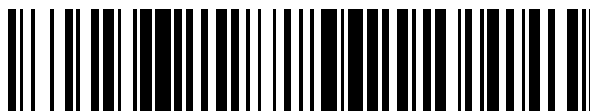


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 705 826**

51 Int. Cl.:

E04C 2/296 (2006.01)

E04F 13/08 (2006.01)

E04F 13/12 (2006.01)

E04B 1/76 (2006.01)

E04F 13/073 (2006.01)

E04B 1/94 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.05.2013 PCT/US2013/042797**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.12.2013 WO13184425**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2013 E 13730393 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 2850258**

54 Título: **Sistema de aislamiento de paredes de espuma**

30 Prioridad:

07.06.2012 US 201261656541 P

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

26.03.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SAGNARD, ALAIN y
MASSUEGER, LARS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 705 826 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

Sistema de aislamiento de paredes de espuma

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un sistema de pared térmicamente aislante que comprende espuma polimérica termoplástica.

Introducción

10 La patente de Estados Unidos US 6363676 describe un sistema prefabricado de paneles constructivos estructurales. La solicitud de patente europea EP 1518972 A1 describe un elemento para revestir o cubrir un entramado para paredes y tejados de edificios.

15 El documento DE 8426763 U1 describe un panel ETICS que comprende un tablero de espuma de poliestireno A y nervios de material de barrera a la fusión B que se extienden horizontalmente a través de la anchura del tablero de espuma de poliestireno. El documento WO 2010/123335 A1 describe un panel de fachada que comprende una capa de lana mineral 3, un tablero de espuma de poliestireno 2 y un revestimiento metálico 1 unido al exterior de la superficie del tablero de espuma de poliestireno y que cubre la superficie externa.

Los documentos US 4837999 A y FR 2843144 A1 describen paneles constructivos que comprenden un tablero de espuma de poliestireno, nervios de material de barrera al fuego que se extienden horizontalmente a través de la anchura del tablero de espuma de poliestireno, y un revestimiento metálico.

20 A partir del 1 de julio de 2012, deben entrar en vigor nuevas normas que gobiernen las clasificaciones de los ensayos de exposición al fuego para material constructivo en Europa. Antes de esa fecha, las clasificaciones se determinaron clasificando el comportamiento del ensayo de exposición al fuego de componentes individuales de una estructura constructiva. Las nuevas normas requieren ensayos de sistemas constructivos que contengan todos los componentes juntos. Esto constituye un cambio de paradigma en los ensayos de comportamiento al fuego en Europa.

25 La nueva norma clasifica el comportamiento del ensayo de exposición al fuego según clasificaciones conforme a EN13501-1. Las clasificaciones para la construcción que excluyen solado y tubería lineal se clasifican en un intervalo de A1-F. Una clasificación de E o F corresponde a suspender el ensayo de exposición al fuego de EN13823. Las clasificaciones por encima de E (es decir, más próximas a A1 que a E) corresponden a aumentar el comportamiento resistente al fuego a medida que la clasificación se aproxima a A1. Para lograr una clasificación de D, C o B, un componente constructivo (excluyendo solado) debe pasar el ensayo EN13823.

30 Muchas estructuras constructivas que previamente pasaron las normas europeas del ensayo de exposición al fuego ya no son capaces de cumplir las clasificaciones requeridas conforme a las nuevas normas, dando como resultado la clasificación E o F conforme a la nueva norma. Por ejemplo, los sistemas aislantes de paredes de edificios que comprenden espuma de polímero termoplástico que han pasado previamente las normas europeas del ensayo de exposición al fuego son ahora incapaces de obtener una clasificación por encima de E conforme a EN13501-1.

35 Se desea identificar un sistema aislante térmico de paredes que comprenda la espuma de polímero termoplástico que pueda lograr una clasificación superior a E conforme a EN13501-1. Se desea además proporcionar dicho sistema aislante de paredes de edificios que sea de peso tan ligero como sea posible para facilitar la instalación. Es además aún deseable proporcionar dicho sistema aislante térmico de paredes de edificios que evite cortocircuitos térmicos a través de la pared para optimizar las propiedades del aislamiento térmico del sistema de pared.

Breve compendio de la invención

45 La presente invención proporciona un sistema de aislamiento basado en espuma de polímero termoplástico para la construcción de paredes de edificios que puede lograr una clasificación superior a E conforme a las nuevas normas europeas de clasificación EN 13501-1. La presente invención cumple además este objetivo mientras que evita cortocircuitos térmicos a través de la pared y usando materiales espumados para minimizar el peso.

50 El cambio en la clasificación de comportamiento al fuego requirió más que optimizar las propiedades retardantes de la llama de cada componente individual del sistema aislante. Más bien, la presente invención es un resultado de analizar cómo se comportan los sistemas de paredes de edificios completos que comprenden aislamiento de espuma de polímero termoplástico conforme a las condiciones del ensayo de EN13823 y luego rediseñar el sistema de paredes de edificios en conjunto para mejorar el comportamiento al ensayo. Sin desear quedar ligado a teoría, la presente invención trata un posible problema de que las estructuras de espuma termoplástica tienden a colapsar más rápidamente de lo deseado en las condiciones de ensayo de EN13823 que los fundidos de polímero termoplástico y forman canales verticales, canales verticales a través de los cuales se puede desplazar el fuego y calor para acelerar la descomposición de la espuma de polímero (efecto chimenea). El intentar encerrar simplemente

la espuma de polímero termoplástico más fuertemente de la fuente de llama demostró ser contraproducente, atrapando calor en la espuma y acelerando la fusión de la espuma y el efecto chimenea.

La presente invención proporciona un sistema de aislamiento específicamente diseñado para restringir el flujo del aislamiento de espuma de polímero termoplástico fundida verticalmente para la longitud de una pared para formar canales verticales que permiten un efecto chimenea.

En un primer aspecto, la presente invención es un sistema de aislamiento de pared como se define por la reivindicación 1.

La presente invención es útil para aislar paredes de edificios y servir de paredes de edificios. La invención es particularmente deseable para aislar paredes de edificios que logran una clasificación conforme a EN13501-1 de D o superior.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 ilustra una vista lateral de un sistema de pared térmicamente aislante de la presente invención.

La Figura 2 ilustra una vista desde arriba de un sistema de pared térmicamente aislante de la presente invención que forma una esquina interior, que incluye una estructura de soporte a la que se une el sistema de pared térmicamente aislante.

La Figura 3 ilustra una vista lateral de un sistema de pared térmicamente aislante de la presente invención.

La Figura 4 ilustra un ensamblaje de pared aislada que comprende múltiples sistemas de pared térmicamente aislantes de la Figura 3 ensamblados para formar una esquina interior.

Descripción detallada de la invención

Los métodos de ensayo se refieren al método de ensayo más reciente a partir de la fecha de prioridad de este documento, cuando no se indique una fecha con el número del método de ensayo. Las referencias a métodos de ensayo contienen tanto una referencia a la sociedad de ensayo como al número del método de ensayo. En la presente memoria se aplican las siguientes abreviaturas del método de ensayo e identificadores: ASTM se refiere a Sociedad americana para pruebas y materiales; EN se refiere a Norma europea; DIN se refiere a Instituto alemán de normalización (de la expresión alemana Deutsches Institut für Normung); e ISO se refiere a La Organización internacional de normalización.

"Múltiples" significa dos o más. "Y/o" significa "y, o como alternativa". Todos los intervalos incluyen puntos extremos, a menos que se indique lo contrario.

"Polímero", a menos que se indique lo contrario, se refiere a tanto homopolímero como a copolímero. A menos que se indique lo contrario, "copolímero" incluye copolímero de bloque, copolímero de injerto, copolímero alternante y copolímero al azar.

"Superficie primaria" se refiere a una superficie de un artículo que tiene un área superficial plana igual o superior a cualquier otra superficie del artículo. Área superficial plana es el área de una superficie que se proyecta sobre un plano para excluir la contribución de contornos (picos y valles) en la superficie.

"Vertical" se refiere al alineamiento paralelo al campo gravitatorio terrestre en la localización del artículo al que se hace referencia. "Horizontal" se refiere al alineamiento perpendicular al campo gravitatorio terrestre en la localización del artículo al que se hace referencia. "Verticalmente orientado" y "no horizontal" son sinónimos y se refieren a una orientación que tiene una componente vertical, preferiblemente completamente vertical. Por ejemplo, cualquier cosa que no sea perfectamente horizontal está verticalmente orientada.

"Altura", "anchura" y "espesor" son dimensiones mutuamente perpendiculares de un artículo. "Altura" se refiere a una dimensión en la dirección vertical. Para hojas, tableros y otros artículos que tienen superficies primarias opuestas, "espesor" se refiere a una dimensión que se extiende perpendicular a y que se extienden entre las superficies primarias opuestas y es igual a la magnitud más pequeña de la altura, anchura y espesor de un artículo.

Para el sistema de aislamiento de pared de la presente invención, términos tales como vertical, horizontal y altura corresponden al sistema de aislamiento de pared como se orienta para su uso en una pared y se prueba según EN13823. Aunque el sistema puede ser devuelto esencialmente a cualquier orientación antes de la unión a una pared, el intento es que dicha orientación esté dentro del alcance de la presente invención si el sistema se instala, o se pretende instalar, y se ensaya para el comportamiento al fuego en una orientación como se describe en la presente memoria.

El sistema de aislamiento de pared de la presente invención comprende un tablero de espuma de polímero termoplástico; es decir, una espuma de polímero termoplástico en forma de un tablero.

La espuma de polímero termoplástico comprende una matriz continua de fase de polímero termoplástico que define múltiples celdillas o vacíos definidos en ella. La espuma de polímero puede ser espuma de celdillas abiertas o espuma de celdillas cerradas. Una espuma de celdillas abiertas tiene un contenido de celdillas abiertas de 30 por ciento (%) o más, y puede tener un contenido de celdillas abiertas de 50 % o más, 60 % o más, 70 % o más 80 % o más, 90 % o más, 95 % o más, y puede tener 100 % de contenido de celdillas abiertas. La espuma de celdillas cerradas tiene un contenido de celdillas cerradas inferior a 30 %, y puede tener un contenido de celdillas abiertas de 20 % o menos, 10 % o menos, 5 % o menos, y puede tener cero por ciento de contenido de celdillas cerradas. Determinar el porcentaje de contenido de celdillas cerradas según el método D6226-05 de la Sociedad americana para pruebas y materiales (ASTM). Deseablemente, la espuma de polímero termoplástico es espuma de celdillas cerradas para ser más térmicamente aislante. La espuma de polímero termoplástico tiene deseablemente una densidad de 25 kilogramos por metro cúbico (kg/m^3) o más, preferiblemente 30 kg/m^3 o más, y al mismo tiempo es deseablemente 90 kg/m^3 o menos, preferiblemente 60 kg/m^3 o menos y todavía más preferiblemente 40 kg/m^3 o menos. Determinar la densidad de la espuma según ASTM D1622-08.

Los polímeros termoplásticos adecuados que pueden formar la matriz de fase continua de la espuma de polímero termoplástico incluyen uno cualquiera o cualquier combinación de más de un polímero termoplástico. Son adecuados polímeros olefínicos, homopolímeros aromáticos de alqueniolo y copolímeros que comprenden tanto componentes olefínicos como aromáticos de alqueniolo. Ejemplos de polímeros olefínicos adecuados incluyen homopolímeros y copolímeros de etileno y propileno.

Deseablemente, el núcleo de espuma es un núcleo de espuma polimérica que tiene una matriz de polímero que comprende o que consiste en uno o más de un polímero aromático de alqueniolo. Un polímero aromático de alqueniolo es un polímero que contiene monómeros aromáticos de alqueniolo polimerizados en la estructura de polímero. El polímero aromático de alqueniolo puede ser homopolímeros, copolímeros o mezclas de homopolímeros y copolímeros. Los copolímeros aromáticos de alqueniolo pueden ser copolímeros al azar, copolímeros alternantes, copolímeros de bloque o cualquier combinación de los mismos, y pueden ser lineales, ramificados o una mezcla de los mismos.

Los polímeros estirénicos son polímeros aromáticos de alqueniolo particularmente deseables. Los polímeros estirénicos tienen monómero de estireno polimerizado en el esqueleto de polímero e incluyen homopolímero de estireno, copolímero y sus mezclas.

Ejemplos de copolímeros estirénicos adecuados para la presente invención incluyen copolímeros de estireno con uno o más de los siguientes: ácido acrílico, ácido metacrílico, ácido etacrílico, ácido maleico, ácido itacónico, acrilonitrilo, anhídrido maleico, acrilato de metilo, acrilato de etilo, acrilato de isobutilo, acrilato de n-butilo, metacrilato de metilo, acetato de vinilo y butadieno.

El copolímero de estireno-acrilonitrilo (SAN) es un polímero aromático de alqueniolo particularmente deseable para su uso en la presente invención debido a su facilidad de fabricación y disponibilidad de monómeros. El copolímero SAN puede ser un copolímero de bloque o un copolímero al azar, y puede ser lineal o ramificado. SAN tiene una mayor temperatura de distorsión térmica que el homopolímero de poliestireno, que proporciona espuma que tiene una mayor temperatura de uso que la espuma de homopolímero de poliestireno. Las realizaciones deseables del presente proceso emplean composiciones de polímero que comprenden, incluso consisten en, SAN. El uno o más polímeros aromáticos de alqueniolo, incluso la composición de polímero en sí, pueden comprender o consistir en una mezcla de polímeros SAN con otro polímero tal como homopolímero de poliestireno.

Si la composición de polímero contiene solo SAN, o SAN con otros polímeros, el componente de acrilonitrilo (AN) de SAN está deseablemente presente a una concentración de uno por ciento en peso (% en peso) o más, preferiblemente cinco % en peso o más, más preferiblemente diez % en peso o más, basado en el peso de todos los polímeros termoplásticos en la matriz de polímero termoplástico. El componente AN de SAN está deseablemente presente a una concentración de cincuenta % en peso o menos, normalmente treinta % en peso o menos, basado en el peso de todos los polímeros termoplásticos en la matriz de polímero termoplástico.

La espuma de polímero termoplástico puede ser cualquier tipo de espuma de polímero termoplástico en el alcance más amplio de la presente invención que incluye tanto espuma extruida como expandida, sin embargo, la espuma extruida es la más deseable. La espuma expandida, tal como la espuma de poliestireno expandido (EPS), comprende múltiples componentes de espuma, tales como perlas o hebras, de espuma expansible que generalmente se expanden dentro de una restricción (por ejemplo, dentro de un molde o entre placas restrictivas) para forzar las estructuras de espuma de expansión juntas de manera que se fusionen entre sí para formar una estructura de espuma compuesta. Las espumas expandidas se caracterizan por que tiene una piel de polímero que se extiende a través de la espuma de polímero y grupos circundantes de las celdillas de espuma. Estas pieles corresponden a las superficies de los componentes de espuma de expansión que se ponen en contacto y fusionan juntos durante la expansión y el moldeo del material compuesto de espuma resultante. La piel de polímero tiene una mayor densidad y/o espesor que las paredes celulares en promedio o la estructura de espuma resultante en promedio. La espuma de perlas expandida y la espuma de hebras son dos tipos de espumas de polímero expandidas. La espuma de perlas expandida comprende múltiples perlas de espuma que se expanden y fusionan juntas para formar una estructura de espuma que tiene agrupaciones de celdillas encerradas en cubiertas de piel de

polímero correspondientes a la superficie de las perlas individuales. La espuma de hebras comprende múltiples hebras de espuma de polímero de expansión que se ponen en contacto entre sí y se fusionan juntas dando como resultado una estructura de espuma que tiene agrupación de celdillas dentro de las pieles de polímero que generalmente se extienden en una dimensión de la espuma resultante.

5 A diferencia de la espuma de polímero expandido, las espumas de polímero extruido, tales como la espuma de poliestireno extruido (XPS), se preparan extruyendo y expandiendo una única masa de polímero de expansión en espuma de polímero que está libre de redes de piel de polímero que tienen una densidad o espesor superior a la densidad promedio de la pared celular o espuma que se extiende a través de la espuma de polímero y que encierra grupos de celdillas. La espuma de polímero extruido se expande desde una única masa de polímero en vez de
10 resultar de la fusión de múltiples masas de expansión juntas. Cada masa de expansión tiene una piel de densidad relativamente gruesa o alta a su alrededor. Por tanto, la espuma de polímero expandida tiene redes de esta piel por toda la espuma, mientras que la espuma de polímero extruido solo tiene dicha piel alrededor de su superficie externa.

15 La espuma de polímero extruido tiende a ser un mejor aislante térmico y más resistente a la humedad que la espuma de polímero expandido. La red de piel de polímero de densidad relativamente alta puede dar como resultado cortocircuitos térmicos por toda la espuma de polímero, que están ausentes en la espuma extruida. La humedad también puede encontrar su camino a través de vacíos a lo largo de pieles fusionadas que forman una red por toda la espuma expandida y no deseablemente dan como resultado tanto una disminución en el aislamiento térmico como otros problemas asociados a la humedad. Por tanto, la espuma de polímero extruido puede ser
20 deseable para su uso como la espuma de polímero termoplástico de la presente invención cuando la resistencia a la humedad y el aislamiento térmico óptimo sean de importancia primaria. En dicho caso, la espuma de polímero termoplástico es lo más deseablemente espuma de poliestireno extruido de celdillas cerradas.

25 La espuma de polímero termoplástico está en forma de un tablero, que tiene dimensiones mutuamente perpendiculares de altura, anchura y espesor, y que se oponen dentro y fuera de las superficies primarias. La oposición dentro y fuera de las superficies primarias es sustancialmente paralela entre sí.

El sistema de aislamiento de paredes comprende además nervios de material de barrera a la fusión. En la presente memoria, un "nervio" se refiere a una tira o longitud. Por tanto, un nervio de material de barrera a la fusión se refiere a una tira o longitud de material de barrera de nervios. Los nervios de material de barrera a la fusión cumplen al menos dos funciones cuando el sistema de aislamiento de paredes de la presente invención se expone al fuego: (1)
30 inhibe o previene el flujo libre de espuma fundida de polímero termoplástico a la fuente de fuego dentro del aislamiento de paredes; y (2) inhibe o previene que surjan llamas dentro del sistema de aislamiento de paredes, particularmente en lo que se puede describir como un efecto chimenea donde el aumento de aire hace subir las llamas intensas dentro de un área cerrada. Por tanto, se desea que los nervios de material de barrera a la fusión permanezcan intactos durante un mayor periodo de tiempo que el tablero de espuma de polímero termoplástico cuando el sistema de aislamiento de paredes se expone al calor y fuego. Preferiblemente, los nervios de material de barrera a la fusión permanecen intactos durante toda la duración de la exposición a un fuego, al menos durante el ensayo especificado para la clasificación de EN 13501-1. A ese respecto, el material de barrera a la fusión o bien se descompone en lugar de fundirse o bien tiene una temperatura de fusión de 800 grados Celsius (°C) o mayor, preferiblemente 1000 °C o mayor.

40 En el alcance más amplio de la invención, el material de barrera a la fusión se puede preparar de, por ejemplo, uno cualquiera o combinación de materiales seleccionados de polímero, metal o mineral. Al mismo tiempo, el material de barrera a la fusión puede ser sólido, fibroso o celular. Deseablemente, el material de barrera es espuma (es decir, un material celular que tiene una matriz continua de material que define una pluralidad de celdillas en su interior) que está hecho de polímero, metal, mineral o cualquier combinación de los mismos. El material de barrera a la fusión es deseablemente espuma para minimizar el peso del sistema aislante y para lograr la resistencia térmica más alta posible a través del sistema de aislamiento de paredes. En particular, el material de barrera a la fusión es deseablemente una forma de espuma de un material que es un mal material aislante térmico tal como una espuma polimérica, espuma de vidrio o espuma mineral (tal como sílice) para maximizar la resistencia térmica. Por ejemplo, un material de barrera a la fusión deseable se selecciona de espuma de poliisocianurato de espuma fenólica, vidrio espumado o espuma de silicato tal como un aerogel. El material de barrera a la fusión puede estar libre de fibras minerales tales como lana mineral (tal como lana de roca o lana mineral), metal, o tanto fibras minerales como metal.

Deseablemente, el material de barrera a la fusión es una espuma polimérica, tal como una espuma de poliisocianurato, que tiene un contenido de celdillas cerradas inferior a 30 por ciento (%), preferiblemente inferior a 20 %, más preferiblemente 10 % o menos, todavía más preferiblemente 5 % o menos y lo más preferiblemente 2 %
55 o menos como se ha determinado por ASTM D6226-05 para optimizar las propiedades de aislamiento térmico a través del material de barrera a la fusión. Para mantener el peso del sistema de aislamiento de paredes a un mínimo, también se desea que el material de barrera a la fusión tenga una densidad de 50 kilogramos por metro cúbico (kg/m^3) o menos, preferiblemente 45 kg/m^3 o menos, y puede ser 40 kg/m^3 o menos. Al mismo tiempo, es deseable que el material de barrera a la fusión tenga una densidad de 30 kg/m^3 o más, más deseablemente 35 kg/m^3 o más y puede ser 40 kg/m^3 o más o incluso 45 kg/m^3 o más para optimizar la integridad estructural cuando se expone a llamas. Determinar la densidad de la espuma según ASTM D1622-08.

5 Los nervios de material de barrera a la fusión se extienden horizontalmente a través de la anchura del tablero de espuma de polímero termoplástico. Normalmente, los nervios de material de barrera a la fusión residen entre tableros de espuma de polímero termoplástico individuales, pero se pueden extender dentro de un tablero de espuma de polímero termoplástico individual. "Se extienden a través de la anchura del tablero de espuma de polímero termoplástico" significa a través de al menos 75 por ciento (%), preferiblemente 80 % o más, más preferiblemente 90 % o más de la anchura del tablero de espuma de polímero termoplástico. Deseablemente, los nervios de material de barrera a la fusión se extienden completamente a través de la anchura del tablero de espuma de polímero termoplástico. Los nervios de material de barrera a la fusión se pueden extender continua o discontinuamente a través de la anchura del tablero de espuma de polímero termoplástico. Es decir, siempre que un nervio de material de barrera a la fusión resida a través de la anchura de un tablero de espuma, se puede extender como un único nervio o como múltiples nervios separados entre sí o remotos entre sí, a condición de que en su total los múltiples nervios que se extienden a través de un tablero de espuma de polímero termoplástico abarquen la anchura especificada a través del tablero de espuma de polímero termoplástico.

15 Los nervios de material de barrera a la fusión se extienden al menos 75 por ciento (%), preferiblemente 80 % o más, más preferiblemente 90 % o más del espesor del tablero de espuma de polímero termoplástico. Los nervios de material de barrera a la fusión se pueden extender completamente a través del espesor del tablero de espuma de polímero termoplástico.

20 Cada nervio de material de barrera a la fusión se extiende al menos 30 milímetros (mm) y preferiblemente se extiende al menos 50 mm, y se puede extender 75 mm o más e incluso 100 mm o más en la dimensión de la altura del tablero de espuma de polímero termoplástico (la dimensión que se extiende verticalmente). Al mismo tiempo, cada nervio de material de barrera a la fusión generalmente se extiende 300 mm o menos, preferiblemente 100 mm o menos y se pueden extender 75 mm o menos en la dimensión de la altura del tablero de espuma de polímero termoplástico.

25 Existe un nervio a través de la anchura del tablero de espuma de polímero termoplástico en cualquiera distancia de 50 centímetros a lo largo de la altura del tablero de espuma. La separación entre nervios de material de barrera a la fusión en la dimensión de la altura del tablero de espuma de polímero termoplástico como se mide centro a centro es deseablemente 50 centímetros o menos y puede ser 40 centímetros o menos, incluso 30 centímetros o menos. El sistema de aislamiento de paredes puede comprender un nervio de material de barrera a la fusión en la parte superior y no en la inferior, en la parte inferior y no en la superior, en tanto la parte superior como la inferior, o ni la parte superior ni la inferior del sistema de aislamiento de paredes. "Parte superior" se refiere al borde más alto del sistema de aislamiento de paredes. "Parte inferior" se refiere al borde más bajo del sistema de aislamiento de paredes.

35 Los nervios de material de barrera a la fusión se pueden unir al tablero o tableros de espuma de polímero termoplástico a través de los cuales se extienden los nervios. Alternativamente, los nervios pueden no unirse y permanecer fijamente independientes del tablero o tableros de espuma de polímero termoplástico a través de los que se extienden.

40 El tablero de espuma de polímero termoplástico de la presente invención puede realmente comprender múltiples tableros de espuma de polímero termoplástico individuales dispuestos juntos en una única compilación, particularmente cuando se instalan sobre una pared. Los nervios de material de barrera a la fusión pueden residir dentro de tableros de espuma termoplástica individuales, entre tableros de espuma termoplástica individuales, o tanto entre tableros de espuma de polímero termoplástico individuales como dentro de tableros de espuma termoplástica individuales. Los nervios de material de barrera a la fusión son contiguos al tablero o tableros de espuma adyacentes al nervio. Los nervios de material de barrera a la fusión se pueden adherir a o ser independientes de (es decir, libres de adhesión a) la espuma de polímero termoplástico a la que son contiguos.

45 El sistema de aislamiento de paredes comprende además un revestimiento metálico que cubre la superficie primaria externa, incluyendo cualquier nervio expuesto, del tablero de espuma de polímero termoplástico. Si el tablero de espuma de polímero termoplástico comprende una compilación de múltiples tableros de espuma de polímero termoplástico, el revestimiento metálico cubre la superficie primaria externa de los tableros de espuma de polímero termoplástico y cualquier nervio en o entre la compilación de tableros de espuma de polímero termoplástico. El revestimiento metálico está deseablemente hecho de aluminio (por ejemplo, lámina de aluminio), aunque se puede hacer de cualquier metal en el alcance más amplio de la presente invención. El revestimiento metálico tiene un espesor de al menos 0,45 milímetros y puede tener un espesor de 0,5 milímetros o más, 0,75 milímetros o más, 1,0 milímetro o más, incluso 1,5 milímetros o más. Al mismo tiempo, el revestimiento metálico generalmente tiene un espesor de tres milímetros o menos, y puede tener un espesor de dos milímetros o menos, un milímetro o menos, 55 0,75 milímetros o menos e incluso 0,5 milímetros o menos.

El material de revestimiento metálico se une al tablero de espuma de polímero termoplástico. Deseablemente, el material de revestimiento metálico se une a la superficie externa del tablero de espuma de polímero termoplástico usando un adhesivo. Los adhesivos adecuados incluyen adhesivos de epoxi y adhesivos de poliuretano.

Es deseable que el material de revestimiento metálico se moldee para definir un espacio o canal que se extiende

principalmente horizontalmente entre el material de revestimiento metálico y el tablero de espuma de polímero termoplástico y/o uno o más uno de los materiales de barrera a la fusión. "Principalmente horizontalmente" significa dentro de 30 grados, preferiblemente dentro de 15 grados, más preferiblemente dentro de cinco grados de la horizontal y lo más preferiblemente horizontalmente. Dicho espacio o canal puede recoger espuma de polímero fundida y evitar que la espuma de polímero fundida fluya hacia una fuente principal más baja y sirva de combustible para un fuego.

El material de revestimiento metálico está separado y libre del contacto con los nervios de material de barrera a la fusión de manera que si los nervios se expanden tras el calentamiento, los nervios expandidos no empujarán hacia afuera o deformarán el material de revestimiento metálico. Deseablemente, existe una separación de 0,5 milímetros (mm) o más, preferiblemente un mm o más, todavía más preferiblemente dos mm o más, aún más preferiblemente tres mm o más, entre los nervios y el material de revestimiento metálico. Al mismo tiempo, la separación generalmente es 20 mm o menos, normalmente 10 mm o menos, y puede ser cinco mm o menos entre los nervios y el material de revestimiento metálico.

Es concebible y está dentro del alcance más amplio de la presente invención preparar y proporcionar componentes e incluso sistemas de paredes completos que comprenden como única unidad tableros de espuma termoplástica que tienen nervios de material de barrera a la fusión que se extienden dentro de ellos y una chapa metálica de revestimiento que abarca una cara primaria de los tableros de espuma termoplástica.

El material de revestimiento metálico se puede proporcionar como un laminado a los tableros de espuma de polímero termoplástico antes del ensamblaje del sistema con los nervios de material de barrera a la fusión. Para facilitar el ensamblaje en dicha realización, el material de revestimiento metálico generalmente se extiende más allá de una superficie primaria de la espuma de polímero termoplástico a la que se ha laminado para formar una solapa de material de revestimiento metálico. Tras la instalación del sistema de aislamiento de paredes que comprende dicha solapa de material de revestimiento metálico, la solapa de material de revestimiento metálico se coloca sobre un nervio de material de barrera a la fusión que es contiguo al tablero de espuma polimérica próximo a la solapa y se superpone un material de revestimiento metálico laminado a un tablero de espuma polimérica posterior. Deseablemente, la solapa se une al material de revestimiento metálico que superpone. La solapa se puede asegurar mecánicamente a o a través del material de revestimiento metálico que superpone usando, por ejemplo, remaches o tornillos. Los remaches y/o tornillos se pueden extender a través de la solapa y en o a través del material de revestimiento metálico que superpone la solapa y se pueden extender adicionalmente dentro de la espuma de polímero termoplástico que cubre el revestimiento metálico superpuesto. El uso de remaches y/o tornillos es un método deseable para unir juntas las chapas metálicas de revestimiento. Opcionalmente, la solapa se asegura adicionalmente al material de revestimiento metálico que superpone por, por ejemplo, un adhesivo tal como un adhesivo de epoxi entre la solapa y el revestimiento metálico que superpone la solapa.

El material de revestimiento metálico puede ser plano, tal como con una lámina. Alternativamente, el material de revestimiento metálico puede tener una forma no plana, tal como una configuración de listón o cualquier otra forma deseable concebible o útil para el revestimiento metálico exterior en la industria de la construcción. Si el material de revestimiento metálico tiene una forma no plana, es posible que la espuma de polímero termoplástico se adapte a la forma no plana del revestimiento metálico para evitar huecos de aire entre el revestimiento metálico y la espuma de polímero termoplástico.

El sistema de aislamiento de paredes de la presente invención se puede usar como un sistema de aislamiento de paredes para esquinas, particularmente dentro de esquinas, que también está dentro del alcance de la presente invención. En una esquina, los dos sistemas de aislamiento de paredes como se describen en la presente memoria pueden ser contiguos el uno al otro en una esquina donde la pared cambia de dirección. En dicha realización se desea que estén alineados los nervios de material de barrera a la fusión en paredes contiguas para formar un nervio continuo desde una pared de la esquina hasta la otra pared que forma la esquina.

En una realización preferida, el sistema de aislamiento de paredes para las esquinas comprende una columna de material de barrera a la fusión que se extiende verticalmente a lo largo de una esquina con dos sistemas de aislamiento de paredes como se describe en la presente memoria que son mutuamente contiguos a la columna de material de barrera a la fusión, y con la columna de material de barrera a la fusión que se extiende la altura completa de al menos uno de los sistemas de aislamiento de paredes contiguas. Los sistemas de aislamiento de paredes que son contiguos a la columna de material de barrera a la fusión se pueden adherir al material de barrera a la fusión o ser independientes del material de barrera a la fusión. La columna de material de barrera a la fusión sirve para prevenir un efecto chimenea que ocurre en la esquina de la pared, que para esquinas interiores es una localización donde el efecto chimenea puede ser el más grave.

Para formar una esquina que tiene una columna de material de barrera a la fusión, los dos sistemas de aislamiento de paredes que colindan con la columna de material de barrera a la fusión forman un ángulo distinto de 180 grados el uno con respecto al otro (como se mide horizontalmente a través de una superficie primaria de los sistemas de aislamiento de paredes). El sistema de aislamiento de paredes para las esquinas forma deseablemente un ángulo de 135 grados o menos, 120 grados o menos, 100 grados o menos y puede ser 90 grados o menos, como se determina a partir del ángulo más pequeño como se mide horizontalmente a través de una superficie primaria,

preferiblemente la superficie primaria externa, de los sistemas de aislamiento de paredes (es decir, la superficie primaria que comprende el revestimiento metálico. Al mismo tiempo, el sistema de aislamiento de paredes para las esquinas forma un ángulo de 30 grados o más y preferiblemente 45 grados o más, como se mide horizontalmente a través de una superficie primaria, preferiblemente la superficie primaria externa, de los sistemas de aislamiento de paredes. Para evitar duda, la superficie primaria externa del sistema de aislamiento de paredes es la superficie primaria más próxima a la superficie primaria externa del tablero de espuma de polímero termoplástico del sistema de aislamiento de paredes.

El sistema de aislamiento de paredes de la presente invención se puede unir a una estructura de soporte de paredes de edificios para servir de al menos parte de una pared aislada de un edificio. Para instalación sobre una estructura de soporte de paredes, la superficie primaria externa del sistema de aislamiento de paredes (o tablero de espuma de polímero termoplástico) se monta lo más próxima a (por ejemplo, directamente contra) la estructura de soporte de paredes en comparación con la superficie primaria externa del sistema de aislamiento de paredes (o tablero de espuma de polímero termoplástico).

Cualquier estructura de soporte de paredes es adecuada para el alcance más amplio de la presente invención. Por ejemplo, el sistema de aislamiento de paredes de la presente invención se puede unir mediante paredes de edificios existentes de cualquier tipo que incluye sobre pared de bloques de mampostería, cemento colado, estructuras de pared de madera y estructuras de pared de metal. Un ejemplo de estructuras de soporte de paredes adecuadas incluye estructuras de "barras" que comprenden una serie de travesaños separados entre sí y unidos a un cabezal (o placa superior) y pedestal (o placa inferior). Dentro de este ejemplo, el sistema de aislamiento de paredes se puede unir directamente a la serie de travesaños. Alternativamente, un material de revestimiento (por ejemplo madera contrachapada o tablero de virutas orientadas) puede cubrir la serie de travesaños y el sistema de aislamiento de paredes se puede unir al material de revestimiento. El sistema de aislamiento de paredes se puede unir a la estructura de soporte de paredes de algún modo adecuado para la industria de la construcción que incluye, como ejemplos, usando uno o cualquier combinación de más de uno de los siguientes: adhesivos químicos y elementos de fijación mecánicos tales como clavos, tornillos, grapas, remaches.

Ejemplos

La Figura 1 ilustra (no a escala) un sistema de aislamiento de paredes de la presente invención (Ejemplo 1) como se ve en dirección longitudinal que muestra las dimensiones de la altura y el espesor del sistema de aislamiento de paredes y los componentes. El sistema de aislamiento de paredes **10** comprende tableros de espuma de polímero termoplástico **20**, nervios de material de barrera a la fusión **30** y revestimiento metálico **40**. Los tableros de espuma de polímero termoplástico **20** son tableros de espuma de poliestireno extruido que tienen una densidad entre 35 y 40 kg/m³ y un espesor de 80 milímetros (por ejemplo, espuma de poliestireno extruido de la marca STYROFOAM™ LB-X, STYROFOAM es una marca registrada de The Dow Chemical Company). Los nervios de material de barrera a la fusión **30** son espuma de poliisocianurato de celdillas cerradas que tienen una densidad de 45 kg/m³ (por ejemplo, espuma de la marca TARECPIR™ M1-CR, TARCPIR es una marca registrada de Kingspan Tarec). Los nervios de material de barrera a la fusión tienen un espesor y una altura de 80 milímetros y se extienden toda la anchura de la espuma de polímero termoplástico. El revestimiento metálico **40** es una lámina de aluminio plana que tiene un espesor de 0,45 milímetros. El revestimiento metálico **40** se adhiere a los tableros de espuma de polímero termoplástico **20** usando un adhesivo de poliuretano (no mostrado). El revestimiento metálico **40** incluye la solapa **45** que se extiende desde la parte inferior de los tableros de espuma de polímero termoplástico **20**, abarca un nervio contiguo de material de barrera a la fusión **30** y superpone el revestimiento metálico **40** del tablero de espuma de polímero termoplástico **20** posterior. La solapa **45** se adhiere al revestimiento metálico **40** de un tablero de espuma de polímero termoplástico **20** posterior por remaches **47** que se extienden a lo largo de la solapa **45**. La separación entre los nervios de material de barrera a la fusión **30** a lo largo de la dimensión de la altura **H** del sistema de aislamiento de paredes **10** es aproximadamente 450 milímetros. Los nervios de material de barrera a la fusión **30** tienen un espesor inferior al de los tableros de espuma de polímero termoplástico **20**, dando como resultado un espacio **35** entre el revestimiento metálico **40** y los nervios de material de barrera a la fusión **30**.

Basándose en los resultados de ensayos previos, se espera que el sistema de aislamiento de paredes **10** logre una clasificación D o mejor conforme a las clasificaciones de EN13501-1 basándose en resultados de ensayos previos.

En comparación, se espera que un sistema de aislamiento de paredes según la Figura 1, excepto sin material de barrera a la fusión **30**, logre una clasificación E o inferior según EN13501-1.

La Figura 2 ilustra (no a escala) un sistema de aislamiento de paredes de la presente invención (Ejemplo 2) en forma de una esquina interior como se ve desde la parte superior del sistema de aislamiento de paredes. El sistema de aislamiento de paredes de esquina interior **100** comprende sistemas de aislamiento de paredes **10** y **10'**, ambos de los cuales se describen para la Figura 1, que son contiguos a la columna de material de barrera a la fusión **50**, hecha del mismo material que los nervios de material de barrera a la fusión **30**. La columna de material de barrera a la fusión se extiende toda la altura del sistema de aislamiento de paredes de esquina **100** y tiene un espesor y anchura de 90 milímetros. Se incluye en la Figura 2 la estructura de soporte de paredes **200** (de la que solo es visible una placa superior) a la que se une el sistema de aislamiento de paredes de esquina interior **100**. Los sistemas de aislamiento de paredes **10** y **10'** comprenden tableros de espuma de polímero termoplástico **20** y **20'**,

respectivamente, así como revestimientos metálicos **40** y **40'**, respectivamente. Los nervios de barrera al fundido no son evidentes en la Figura 2 puesto que transcurren horizontalmente y se obstaculizan de la vista por tableros de espuma de polímero termoplástico **20** y **20'**.

5 Basándose en los resultados de ensayos previos, se espera que el sistema de aislamiento de paredes de esquina interior **100** logre una clasificación D o mejor conforme a las clasificaciones de EN13501-1.

Ejemplo 3

10 La Figura 3 ilustra (no a escala) una vista longitudinal de las dimensiones de altura y espesor de un sistema de aislamiento de paredes **10** (Ejemplo 3) que está en forma de una única unidad que es combinable con unidades de sistemas de paredes **10** similares para cubrir una pared. El sistema de aislamiento de paredes **10** comprende tableros de espuma de polímero termoplástico **20** que están moldeados en una forma que define la ranura **21** que recibe la pieza del tablero de espuma de polímero termoplástico **25**. Cuando la pieza **25** se inserta en el tablero **20**, el contorno del ensamblaje se parece a un ensamblaje de cerramiento por solapamiento. Los extremos **22** y **27** del tablero **20** se contornean adicionalmente de manera que el extremo **22** reciba un nervio en forma de "L" de material de barrera a la fusión **30** dispuesto de tal forma que la pata **32** del nervio **30** se extienda hacia arriba más allá del tablero de espuma **20**. El extremo **27** se forma para recibir la pata **32** en la ranura **29** cuando múltiples unidades del sistema de pared **10** se sitúan las unas encima de las otras para aislar una pared. El tablero **20** tiene una altura **H** de 406 milímetros (mm) y un espesor **T** de 80 milímetros en su punto más grueso. El revestimiento metálico **40** se extiende sobre una superficie del tablero **20** y la pieza de tablero **25** que se ajusta al contorno del cerramiento por solapamiento del tablero **20** y la pieza **25**. El revestimiento metálico **40** se forma de manera que se extiende más allá del tablero de espuma **20** y la pieza **25** para formar los canales **43** que se extienden horizontalmente a lo largo del sistema de aislamiento de paredes **10** en localizaciones correspondientes a lo que parecería ser las partes inferiores de solapas en el contorno de cerramiento. El revestimiento metálico **40** se extiende además hacia arriba parcialmente sobre el nervio **30** sin tocar el nervio **30**, dejando espacio **46** entre el revestimiento metálico **40** y el nervio **30**. El revestimiento metálico **40** se extiende sobre el nervio **30** una distancia suficiente de manera que se solape por el canal **44** de una segunda unidad de aislamiento de paredes **10** situada sobre el nervio **30**.

Los tableros de espuma termoplástica **20** son aislamiento de espuma de poliestireno extruido de la marca STYROFOAM™ LB que tiene una densidad de aproximadamente 35 kilogramos por metro cúbico.

30 El nervio **30** es una espuma de poliisocianurato de celdillas cerradas que tiene una densidad de 45 kilogramos por metro cúbico (espuma de la marca TARCPI M1-CR 45 disponible de Kingspan Tarec Industrial Insulation). El nervio **30** tiene la altura de pata **L_H** de 40 mm, anchura de pata **L_w** de 20 mm y espesor de pata **L_T** de 55 mm

El revestimiento metálico **40** es aluminio que tiene un espesor de 0,8 mm. El revestimiento metálico **40** se pega al tablero de espuma **20** y la pieza **25** usando un adhesivo de poliuretano de dos componentes.

Ejemplo 4

35 La Figura 4 ilustra (no a escala) una vista del ensamblaje de paredes de esquina interior **1** (Ejemplo 4) que comprende múltiples sistemas de paredes de aislamiento **10** del Ejemplo 3 ensamblados en la parte superior entre sí a lo largo de cada estructura de soporte de paredes **200**. Los sistemas de paredes de aislamiento **10** son contiguos a la columna de material de barrera a la fusión **50** en el ensamblaje de esquina de paredes **1**. La columna **50** tiene 90 mm por 90 mm cuadrados de sección transversal y se extiende toda la altura del ensamblaje de pared. El ensamblaje de pared **1** tiene una altura **H** de 1500 mm, longitud de pata A **L_A** de 495 mm y longitud de pata B **L_B** de 40 1000 mm. El revestimiento metálico **40** de los sistemas de paredes de aislamiento **10** se expone sobre la superficie de la esquina interior. El revestimiento de la esquina interior **48** se extiende la altura del ensamblaje de pared **1** y sobre el revestimiento metálico **40** de los sistemas de paredes de aislamiento **10** que son contiguos a la columna **50** y se extienden a lo largo de una distancia de aproximadamente 80 mm a lo largo de cada una de la pata **L_A** y la pata **L_B**. El revestimiento de la esquina interior **48** se rosca o remacha al revestimiento metálico **40** sobre cada una de la 45 pata **L_A** y **L_B**.

La estructura de soporte de paredes **200** es un marco de madera como uno definido por la norma EN13823.

La columna **50** es la misma espuma de poliisocianurato de celdillas cerradas que los nervios **30**.

El Ejemplo 4 logra sorprendentemente una clasificación de B-s1-d0 según EN13501-1. Las propiedades de combustión específicas para el Ejemplo 4 conforme al ensayo de EN13823 se informan en la Tabla 1.

50 Ejemplo comparativo A

Preparar un Ejemplo comparativo A de manera similar al Ejemplo 4, excepto que en lugar de usar paneles térmicamente aislantes **30** como se describe en el Ejemplo 3, usar paneles aislantes que no tienen nervios de material de barrera a la fusión **30**. En su lugar, usar tableros de polímero termoplástico que tienen una longitud adicional a ellos de manera que el extremo **27** tenga tablero de espuma de polímero termoplástico cortado en la 55 forma que se correspondería al nervio de material de barrera a la fusión **30**. De esa forma, el material de barrera a la

fusión del Ejemplo 3 se ha sustituido con tablero de espuma de polímero termoplástico. La estructura resultante parece similar al Ejemplo 3 y, cuando se ensambla completamente un ensayo, similar al Ejemplo 4 excepto que no existe material de barrera a la fusión presente como ya sea nervios o en la forma de la columna de esquina.

5 El Ejemplo comparativo A logra solo una clasificación de E s3 d2 conforme a EN13501. Se informan en la Tabla 1 las propiedades de combustión específicas para el Ejemplo comparativo A conforme al ensayo de EN13823.

Tabla 1

Propiedades de combustión por EN13823	Ejemplo comparativo A	Ejemplo 4
FIGRA 0,5 MJ (vatios por segundo)	859,30	0,55
THR600 (megajulios)	17,00	0,60
SMOGRA (metros cuadrados por segundo por segundo)	79,00	2,15
TSP600 (metros cuadrados)	521,90	41,50
Clasificación SBI conforme a EN13501-1	E s3 d2	B s1 d0

Los resultados de la Tabla 1 ilustran el beneficio de la estructura de la presente invención. Los nervios de material de barrera a la fusión han producido una mejora significativa en la clasificación de EN13501-1.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de aislamiento de paredes (10) que comprende:

a. un tablero de espuma de polímero termoplástico (20) que tiene dimensiones de altura, anchura y espesor mutuamente perpendiculares y superficies primarias internas y externas opuestas;

5 b. nervios de material de barrera a la fusión (30) que se extienden horizontalmente a través de la anchura del tablero de espuma de polímero termoplástico;

caracterizado por que comprende además

10 c. un revestimiento metálico (40) que tiene un espesor de al menos 0,45 milímetros unido a la superficie externa del tablero de espuma de polímero termoplástico y que cubre la superficie primaria externa, que incluye cualquier nervio de material de barrera a lo largo de la superficie primaria externa del tablero de espuma de polímero termoplástico;

15 en donde existe un nervio de material de barrera a la fusión que se extiende a través de la anchura del tablero de espuma de polímero termoplástico en cualquier distancia de 50 centímetros a lo largo de la altura del tablero de espuma y en donde el material de barrera a la fusión tiene una temperatura de fusión de 800 grados Celsius o superior o que descompone en lugar de fundir; y los nervios de material de barrera a la fusión se extienden a través de al menos 75 por ciento del espesor del tablero de espuma de polímero termoplástico y se extienden al menos 30 milímetros en la dimensión de la altura de la espuma de polímero termoplástico; y

20 en donde el revestimiento metálico (40) está separado y libre del contacto con los nervios de material de barrera a la fusión de manera que si los nervios se expanden tras el calentamiento, los nervios expandidos no empujarán hacia afuera o deformarán el material de revestimiento metálico.

2. El sistema de aislamiento de paredes de la reivindicación 1, en donde el tablero de espuma de polímero termoplástico (20) es espuma de poliestireno extruido de celdillas cerradas.

3. El sistema de aislamiento de paredes de cualquiera de las reivindicaciones previas, en donde el material de barrera a la fusión es espuma.

25 4. El sistema de aislamiento de paredes de cualquiera de las reivindicaciones previas, en donde el material de barrera a la fusión es una espuma seleccionada de vidrio espumado, mineral espumado y espuma de poliisocianurato.

30 5. El sistema de aislamiento de paredes de cualquiera de las reivindicaciones previas, en donde el material de barrera a la fusión tiene una densidad de al menos 35 kilogramos por metro cúbico como se ha determinado por ASTM D1622-08.

6. El sistema de aislamiento de paredes de cualquiera de las reivindicaciones previas, en donde el material de barrera a la fusión tiene una mayor altura próximo a la superficie externa del tablero de espuma de polímero termoplástico que próximo a la superficie interna del tablero de espuma de polímero termoplástico.

35 7. El sistema de aislamiento de paredes de cualquiera de las reivindicaciones previas, en donde el revestimiento metálico (40) es aluminio.

8. El sistema de aislamiento de paredes de cualquiera de las reivindicaciones previas, que comprende además un segundo sistema de aislamiento de paredes como se describe en la reivindicación 1, donde los dos sistemas de paredes son contiguos a una columna del material de barrera a la fusión (50) que extiende la altura de al menos uno de los sistemas de aislamiento de paredes contiguas.

40 9. El sistema de aislamiento de paredes de cualquiera de las reivindicaciones previas, caracterizado además por estar montado sobre una estructura de soporte de paredes (200) con la superficie primaria externa del tablero de espuma de polímero termoplástico más próxima a la estructura de soporte de paredes en comparación con la superficie primaria externa del tablero de espuma de polímero termoplástico.

Fig. 1

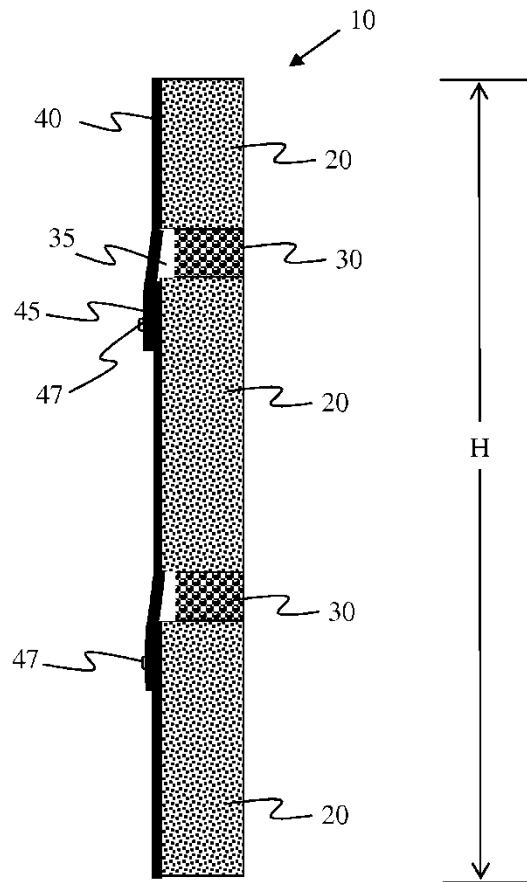


Fig. 2

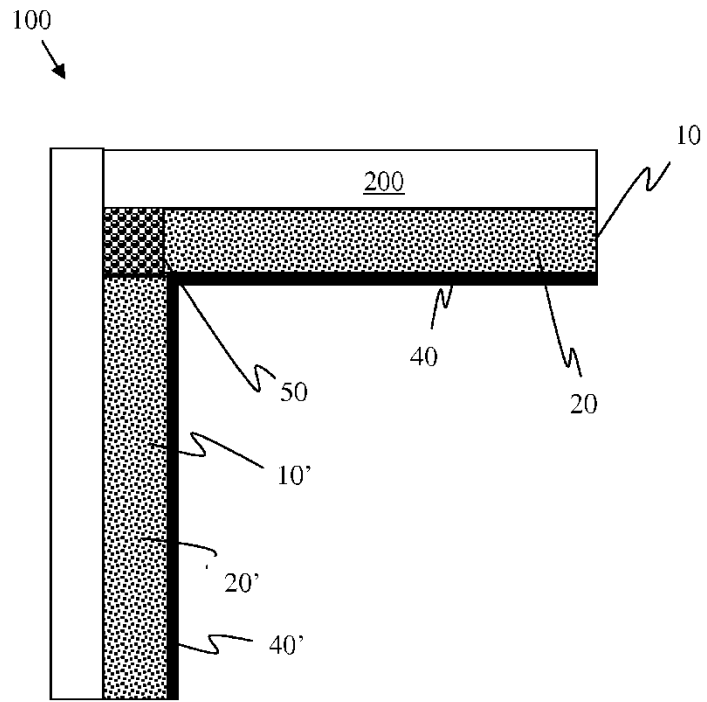


Fig. 3

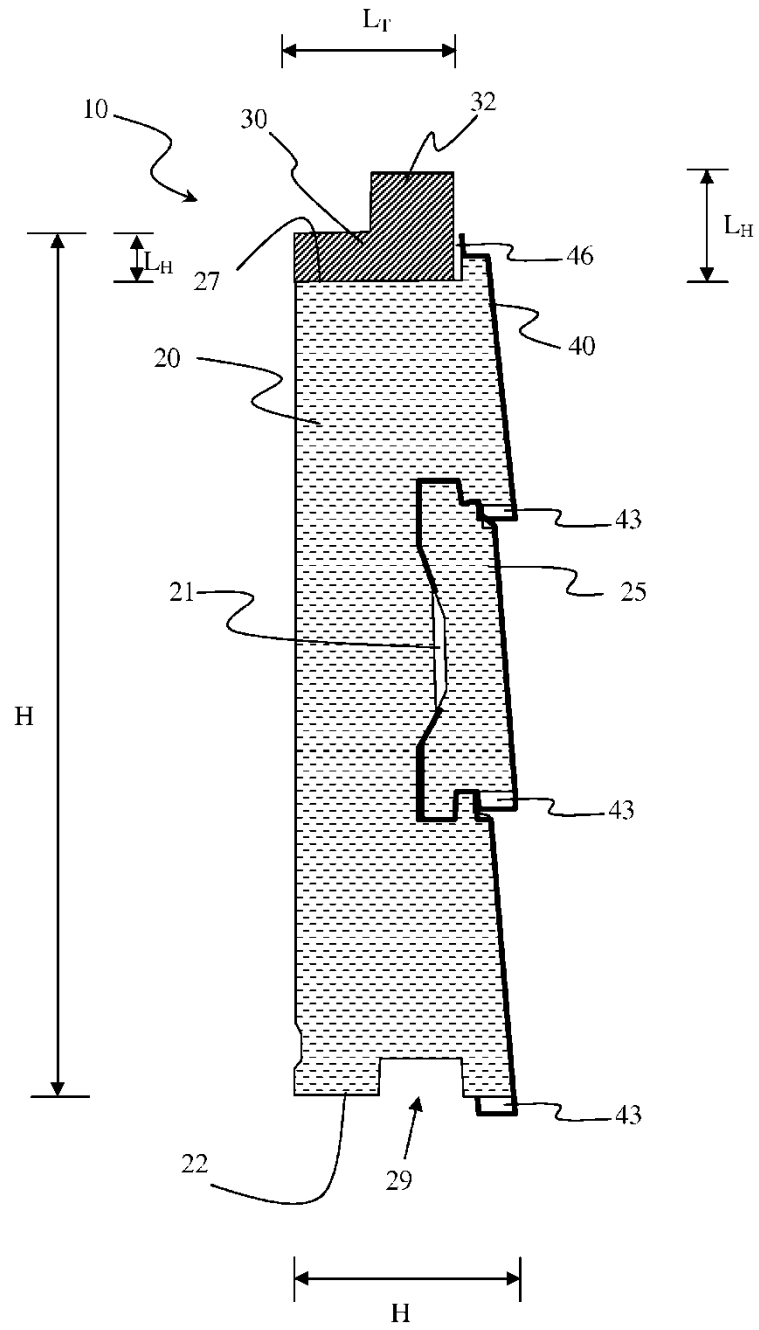


Fig. 4

