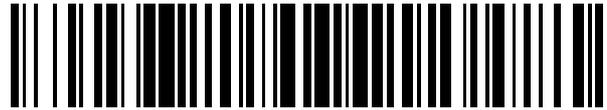


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 906**

51 Int. Cl.:

B32B 5/24 (2006.01)

B32B 13/04 (2006.01)

B32B 15/04 (2006.01)

C09K 21/02 (2006.01)

B32B 9/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2013 E 13714523 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.05.2016 EP 2830875**

54 Título: **Estructura de material compuesto resistente al fuego**

30 Prioridad:

30.03.2012 US 201261618044 P

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

08.09.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KIM, DONGKYU;
HAN, CHAN;
CIESLINSKI, ROBERT C.;
VAIRO, GIUSEPPE y
BERTUCELLI, LUIGI**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 581 906 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

Estructura de material compuesto resistente al fuego

Campo de la divulgación

5 La presente divulgación se refiere generalmente a estructuras de materiales compuestos resistentes al fuego, y más particularmente a estructuras de materiales compuestos resistentes al fuego que tienen un material de espuma y una capa de protección térmica geopolimérica.

Antecedentes

10 Los geopolímeros son polímeros inorgánicos. Los geopolímeros se pueden formar haciendo reaccionar precursores de geopolímero, tal como óxidos de aluminosilicato y silicatos alcalinos. Se pueden utilizar subproductos industriales tales como cenizas volantes, corrientes de arrastre de mina y/o residuos de bauxita, para formar algunos geopolímeros.

15 Los geopolímeros se han usado para diversas aplicaciones. Los geopolímeros pueden resultar ventajosos, en comparación con algunos otros materiales, ya que los geopolímeros pueden utilizar sub-productos actualmente tratados como residuos para proporcionar productos útiles y valiosos y/o los geopolímeros pueden mejorar las características de los mercados de materiales de construcción. Los usos adicionales de los geopolímeros resultan deseables.

Sumario

20 La presente divulgación proporciona una estructura de material compuesto resistente al fuego que tiene un material de espuma ubicado entre un primer revestimiento y un segundo revestimiento, una primera capa de protección térmica geopolimérica ubicada entre el material de espuma y el material del primer revestimiento, en la que la primera capa de protección térmica geopolimérica se forma mediante curado de precursores de geopolímero que tienen una relación molar de silicio con respecto a aluminio de 1,0:0,1 a 1,0:3,3 y una segunda capa de protección térmica de geopolímero ubicada entre el material de espuma y el segundo revestimiento.

Breve descripción de las figuras

25 La Figura 1A ilustra una parte de una estructura de material compuesto resistente al fuego.

La Figura 1B es una vista en corte transversal de la Figura 1A tomado a lo largo de la línea de corte 1A-1AA de la Figura 1A.

La Figura 2 es una vista en corte transversal de una estructura de material compuesto resistente al fuego de acuerdo con un número de realizaciones de la presente divulgación.

30 La Figura 3 es una vista en corte transversal de una estructura de material compuesto resistente al fuego de acuerdo con un número de realizaciones de la presente divulgación.

Descripción detallada

35 Las estructuras resistentes al fuego que tienen un material de espuma, una capa de protección térmica de geopolímero y un revestimiento se describen en la presente memoria. Las realizaciones de la presente divulgación pueden proporcionar una resistencia al fuego mejorada en comparación con otros enfoques de panel, tal como paneles que no tienen la protección térmica de geopolímero. Adicionalmente, las realizaciones de la presente divulgación pueden proporcionar una resistencia al fuego mejorada en comparación con otros enfoques de panel, tal como paneles que tienen una capa de geopolímero que se forma a partir de una composición que difiere de las composiciones de precursor de geopolímero usadas para formar la capa de protección térmica de geopolímero de las primeras estructuras de materiales compuestos resistentes al fuego divulgadas en la presente memoria. La capa de protección térmica de geopolímero se forma a partir de una composición de precursor de geopolímero que tiene una relación molar de silicio con respecto a aluminio de 1,0:0,1 a 1,0:3,3. Sorprendentemente, los geopolímeros, por ejemplo, la capa de protección térmica de geopolímero, formados a partir de composiciones de precursor de geopolímero que tienen una relación en moles de silicio con respecto a aluminio de 1,0:0,1 a 1,0:3,3 pueden tener una resistencia al fuego mejorada y/o resistencia en comparación con otros geopolímeros que se forman a partir de composiciones con otra relación molar de silicio con respecto a aluminio.

50 Las estructuras de materiales compuestos resistentes al fuego divulgadas en la presente memoria, pueden resultar útiles para una diversidad de aplicaciones. Por ejemplo, las estructuras de materiales compuestos resistentes al fuego pueden emplearse como paneles estructurales aislantes. Los paneles estructurales aislantes se pueden usar como un material de construcción. Los paneles estructurales aislantes pueden incluir un material de espuma, por ejemplo, una capa de espuma rígida, intercalada entre un primer revestimiento y un segundo revestimiento, por ejemplo, dos capas de un panel estructural. El panel estructural puede ser orgánico y/o inorgánico. Por ejemplo, el

panel estructural puede ser un metal, una aleación de metal, yeso, contrachapado y sus combinaciones, entre otros tipos de panel.

5 Los paneles estructurales aislantes se pueden usar en una diversidad de aplicaciones diferentes, tales como paredes, tejados y/o pavimentos. Los paneles estructurales aislantes se pueden utilizar en edificios comerciales, edificios residenciales y/o recipientes de mercancías, por ejemplo. Los paneles estructurales aislantes pueden contribuir a aumentar la eficiencia energética de los edificios y/o recipientes que utilizan los paneles, en comparación con otros edificios o recipientes que no emplean los paneles estructurales aislantes.

10 Los paneles estructurales aislantes tienen propiedades deseables de estabilidad y durabilidad. Por ejemplo, los paneles estructurales aislantes pueden durar todo el tiempo de vida útil del edificio o recipiente que emplea los paneles. Posteriormente, los paneles se pueden reutilizar o reciclar.

15 En la siguiente descripción detallada de la presente divulgación, se hace referencia a los dibujos adjuntos que forman parte de la misma, y en la que se muestra a modo de ilustración el modo en el que una o más realizaciones de la divulgación se pueden poner en práctica. Estas realizaciones se describen con suficiente detalle para permitir al experto común en la técnica poner en práctica las realizaciones de la presente divulgación, y debe entenderse que se pueden utilizar otras realizaciones y que se pueden realizar cambios de proceso, eléctricos y/o estructurales sin que ello suponga apartarse del alcance de la presente divulgación.

20 Las figuras de la presente memoria siguen una convención de numeración en la que el primer dígito o dígitos corresponde al número de la figura y el resto de dígitos identifican un elemento o componente en el dibujo. Elementos o componentes similares entre figuras diferentes se pueden identificar por medio del uso de dígitos similares. Por ejemplo, 104 puede hacer referencia al elemento "04" de la Figura 1A, y un elemento similar puede ser referenciado como 204 en la Figura 2. También puede hacerse referencia a un elemento que incluye un dígito asociado sin hacer referencia a una figura específica. Por ejemplo, se puede hacer referencia al elemento "02" en la memoria descriptiva sin hacer referencia a una figura específica.

25 La Figura 1A ilustra una parte de una estructura 102 compuesta resistente al fuego. Se puede hacer referencia a las estructuras de materiales compuestos resistentes al fuego como paneles intercalados, paneles estructurales aislantes o paneles aislantes auto-portantes, entre otras referencias. La estructura 102 compuesta resistente al fuego es un material de construcción compuesto que se puede utilizar para una diversidad de aplicaciones. La estructura 102 compuesta resistente al fuego puede incluir un material de espuma 104, un primer revestimiento 106, un segundo revestimiento 108 y una capa 110 de protección térmica de geopolímero.

30 La Figura 1B es una vista en corte transversal de la Figura 1A tomado a lo largo de la línea de corte 1A-1A de la Figura 1A. Como se ilustra en la Figura 1B, la capa 110 de protección térmica de geopolímero, que incluye un geopolímero 113, puede adherirse al material de espuma 104.

35 El material de espuma 104 puede ser una espuma termoestable, por ejemplo, una espuma polimérica que se ha formado mediante una reacción irreversible hasta un estado curado. El material de espuma 104 puede ser una espuma de poliisocianato, una espuma de poliuretano, una espuma fenólica, y sus combinaciones, entre otras espumas termoestables. A modo de ejemplo, el material de espuma 104 puede ser una espuma de poliuretano/poliisocianurato (PU/PIR) rígida. Las espumas de poliisocianurato se pueden formar haciendo reaccionar un polioliol, por ejemplo, un poliéster glicol, y un isocianato, por ejemplo, diisocianato de difenilo y metileno y/o poli(diisocianato de difenilo y metileno), en el que el número de equivalentes de grupos isocianato es mayor que el de grupos reactivos de isocianato y el exceso estequiométrico se convierte en enlaces isocianurato, por ejemplo, la relación puede ser mayor de 1,8. Las espumas de poliuretano se pueden formar haciendo reaccionar un polioliol, por ejemplo, un poli(poliol de éster) o un poli(poliol de éter) y un isocianato, por ejemplo, diisocianato de difenilo y metileno y/o poli(diisocianato de difenilo y metileno), en el que la relación de equivalentes de los grupos isocianato con respecto a los grupos reactivos de isocianato es menor de 1,8. Las espumas fenólicas se pueden formar haciendo reaccionar un fenol, por ejemplo, ácido carbónico y un aldehído, por ejemplo, formaldehído. La formación del material de espuma 104 también puede incluir el empleo de un agente de soplado, un tensioactivo y/o un catalizador.

45 El material de espuma 104 puede tener un espesor 105 de 5 milímetros a 300 milímetros. Todos los valores individuales y subintervalos desde 5 milímetros hasta 300 milímetros se incluyen en la presente memoria y se divulgan en la presente memoria; por ejemplo, el material de espuma puede tener un espesor desde un límite inferior de 5 milímetros, 7,5 milímetros o 10 milímetros hasta un límite superior de 300 milímetros, 250 milímetros o 200 milímetros. Por ejemplo, el material de espuma puede tener un espesor de 5 milímetros hasta 300 milímetros, de 7,5 milímetros a 250 milímetros o de 10 milímetros a 200 milímetros.

50 Como se ilustra en la Figura 1B, el material de espuma 104 se encuentra ubicado entre el primer revestimiento 106 y el segundo revestimiento 108 de la estructura 102 compuesta resistente al fuego. El primer revestimiento 106 y el segundo revestimiento 108 pueden ser un material apropiado para los materiales de construcción compuestos. Por ejemplo, de acuerdo con un número de realizaciones de la presente divulgación, el primer revestimiento 106 y el segundo revestimiento 108 se pueden formar independientemente a partir de aluminio, acero, acero inoxidable,

- cobre, plástico reforzado con fibras de vidrio, yeso o una de sus combinaciones, entre otros materiales. El primer revestimiento 106 y el segundo revestimiento 108 pueden tener independientemente un espesor de 0,05 milímetros a 25,00 milímetros. Todos los valores y subintervalos individuales desde 0,05 milímetros hasta 25,00 milímetros se incluyen en la presente memoria y se divulgan en la presente memoria; por ejemplo, el primer revestimiento 106 y el segundo revestimiento 108 pueden independientemente tener un espesor desde un límite inferior de 0,05 milímetros, 0,10 milímetros, o 0,20 milímetros hasta un límite superior de 25,00 milímetros, 20,00 milímetros, o 15,00 milímetros. Por ejemplo, el primer revestimiento 106 y el segundo revestimiento 108 pueden independientemente cada uno tener un espesor de 0,05 milímetros a 25,00 milímetros, de 0,10 milímetros a 20,00 milímetros, o de 0,20 milímetros a 15,00 milímetros.
- De acuerdo con un número de realizaciones de la presente divulgación, la capa 110 de protección térmica de geopolímero se puede formar mediante curado de los precursores de geopolímero, por ejemplo, se incluyen los precursores de geopolímero en una composición de precursor de geopolímero. Los precursores de geopolímero pueden reaccionar con otros precursores de geopolímero para formar el geopolímero 112.
- Las composiciones de precursor de geopolímero pueden incluir un reaccionante de aluminosilicato. El reaccionante de aluminosilicato es un precursor de geopolímero. El reaccionante de aluminosilicato es un aluminosilicato. Los aluminosilicatos son compuestos que incluyen un átomo de aluminio, un átomo de silicio y un átomo de oxígeno. El reaccionante de aluminosilicato puede estar seleccionado entre el grupo que consiste en ceniza volante, ceniza calcinada, escoria metalúrgica y sus combinaciones.
- La ceniza volante es un sub-producto que se forma a partir de la combustión de carbón. Por ejemplo, los hornos de la instalación de la planta de generación de energía eléctrica puede quemar carbón pulverizado y producir cenizas volantes. La estructura, composición y otras propiedades de la ceniza volante pueden depender de la composición del carbón y del proceso de combustión por medio del cual se forma la ceniza volante. El patrón de American Society for Testing and Materials (ASTM) C618 reconoce diferentes clases de cenizas volantes, tales como ceniza volante de Clase C y ceniza volante de Clase F. La ceniza volante de Clase C se puede producir a partir de la combustión de lignito o carbón sub-bituminoso. La ceniza volante de Clase F se puede producir a partir de la combustión de antracita o carbón bituminoso. Para una o más realizaciones, la ceniza volante puede estar seleccionada entre el grupo que consiste en ceniza volante de Clase F, ceniza volante de Clase C y sus combinaciones.
- Según se usa en la presente memoria, "arcilla" se refiere a filosilicatos de aluminio hidratados. La arcilla puede incluir cantidades variables de hierro, magnesio, metales alcalinos y/o metales alcalino térreos. Los ejemplos de arcilla incluyen, pero sin limitarse a, antigorita, crisotilo, lizardita, haloisita, caolinita, ilita, montmorillonita, vermiculita, talco, paligorsquita, pirofilita, biotita, moscovita, flogopita, lepidolita, margarita, glauconita y sus combinaciones. La arcilla puede experimentar calcinación para formar arcilla calcinada. La calcinado puede incluir la exposición de la arcilla a una temperatura de 500 °C a 1000 °C durante un intervalo de tiempo de 1 hora a 24 horas.
- La escoria metalúrgica se puede formar en un número de procesos, incluyendo algunos procesos que emplean alto horno. Por ejemplo, la escoria metalúrgica se puede formar en un proceso que forma arrabio a partir de mineral de hierro. Alguna escoria metalúrgica puede incluir un porcentaje en peso de 27 a 38 de SiO₂, y un porcentaje en peso de 7 a 12 de Al₂O₃. La escoria metalúrgica también puede incluir CaO, MgO, FeO y MnO, por ejemplo.
- Las composiciones de precursor de geopolímero pueden incluir un activador alcalino. El activador alcalino es un precursor de geopolímero. La activación alcalina implica una reacción entre silicatos de aluminio y/o compuestos con elementos alcalinos y/o alcalino térreos en un entorno cáustico. Para una o más realizaciones, el activador alcalino incluye silicato de sodio. El silicato de sodio, según se usa en la presente memoria, se refiere a compuestos que incluyen óxido de sodio (Na₂O) y sílice (SiO₂). El silicato de sodio puede tener una relación en peso de SiO₂/Na₂O de 1,0 a 10,0, en la que la relación en peso se expresa como un cociente de un peso de SiO₂ dividido entre un peso de Na₂O. Todos los valores y subintervalos individuales a partir e incluyendo de 1,0 a 10,0 se incluyen en la presente memoria y se divulgan en la presente memoria; por ejemplo silicato de sodio puede tener una relación en peso de SiO₂/Na₂O dentro de un intervalo con un límite inferior de 1,0, 1,25 o 1,5 hasta un límite superior de 10,0, 8,0 o 6,0, en la que la relación en peso se expresa como un cociente entre un peso de SiO₂ dividido entre un peso de Na₂O. Por ejemplo, el silicato de sodio puede tener una relación en peso de SiO₂/Na₂O dentro de un intervalo de 1,0 a 10,0, de 1,25 a 8,0 o de 1,5 a 6,0, en la que la relación en peso se expresa como un cociente de un peso de SiO₂ dividido entre un peso de Na₂O. Los ejemplos de silicatos de sodio incluyen, pero sin limitarse, ortosilicato (Na₂SiO₄), metasilicato (Na₂SiO₃), disilicato (Na₂Si₂O₅), tetrasilicato (Na₂Si₄O₉) y sus combinaciones. El silicato de sodio se puede utilizar como sólido, en disolución o sus combinaciones. La solución de silicato de sodio puede incluir agua. El agua, de la solución de silicato de sodio, se puede emplear en una cantidad que tiene un valor que está desde un 40 por ciento en peso hasta un 75 por ciento en peso de la solución de silicato de sodio, tal como un porcentaje en peso del óxido de sodio, un porcentaje en peso de sílice, y un porcentaje en peso del agua, de la solución de silicato de sodio, sumando un porcentaje en peso de 100 de la solución de silicato de sodio. Todos los valores y subintervalos individuales a partir de e incluyendo un 40 por ciento en peso a un 75 por ciento en peso se incluyen en la presente memoria y se divulgan en la presente memoria; por ejemplo, el agua, de la solución de silicato de sodio, puede estar en un intervalo con un límite inferior de 40 por ciento en peso, 43 por ciento en peso, o 45 por ciento en peso hasta

un límite superior de 75 por ciento en peso, 70 por ciento en peso o 65 por ciento en peso, de manera que el porcentaje en peso de óxido de sodio, el porcentaje en peso de sílice, y el porcentaje en peso de agua de la solución de silicato de sodio sumen un porcentaje en peso de 100 de la solución de silicato de sodio. Por ejemplo, el agua, de la solución de silicato de sodio, puede estar en un intervalo de un 40 por ciento en peso a un 75 por ciento en peso, de 43 por ciento en peso a un 70 por ciento en peso, o de un 45 por ciento en peso a un 70 por ciento en peso, de manera que el porcentaje en peso de óxido de sodio, el porcentaje en peso de sílice, y el porcentaje en peso de agua, de la solución de silicato de sodio, suman un porcentaje en peso de 100 de la solución de silicato de sodio. El activador alcalino puede incluir un hidróxido alcalino. Los ejemplos de hidróxido alcalino incluyen, pero sin limitarse a, hidróxido de sodio e hidróxido de potasio. El activador alcalino puede estar seleccionado entre el grupo que consiste en hidróxido de sodio, hidróxido de potasio y sus combinaciones. Para las realizaciones que incluyen el hidróxido alcalino, el hidróxido alcalino puede emplearse en una cantidad que tiene un valor que es hasta un 50 por ciento en peso de la solución de silicato de sodio, de manera que el porcentaje en peso del óxido de sodio, el porcentaje en peso de sílice, el porcentaje en peso de agua, de la solución de silicato de sodio, y el porcentaje en peso del hidróxido alcalino suman un porcentaje en peso de 100 de la solución de silicato de sodio. Todos los valores y subintervalos individuales desde un valor mayor de un 0 por ciento en peso e incluyendo un 50 por ciento en peso se incluyen en la presente memoria y se divulgan en la presente memoria; por ejemplo, el hidróxido alcalino se puede emplear dentro del intervalo con un límite inferior mayor de un 0 por ciento en peso hasta un límite superior de un 50 por ciento en peso, 45 por ciento en peso, o 40 por ciento en peso, de manera que el porcentaje en peso de óxido de sodio, el porcentaje en peso de sílice, el porcentaje en peso de agua, de la solución de silicato de sodio, y el porcentaje en peso del hidróxido alcalino sumen un porcentaje en peso de 100 de la solución de silicato de sodio. Por ejemplo, el hidróxido alcalino se puede emplear en una cantidad que tiene un valor dentro de un intervalo mayor de un 0 por ciento en peso hasta un 50 por ciento en peso, mayor de un 0 por ciento en peso hasta un 45 por ciento en peso, o mayor de un 0 por ciento en peso hasta un 40 por ciento en peso, de manera que el porcentaje en peso de óxido de sodio, el porcentaje en peso de sílice, el porcentaje en peso de agua, de la solución de silicato de sodio, y el porcentaje en peso del hidróxido alcalino sumen un porcentaje en peso de 100 de la solución de silicato de sodio.

Las composiciones de precursor de geopolímero pueden incluir un medio continuo. El medio continuo puede incluir agua. El medio continuo se puede emplear para disolución y/o hidrólisis de uno o más precursores de geopolímero.

Las composiciones de precursor de geopolímero pueden incluir cantidades variables de componentes de aplicaciones diferentes. El reaccionante de aluminosilicato puede estar desde 20 por ciento en peso hasta 80 por ciento en peso de la composición, de manera que el porcentaje en peso de reaccionante de aluminosilicato, un porcentaje en peso de activador alcalino y un porcentaje en peso de medio continuo sumen hasta un 100 por ciento de porcentaje en peso del peso de la composición. Todos los valores individuales y subintervalos desde e incluyendo 20 por ciento en peso hasta 80 por ciento en peso se incluyen y divulgan en la presente memoria; por ejemplo, el reaccionante de aluminosilicato puede estar en un intervalo con un límite inferior de 20 por ciento en peso, 25 por ciento en peso, o 30 por ciento en peso hasta un límite superior de 80 por ciento en peso, 75 por ciento en peso, o 70 por ciento en peso. El activador alcalino puede estar de un 20 por ciento en peso hasta un 80 por ciento en peso del peso de la composición, de manera que el porcentaje en peso del reaccionante de aluminosilicato, el porcentaje en peso del activador alcalino, y el porcentaje en peso del medio continuo sumen hasta un 100 por ciento en peso del peso de la composición. Todos los valores individuales y subintervalos desde e incluyendo un 20 por ciento en peso hasta un 80 por ciento se incluyen y divulgan en la presente memoria; por ejemplo, el activador alcalino puede estar en un intervalo con un límite inferior de un 20 por ciento en peso, 25 por ciento en peso, o un 30 por ciento en peso hasta un límite superior de un 80 por ciento en peso, 75 por ciento en peso, o 70 por ciento en peso. El medio continuo puede estar desde un 20 por ciento en peso hasta un 80 por ciento en peso del peso de la composición, de manera que el porcentaje en peso de reaccionante de aluminosilicato, el porcentaje en peso de activador alcalino, y el porcentaje en peso de medio continuo sumen hasta un 100 por ciento en peso del peso de la composición. Todos los valores individuales y subintervalos desde e incluyendo 20 por ciento en peso hasta un 80 por ciento se incluyen y divulgan en la presente memoria; por ejemplo, el medio continuo puede estar en un intervalo con un límite inferior de un 20 por ciento en peso, 25 por ciento en peso, o 30 por ciento en peso hasta un límite superior de 80 por ciento en peso, 75 por ciento en peso o 70 por ciento en peso.

De acuerdo con un número de realizaciones de la presente divulgación, las composiciones de precursor de geopolímero tienen una relación de silicio con respecto a aluminio de 1,0:0,1 hasta 1,0:3,3. En otras palabras, la capa de protección térmica de geopolímero se forma mediante curado de precursores de geopolímero que tienen una relación molar de silicio con respecto a aluminio de 1,0:0,1 hasta 1,0:3,3. Todos los valores individuales y subintervalos desde e incluyendo una relación en moles de silicio con respecto a aluminio de 1,0:0,1 a 1,0:3,3 se incluyen y divulgan en la presente memoria; por ejemplo, las composiciones de precursor de geopolímero pueden tener una relación molar de silicio con respecto a aluminio dentro de un intervalo con un límite inferior de 1,0:0,1, 1,0:0,5 o 1,0:1,0 hasta un límite superior de 1,0:3,3, 1,0:3,1 o 1,0:2,9. Por ejemplo, la capa de protección térmica de geopolímero se puede formar mediante curado de precursores de geopolímero que tienen una relación de silicio con respecto a aluminio dentro de un intervalo de 1,0:0,1 hasta 1,0:3,3, de 1,0:0,5 hasta 1,0:3,1 o de 1,0:1,0 a 1,0:2,9. Como se ha comentado, los geopolímeros, por ejemplo, la capa de protección térmica de geopolímero, formada a partir de las composiciones de precursor de geopolímero que tiene una relación en moles de silicio con respecto a aluminio de 1,0:0,1 a 1,0:3,3 pueden tener mejor resistencia y/o resistencia al fuego, en comparación con otros

geopolímeros que se forman a partir de las composiciones con otras relaciones en moles de silicio con respecto a aluminio. Sin pretender quedar avalado por teoría alguna, se piensa que los geopolímeros formados a partir de las composiciones de precursor de geopolímero que tienen relaciones en moles de silicio con respecto a aluminio de 1,0:0,1 a 1,0:3,3 forman estructuras de tres dimensiones, en contraste con ciertas composiciones que tienen más silicio con respecto a aluminio, que forman estructuras de dos dimensiones.

Las composiciones de precursor de geopolímero puede incluir un agregado. Según se usa en la presente memoria, agregado se refiere a un material inerte, por ejemplo, un material que es sustancialmente no reactivo con los precursores de geopolímero de las composiciones de precursor de geopolímero. El agregado permanece intacto durante la reacción de polimerización. Los ejemplos del agregado incluyen, pero sin limitarse a, arena, grava, piedra machacada o sus combinaciones. El agregado puede estar en forma de partículas, por ejemplo, partículas separadas y diferenciadas. El agregado puede ser de diferente tamaño y/o formas para diversas aplicaciones. El agregado puede tener una distribución de tamaño de partícula con un diámetro medio de 0,0625 milímetros a 2,0 milímetros, como se define por medio de ISO 14688, por ejemplo. Todos los valores individuales y subintervalos desde e incluyendo 0,0625 milímetros hasta 2,0 milímetros se incluyen y divulgan en la presente memoria; por ejemplo, el agregado puede tener una distribución de tamaño de partícula con un diámetro medio dentro del intervalo con un límite inferior de 0,0625 milímetros, 0,07 milímetros o 0,08 milímetros hasta un límite superior de 2,0 milímetros, 1,90 milímetros o 1,80 milímetros. Por ejemplo, el agregado puede tener una distribución de tamaño de partícula con un diámetro medio dentro de un intervalo de 0,0625 milímetros a 2,0 milímetros, de 0,07 milímetros a 1,90 milímetros, o de 0,08 milímetros a 1,80 milímetros. De acuerdo con un número de realizaciones de la presente divulgación, el agregado puede ser sustancialmente esférico. No obstante, las realizaciones no se limitan a ello. De acuerdo con un número de realizaciones, de la presente divulgación, el agregado puede ser sustancialmente no esférico. Los ejemplos de formas sustancialmente no esféricas incluyen, pero sin limitarse a, formas cúbicas, formas poligonales, formas alargadas, formas irregulares y sus combinaciones. Para realizaciones que incluyen el agregado, éste se puede emplear en una cantidad que tiene un valor que es hasta 70 % en peso de un peso total de una capa de protección térmica de geopolímero, en la que el peso total de la capa de protección térmica de geopolímero es la suma de los pesos del reaccionante de aluminosilicato, el activador alcalino, el medio continuo y el agregado. Todos los valores individuales y subintervalos e incluyendo desde más de 0 por ciento en peso hasta 70 por ciento en peso se incluyen y divulgan en la presente memoria; por ejemplo, el agregado se puede emplear en un intervalo con un límite inferior de más de 0 por ciento en peso, 10 por ciento en peso, o 15 por ciento en peso hasta un límite superior de 70 por ciento en peso, 65 por ciento en peso o 60 por ciento en peso. Por ejemplo, el agregado se puede emplear en un intervalo de más de 0 por ciento en peso hasta 70 por ciento en peso, de 10 por ciento en peso a 65 por ciento en peso, o de 15 por ciento en peso a 60 por ciento en peso de un peso total de una capa de protección térmica de geopolímero, en la que el peso total de la capa de protección térmica de geopolímero es la suma de los pesos del reaccionante de aluminosilicato, el activador alcalino, el medio continuo y el agregado. El agregado puede contribuir a reducir la formación de fisuras en el geopolímero, por ejemplo, en comparación con otros geopolímeros que no incluyen el agregado. Para algunas aplicaciones, las fisuras del geopolímero pueden resultar indeseables. Como ejemplo, las fisuras se pueden formar en un geopolímero durante el curado de una composición de precursor de geopolímero y/o tras completar el curado.

De acuerdo con un número de realizaciones de la presente divulgación, las composiciones de precursor de geopolímero pueden incluir un componente adicional, tal como un material de silicato hueco, entre otros componentes adicionales. Los ejemplos de materiales de silicato hueco incluyen, pero sin limitarse a, esferas de vidrio, aerogeles, cenoesferas, zeolitas, estructuras de silicato mesoporosas y sus combinaciones. Los aerogeles incluyen estructuras de silicato de baja densidad producidas mediante un proceso de sol-gel. Las cenoesferas se pueden formar durante un proceso de producción de ceniza volante, por ejemplo. Las esferas de vidrio huecas pueden incluir un aditivo, tal como alúmina, por ejemplo. Las zeolitas incluyen silicato/alúmina sintética y natural, por ejemplo, y pueden contener un catión metálico. Las estructuras de silicato mesoporoso incluyen estructuras obtenidas mediante formación de sílice alrededor de una matriz orgánica que se puede retirar una vez que se forma la sílice. Para aplicaciones diferentes el componente adicional se puede emplear en diversas cantidades.

Como se comenta en la presente memoria, las composiciones de precursor de geopolímero se pueden curar para formar el geopolímero 112, por ejemplo, una capa 110 de protección térmica de geopolímero. El geopolímero 112, por ejemplo, la capa 110 de protección térmica de geopolímero, puede venir representada por medio de la Fórmula 1:

(Fórmula 1)



en la que cada M es de manera independiente un catión del Grupo I de la Tabla Periódica de los Elementos; x es un número entero de 2 o más y representa un número de unidades repetidas de polisialato; y es un número racional o no racional seleccionado de manera que la relación de y con respecto a x sea mayor que cero ($y/x > 0$) y preferentemente de mayor de cero a menor o igual que 2 ($0 < y/x \leq 2$); z es un número racional o no racional de 1 a 35; y w es un número racional o no racional de manera que la relación de w con respecto a x (w/x) representa una relación de moles de agua por unidad de repetición de polisialato. La z representa una relación molar igual a moles

de átomos de silicio con respecto a moles de átomos de aluminio (Si/Al) en el polisialato. La distribución de los grupos funcionales de SiO₂ en el geopolímero se puede caracterizar como aleatoria. De este modo, z puede ser un número racional o no racional. A menos que se indique lo contrario, la frase "Tabla Periódica de los Elementos" se refiere a una tabla periódica oficial, versión actualizada a 22 de junio de 2007, publicada por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC).

El geopolímero 112, por ejemplo, la capa 110 de protección térmica de geopolímero, puede formarse mediante curado de las composiciones de precursor de geopolímero a una temperatura de 20 °C hasta 150 °C. Todos los valores y subintervalos individuales desde e incluyendo de 20 °C a 150 °C se incluyen en la presente memoria y se divulgan en la presente memoria; por ejemplo, el geopolímero se puede formar mediante curado de las composiciones de precursor de geopolímero a una temperatura dentro del intervalo con un límite inferior de 20 °C, 25 °C, 30 °C hasta un límite superior de 150 °C, 140 °C o 130 °C. Por ejemplo, el geopolímero 112 se puede formar mediante curado de las composiciones de precursor de geopolímero a una temperatura dentro del intervalo de 20 °C a 150 °C, de 25 °C a 140 °C, o de 30 °C a 130 °C. Para diversas aplicaciones, el geopolímero 112 se puede formar mediante curado de las composiciones de precursor de geopolímero para diferentes intervalos de tiempo. El geopolímero 112 se puede formar mediante curado de las composiciones de precursor de geopolímero durante un intervalo de tiempo menor que un minuto hasta 28 días, por ejemplo. Todos los valores y subintervalos individuales desde e incluyendo menos que un minuto hasta 28 días se incluyen y divulgan en la presente memoria; por ejemplo, el geopolímero se puede formar mediante curado de las composiciones de precursor de geopolímero durante un intervalo de tiempo dentro de un intervalo con un límite inferior menor que un minuto, un minuto, o 5 minutos hasta un límite superior de 28 días, 24 días o 20 días. Por ejemplo, el geopolímero 112 se puede formar mediante curado de las composiciones de precursor de geopolímero durante un intervalo de tiempo dentro de un intervalo desde menos de un minuto a 28 días, un minuto a 24 días, o 5 minutos a 20 días. Para una o más realizaciones, las composiciones de precursor de geopolímero se pueden aplicar a un sustrato, por ejemplo, tal como el material de espuma 104 y/o los revestimientos 106, 108, comentados en la presente memoria, y curados sobre el mismo. Las composiciones de precursor de geopolímero se pueden aplicar al sustrato mediante diversos procedimientos, tales como inmersión, pulverización, rodillos, cepillado, u otro procedimiento.

Como se ilustra en la Figura 1B, la capa 110 de protección térmica de geopolímero, que incluye el geopolímero 112, se puede adherir al material de espuma 104, por ejemplo, por medio de una interfaz de conexión 114. Para una o más realizaciones, la interfaz de conexión 114 puede incluir un material adhesivo. El material adhesivo puede incluir un adhesivo de reticulación, tal como un adhesivo termoestable. Por ejemplo, el material adhesivo puede incluir un poliisocianurato, un uretano, por ejemplo, un pegamento de uretano, un sistema epoxi, o un poliestireno sulfonado, entre otros adhesivos de reticulación. De acuerdo con un número de realizaciones de la presente divulgación, el material adhesivo puede unir la capa 110 de protección térmica de geopolímero al material de espuma 104. Para realizaciones que incluyen el material de adhesivo, éste se puede emplear en diversas cantidades, por ejemplo, una cantidad suficiente para adherir la capa 110 de protección térmica de geopolímero al material de espuma 104. No obstante, las realizaciones no se limitan a ello. Para una o más realizaciones, la capa 110 de protección térmica de geopolímero se adhirió al material de espuma 104 sin material adhesivo, por ejemplo, la interfaz de conexión 114 no incluye el material de adhesivo.

La capa 110 de protección térmica de geopolímero puede tener un espesor 111 de 0,5 milímetros a 100 milímetros. Todos los valores y subintervalos individuales desde 0,5 milímetros hasta 100 milímetros se incluyen y divulgan en la presente memoria; por ejemplo, la capa 110 de protección térmica de geopolímero puede tener un espesor 111 desde un límite superior de 100 milímetros, 80 milímetros o 60 milímetros hasta un límite inferior de 0,5 milímetros, 1 milímetro o 2 milímetros. Por ejemplo, la capa 110 de protección térmica de geopolímero puede tener un espesor 111 de 0,5 milímetros a 100 milímetros, de 1 milímetro a 80 milímetros o de 2 milímetros a 60 milímetros.

Según se comenta en la presente memoria, la capa 110 de protección térmica de geopolímero puede proporcionar una resistencia frente al fuego mejorada para las estructuras 102 compuestas resistentes al fuego, como se compara con otros enfoques de panel, tales como paneles que no tienen la capa 110 de protección térmica de geopolímero comentada en la presente memoria. Por ejemplo, la capa 110 de protección térmica de geopolímero contribuye a que el material de espuma 104 reciba menos energía térmica, en comparación con los paneles que no tienen la capa 110 de protección térmica de geopolímero-aerogel, cuando se expone a un calentamiento similar. A modo de ejemplo, la resistencia al fuego se puede determinar por medio de exposición de un material, por ejemplo, estructuras 102 compuestas resistentes al fuego, a calentamiento a partir de un horno y posteriormente midiendo un aumento de temperatura con el tiempo sobre un lado del material opuesto al horno y/o a una determinada distancia a través del espesor del material. El hecho de lograr una temperatura menor y/o en una parte del material, en comparación con una temperatura correspondiente sobre otro material, bajo condiciones de calentamiento similares se puede considerar una resistencia al fuego mejorada. Para algunas aplicaciones, la variación del espesor de la capa de protección térmica de geopolímero y/o la incorporación de capas de protección térmica de geopolímero adicionales puede contribuir a una mejor resistencia al fuego.

Como se ilustra en la Figura 1B, , la capa 110 de protección térmica de geopolímero se puede adherir al primer revestimiento 106, por ejemplo, por medio de una segunda interfaz 116. Para una o más realizaciones, la interfaz de conexión 116 puede incluir un material adhesivo como se comenta en la presente memoria. No obstante, las

realizaciones no se limitan a ello. Para una o más realizaciones, la capa 110 de protección térmica de geopolímero se adhirió al primer revestimiento 106 sin material adhesivo, por ejemplo, la interfaz de conexión 116 no incluye el material adhesivo.

5 Haciendo de nuevo referencia a la Figura 1B, el primer revestimiento 106 puede estar configurado para mirar a una fuente de calor 120, por ejemplo, un fuego, entre otras fuentes de calor. En el ejemplo ilustrado en la Figura 1B, el calor se puede transferir desde una fuente de calor 120 hasta el primer revestimiento 106, a continuación hasta, la capa 110 de protección térmica de geopolímero y posteriormente hasta el material de espuma 104. La ubicación de la capa 110 de protección térmica de geopolímero enfrente del material de espuma 104, con respecto a la fuente de calor 120, puede contribuir a proporcionar una eficacia deseable de la capa 110 de protección térmica de geopolímero, para contribuir a proteger el material de espuma 104 y/o dotar a la estructura 102 compuesta resistente al fuego de la resistencia al fuego mejorada que se comenta en la presente memoria.

10 La Figura 2 es una vista en corte transversal de una estructura 202 compuesta resistente al fuego de acuerdo con un número de realizaciones de la presente divulgación. Como se muestra en la Figura 2, la estructura 202 compuesta resistente al fuego puede incluir la primera capa 210-1 de protección térmica de geopolímero y la segunda capa 210-2 de protección térmica de geopolímero. La segunda capa 210-2 de protección térmica de geopolímero puede tener propiedades similares a las propiedades de la primera capa 210-1 de protección térmica de geopolímero, como se comenta en la presente memoria. Por ejemplo, la segunda capa 210-2 de protección térmica de geopolímero puede formarse mediante curado de las composiciones de precursor de geopolímero comentados en la presente memoria.

15 Para una o más realizaciones, la segunda capa 210-2 de protección térmica de geopolímero se ubica entre el material de espuma 204 y el segundo revestimiento 208. La ubicación de la segunda capa 210-2 de protección térmica de geopolímero entre el material de espuma 204 y el segundo revestimiento 208 puede contribuir a proteger el material de espuma 204 frente al calor que puede transferirse desde el segundo revestimiento 208 hasta el material de espuma 204. Adicionalmente, la ubicación de la segunda capa 210-2 de protección térmica de geopolímero entre el material de espuma 204 y el segundo revestimiento 208 contribuye a proporcionar una temperatura más baja, por ejemplo, sobre la superficie del primer revestimiento 206 cuando se expone el segundo revestimiento 208 a una fuente de calor, en comparación con un panel que no tiene la segunda capa 210-2 de protección térmica de geopolímero entre el material de espuma 204 y el segundo revestimiento 208.

20 La Figura 3 es una vista en corte transversal de una primera estructura 302 compuesta resistente al fuego de acuerdo con un número de realizaciones de la presente divulgación. Como se muestra en la Figura 3, la primera estructura 302 compuesta resistente al fuego puede incluir una pluralidad de capas 310-1, 310-3 de protección térmica de geopolímero entre el material de espuma 304-1 y el primer revestimiento 306. Mientras que el ejemplo ilustrado en la Figura 3 incluye dos capas 301-1, 310-3 de protección térmica de geopolímero entre el material de espuma 304-1 y el primer revestimiento 306, las realizaciones no se limitan a ello. Por ejemplo, la estructura 302 compuesta resistente al fuego puede incluir tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve, diez o incluso más capas de protección térmica de geopolímero entre el material de espuma 304-1 y el primer revestimiento 306.

25 Como se muestra en la Figura 3, la estructura 302 compuesta resistente al fuego puede incluir una pluralidad de capas 310-2, 310-4 de protección térmica de geopolímero entre el material de espuma 304-1 y el segundo revestimiento 308. Mientras que el ejemplo ilustrado en la Figura 3 incluye dos capas 310-2, 310-4 de protección térmica de geopolímero entre el material de espuma 304-1 y el segundo revestimiento 308, las realizaciones no se limitan a ello. Por ejemplo, la estructura 302 compuesta resistente al fuego puede incluir tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve, diez o incluso más capas de protección térmica de geopolímero entre el material de espuma 304-1 y el segundo revestimiento 308.

30 Como se muestra en la Figura 3, la estructura 302 compuesta resistente al fuego puede incluir una pluralidad de materiales de espuma 304-1, 304-2, 304-3. Para una o más realizaciones, cada uno de los materiales de espuma 304-1, 304-2 o 304-3 por separado, por ejemplo, se encuentra ubicado entre dos de las capas de protección térmica de geopolímero. Mientras que el ejemplo ilustrado en la Figura 3 incluye tres materiales de espuma 304-1, 304-2, 304-3, las realizaciones no se limitan a ello. Por ejemplo, la estructura 302 compuesta resistente al fuego puede incluir cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve, diez o incluso más de los materiales de espuma.

35 Las estructuras 02 compuestas resistentes al fuego, como se divulgan en la presente memoria, pueden formarse por medio de una diversidad de procesos. Por ejemplo, las estructuras 02 compuestas resistentes al fuego pueden estar formadas mediante un proceso continuo, tal como un proceso de laminado continuo que emplea una doble configuración de cinta en la que los componentes de una capa 10 de protección térmica de geopolímero se pueden depositar, por ejemplo, verterse o pulverizarse, sobre una primera superficie de revestimiento 06, que puede ser flexible o rígida; a continuación, se puede depositar una mezcla de reacción para la formación de un material de espuma, por ejemplo se puede verter o pulverizar, sobre los componentes de la capa de protección térmica de geopolímero de curado; posteriormente se puede poner en contacto la superficie del segundo revestimiento 08 con la mezcla de reacción para la formación del material de espuma 04. Para diversas aplicaciones se pueden emplear otros procesos de formación. Por ejemplo, los componentes de la segunda capa 10 de protección térmica de geopolímero se pueden depositar, por ejemplo, verterse o pulverizarse, directamente sobre una superficie interior del

segundo revestimiento 08 o alternativamente sobre un sustrato que transporta dicha composición de geopolímero de curado entre ellas, la superficie interior del segundo revestimiento y la composición de formación de espuma de curado. Dicho sustrato queda a continuación incorporado a la interfaz de espuma-geopolímero. Adicionalmente, las estructuras 02 compuestas resistentes al fuego, como se divulgan en la presente memoria, se pueden formar por medio de un proceso discontinuo que incluye depositar, por ejemplo, verter o pulverizar, los componentes de una capa de protección térmica de geopolímero sobre el primer revestimiento 06 y/o el segundo revestimiento 08. A continuación, el primer y segundo revestimientos con sus capas de protección térmica de geopolímero se pueden colocar en una prensa y se puede depositar una mezcla de reacción para la formación de un material de espuma 04, por ejemplo, se puede verter o inyectar, entre los revestimientos primero y segundo 06, 08.

10 Ejemplos

En los Ejemplos, se usaron diversos términos y designaciones incluyendo, por ejemplo, los siguientes:

Disolución de silicato de sodio (activador alcalino, disolución de silicato de sodio Calidad 52, disponible en Occidental Chemical Corporation); ceniza volante clase F (reaccionante de aluminosilicato, disponible en BORAI®); medio continuo (agua desionizada, producida en laboratorio); revestimiento (tipo placa de acero inoxidable 304 de 0,3 milímetros de espesor); componente adicional (censoesfera, CTB150, disponible en Ceno Technologies Inc.).

Composición de precursor de geopolímero

Se preparó una composición de precursor de geopolímero como se muestra a continuación. Se añadieron agua (12,5 gramos) y una disolución de silicato de sodio (37,5 gramos) a un recipiente y se mezcló. Se añadieron ceniza volante clase F (162,5 gramos) y arena de sílice (50,0 gramos) a los contenidos del recipiente y se mezcló con un mezclador de alta cizalladura a 700-900 rotaciones por minuto (mezclador Modelo L1U08, disponible en LIGHTNIN®). La composición de precursor de geopolímero tuvo una relación en moles de silicio con respecto a aluminio de 1,00:2,68.

Ejemplo 1 (Referencia)

Se fabricó una estructura de material compuesto resistente al fuego, Ejemplo 1, como se muestra a continuación. La composición de precursor de geopolímero preparada descrita anteriormente se coló en el interior de un troquel; posteriormente, se prensó un material de espuma para dar lugar a la composición de precursor de geopolímero moldeada. La composición de precursor de geopolímero moldeada se curó durante 24 horas a 60 °C para formar una capa de protección térmica de geopolímero de espesor de 10 milímetros unida al material de espuma. El material de espuma fue una espuma de poliisocianurato formada por un sistema de poliisocianurato VORATHER™ CN604 que tenía un espesor de 160 milímetros, disponible en The Dow Chemical Company. Se unió una placa de acero inoxidable de tipo 0,3 milímetros de espesor a la capa de protección térmica de geopolímero con un poliuretano no formador de espuma (FoamFast 74, disponible en 3M™). No se apreciaron fisuras visualmente en el geopolímero moldeado.

Capas múltiples de protección térmica de geopolímero

Se moldearon composiciones de precursor de geopolímero como se ha descrito anteriormente en un troquel y se curaron durante 24 horas a 60 °C. Los geopolímeros curados se cortaron para formar un número de capas de protección térmica de geopolímero de 0,2 milímetros de espesor, un número de capas de protección térmica de geopolímero de 3 milímetros de espesor y un número de capas de protección térmica de geopolímero de 5 milímetros de espesor.

Materiales de espuma múltiples

Se cortó un material de espuma, que fue una espuma de poliisocianurato formada por un sistema de poliisocianurato de VORATHER™ CN604, disponible en The Dow Chemical Company, para dar lugar a materiales de espuma de 8 milímetros de espesor, un número de materiales de espuma de 21 milímetros de espesor, un número de materiales de espuma de 59 milímetros de espesor, un número de materiales de espuma de 65 milímetros de espesor y un número de materiales de espuma de 85 milímetros de espesor.

Ejemplo 2 (Referencia)

Se fabricó una estructura de material compuesto resistente al fuego, Ejemplo 2, como se muestra a continuación. Secuencialmente, se aseguraron juntas una capa de protección térmica de geopolímero de 5 milímetros de espesor, un material de espuma de 21 milímetros de espesor, una capa de protección térmica de geopolímero de 3 milímetros de espesor, un material de espuma de 21 milímetros de espesor, una capa de protección térmica de geopolímero de 3 milímetros de espesor, un material de espuma de 21 milímetros de espesor, una capa de protección térmica de geopolímero de 3 milímetros de espesor, un material de espuma de 21 milímetros de espesor, una capa de protección térmica de geopolímero de 3 milímetros de espesor y un material de espuma de 59 milímetros de espesor, junto con cinta resistente térmica. Se unió una placa de acero inoxidable 304 de tipo 0,3 milímetros de espesor a la capa de protección térmica de geopolímero de 5 milímetros de espesor con un poliuretano no formador

Tabla 2

	Tiempo de ensayo 1 hora
Ejemplo Comparativo A. Termopar 10 mm	651 °C
Ejemplo Comparativo A. Termopar 80 mm	173 °C
Ejemplo Comparativo A. Termopar 120 mm	59 °C

5 Los datos de las Tablas 1-2 muestran que las temperaturas del Ejemplo 1-3 en cada ubicación del termopar fueron menores que las temperaturas del Ejemplo Comparativo A en cada termopar correspondiente para los mismos tiempos de ensayo. Las temperaturas más bajas de los Ejemplos 1-3, en comparación con las del Ejemplo Comparativo A, indican que cada uno de los Ejemplos 1-3 tiene una mejor resistencia al fuego, en comparación con el Ejemplo Comparativo A.

Ejemplo 4 (Referencia)

10 Se fabricó una estructura de material compuesto resistente al fuego, Ejemplo 4, como se muestra a continuación.

Se preparó una composición de precursor de geopolímero como se muestra a continuación. Se añadieron agua (12,5 gramos) y disolución de silicato de sodio (37,5 gramos) a un recipiente y se mezcló. Se añadieron ceniza de clase F (162,5 gramos) y arena de sílice (50,0 gramos) a los contenidos del recipiente y se mezcló con un mezclador de alta cizalladura a 700-900 rotaciones por minuto (mezclador Modelo L1U08, disponible en LIGHTNIN®). La composición de precursor de geopolímero tiene una relación molar de silicio con respecto a aluminio de 1,00:2,68. Se colaron los dos lotes de la composición de precursor de geopolímero respectivamente en un troquel y se curó durante 24 horas a 60 °C. Los geopolímeros curados tuvieron una densidad de 2,03 gramos por centímetro cúbico. Los geopolímeros curados se conformaron cada uno para dar lugar a capas de protección térmica de geopolímero de espesor de 7,5 milímetros. Secuencialmente, se aseguraron una capa de protección térmica de geopolímero de 7,5 milímetros de espesor, un material de espuma de 85 milímetros de espesor y una capa de protección de geopolímero de 7,5 milímetros de espesor, junto con una cinta con resistencia térmica. Se unió una placa de acero inoxidable 304 de tipo 0,3 milímetros de espesor a una capa de protección térmica de geopolímero de 7,5 milímetros con un poliuretano no formador de espuma (FoamFast 74, disponible en 3M™).

Ejemplo 5 (Referencia)

25 Se fabricó una estructura de material compuesto resistente al fuego, Ejemplo 5, como se muestra a continuación.

Se preparó una composición de precursor de geopolímero como se muestra a continuación. Se añadieron agua (7,0 gramos) y disolución de silicato de sodio (14,3 gramos) a un recipiente y se mezcló. Se añadieron ceniza de clase F (31,0 gramos) y cenoesfera (8,6 gramos) a los contenidos del recipiente y se mezcló con un mezclador de alta cizalladura a 700-900 rotaciones por minuto (mezclador Modelo L1U08, disponible en LIGHTNIN®). La composición de precursor de geopolímero tiene una relación molar de silicio con respecto a aluminio de 1,00:2,65. Se colaron los dos lotes de la composición de precursor de geopolímero respectivamente en un troquel y se curó durante 24 horas a 60 °C. Los geopolímeros curados se conformaron cada uno para dar lugar a capas de protección térmica de geopolímero de espesor de 7,5 milímetros. Secuencialmente, se aseguraron una capa de protección térmica de geopolímero de 7,5 milímetros de espesor, un material de espuma de 85 milímetros de espesor y una capa de protección de geopolímero de 7,5 milímetros de espesor, junto con una cinta con resistencia térmica. Se unió una placa de acero inoxidable 304 de tipo 0,3 milímetros de espesor a una capa de protección térmica de geopolímero de 7,5 milímetros con un poliuretano no formador de espuma (FoamFast 74, disponible en 3M™).

Ejemplo 6 (Referencia)

Se fabricó una estructura de material compuesto resistente al fuego, Ejemplo 6, como se muestra a continuación.

40 Se preparó una composición de precursor de geopolímero como se muestra a continuación. Se añadieron agua (8,0 gramos) y disolución de silicato de sodio (20,0 gramos) a un recipiente y se mezcló. Se añadieron ceniza de clase F (21,5 gramos) y cenoesfera (13,9 gramos) a los contenidos del recipiente y se mezcló con un mezclador de alta cizalladura a 700-900 rotaciones por minuto (mezclador Modelo L1U08, disponible en LIGHTNIN®). La composición de precursor de geopolímero tiene una relación molar de silicio con respecto a aluminio de 1,00:2,74. Se colaron los dos lotes de la composición de precursor de geopolímero respectivamente en un troquel y se curó durante 24 horas

5 a 60 °C. Los geopolímeros curados tuvieron una densidad de 0,92 gramos por centímetro cúbico. Los geopolímeros curados se conformaron cada uno para dar lugar a capas de protección térmica de geopolímero de espesor de 7,5 milímetros. Secuencialmente, se aseguraron una capa de protección térmica de geopolímero de 7,5 milímetros de espesor, un material de espuma de 85 milímetros de espesor y una capa de protección de geopolímero de 7,5 milímetros de espesor, junto con una cinta con resistencia térmica. Se unió una placa de acero inoxidable 304 de tipo 0,3 milímetros de espesor a una capa de protección térmica de geopolímero de 7,5 milímetros con un poliuretano no formador de espuma (FoamFast 74, disponible en 3M™).

10 Se sometió a ensayo la resistencia al fuego de Ejemplos 4-6 como se muestra a continuación como para los Ejemplos 1-3 y Ejemplo Comparativo A. Se colocaron los termopares en el interior del material de espuma para cada uno de los Ejemplos 4-6 a 100 milímetros, tal y como se midió a partir de placas de acero inoxidable expuestas a la fuente de calor para registrar las temperaturas y determinar la resistencia al fuego. Con fines experimentales, los Ejemplos 4-6 no incluyen un segundo revestimiento. La Tabla 3 muestra datos correspondientes a las temperaturas para cada ubicación del termopar para cada uno de los Ejemplos 4-6 medidos a una hora, dos horas y dos horas y media.

15

Tabla 3

	Tiempo de ensayo 1 hora	Tiempo de ensayo 2 horas	Tiempo de ensayo 2,5 horas
Ejemplo 4. Termopar 100 mm	59 °C	93 °C	106 °C
Ejemplo 5. Termopar 100 mm	58 °C	95 °C	108 °C
Ejemplo 6. Termopar 100 mm	62 °C	92 °C	93 °C

20 El Ejemplo 4 incluyó dos capas de protección térmica de geopolímero. Como se comenta y se muestra en la presente memoria, la capa de protección térmica de geopolímero puede proporcionar una mejor resistencia al fuego en comparación con otros enfoques de panel, tal como paneles que no tienen protección térmica de geopolímero, por ejemplo el Ejemplo Comparativo A. Los datos de la Tabla 3 muestran que las temperaturas del Ejemplo 5-6 en la ubicación del termopar de 100 milímetros fueron menores y/o comparables con las temperaturas del Ejemplo 4 en la ubicación del termopar de 100 milímetros para los mismos tiempos de ensayo. Las temperaturas menores y/o comparables de los Ejemplos 5-6, en comparación con el Ejemplo 4, indican que cada uno de los Ejemplos 4-6 tiene una mejor resistencia al fuego, en comparación con otros enfoques de panel, tal como paneles que no tienen
 25 protección térmica de geopolímero, por ejemplo el Ejemplo Comparativo A.

REIVINDICACIONES

- 1.- Una estructura de material compuesto resistente al fuego que comprende:
- un material de espuma ubicado entre un primer revestimiento y un segundo revestimiento;
 - una primera capa de protección térmica de geopolímero ubicada entre el material de espuma y el primer material de revestimiento, en la que la primera capa de protección térmica de geopolímero se forma mediante curado de los precursores de geopolímero de curado que tienen una relación en moles de silicio con respecto a aluminio dentro del intervalo de 1,0:0,1 a 1,0:3,3; y
 - una segunda capa de protección térmica de geopolímero ubicada entre el material de espuma y el segundo revestimiento.
2. La estructura de la reivindicación 1, en la que la primera capa de protección térmica de geopolímero se forma mediante curado de una composición de precursor de geopolímero que tiene un reaccionante de aluminosilicato, un activador alcalino y un medio continuo.
3. La estructura de la reivindicación 2, en la que el reaccionante de aluminosilicato tiene de 20 por ciento en peso a 80 por ciento en peso de un peso de composición, el activador alcalino tiene de un 20 por ciento a un 80 por ciento del peso de la composición, y el medio continuo tiene de 20 por ciento en peso a 80 por ciento en peso del peso de la composición, de manera que el porcentaje en peso de reaccionante de aluminosilicato, el porcentaje en peso de activador alcalino y el porcentaje en peso del medio continuo suman hasta 100 por cien en peso del peso de la composición.
4. La estructura de una cualquiera de las reivindicaciones 2-3, en la que el reaccionante de aluminosilicato está seleccionado entre el grupo que consiste en ceniza volante de carbón, arcilla calcinada, escoria metalúrgica y sus combinaciones y el activador alcalino incluye silicato de sodio.
5. La estructura de una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, que además incluye un segundo material de espuma ubicado entre la primera capa de protección térmica de geopolímero y una tercera capa de protección térmica de geopolímero.
6. La estructura de una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, que además comprende un tercer material de espuma ubicado entre la segunda capa de protección térmica de geopolímero y una cuarta capa de protección térmica de geopolímero.
7. La estructura de la reivindicación 5, en la que la ceniza volante de carbón está seleccionada entre ceniza volante de carbón Clase F, ceniza volante de carbón de Clase C y sus combinaciones.
8. La estructura de la reivindicación 2, en la que el activador alcalino incluye un hidróxido alcalino seleccionado entre hidróxido de sodio, hidróxido de potasio y sus combinaciones.
9. La estructura de la reivindicación 1, en la que el material de espuma es una espuma termoestable.
10. La estructura de la reivindicación 9, en la que la espuma termoestable es una espuma de poliisocianurato o una espuma de poliuretano.
11. La estructura de la reivindicación 1, en la que la capa de protección térmica de geopolímero incluye un agregado.

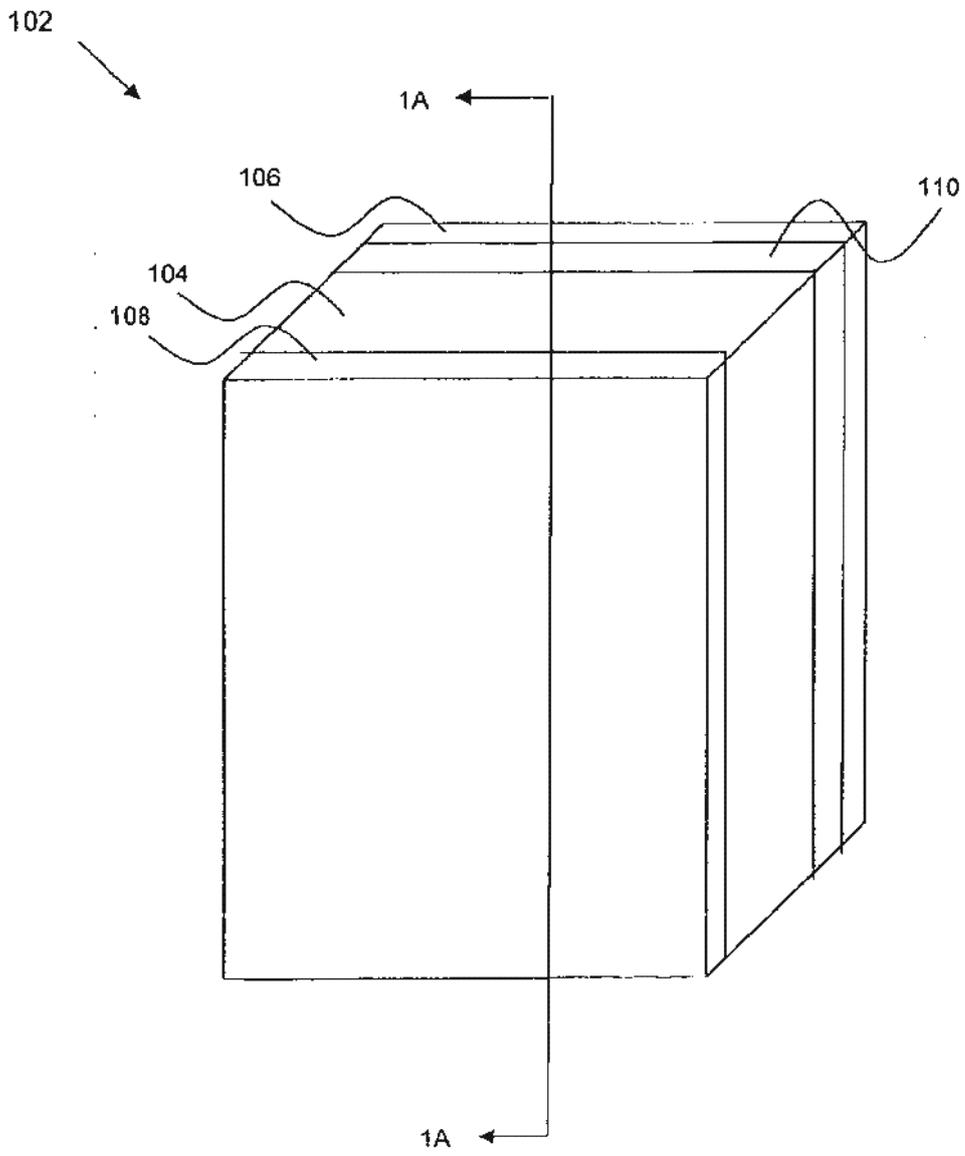


Figura 1A (Referencia)

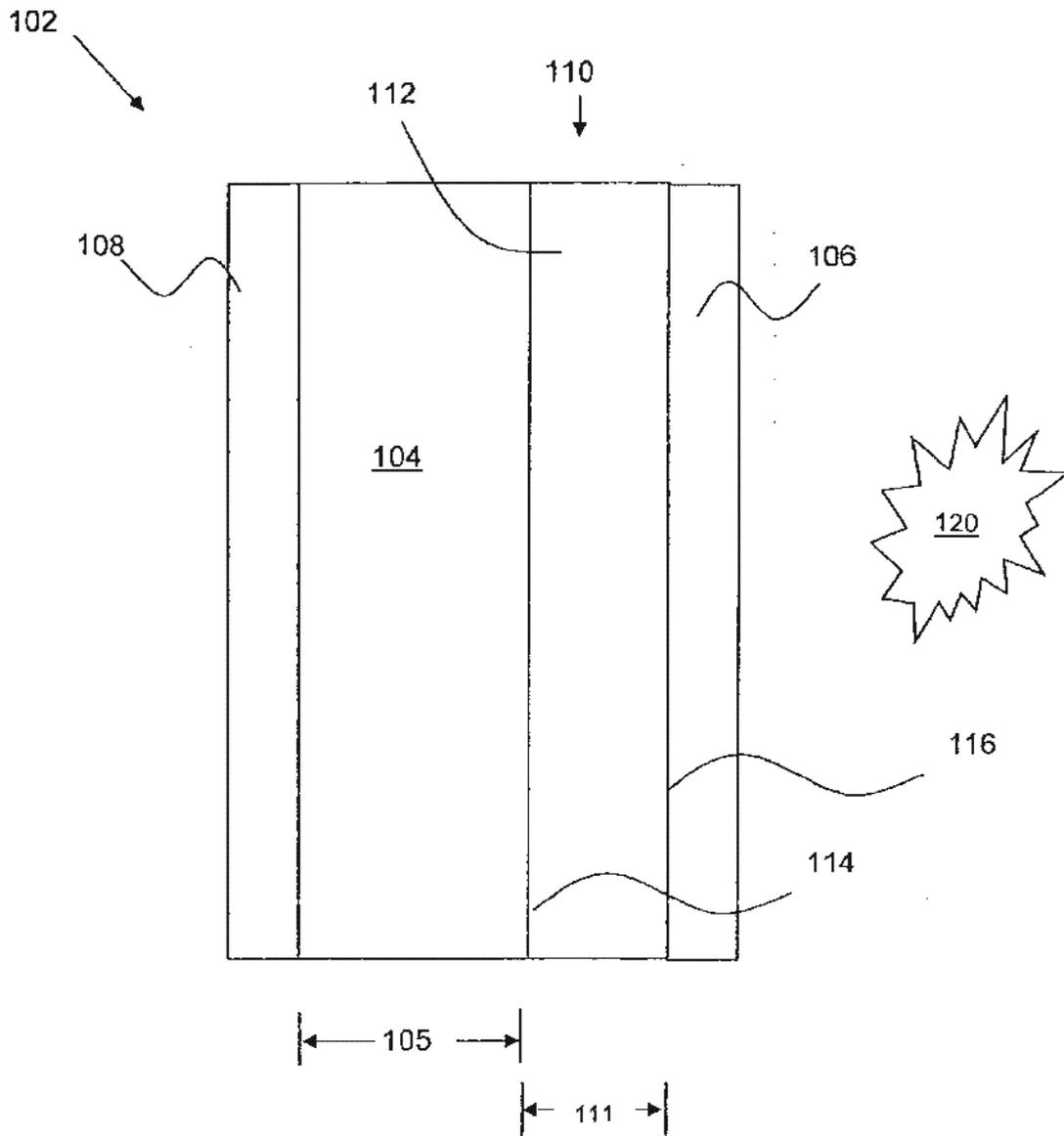


Figura 1B (Referencia)

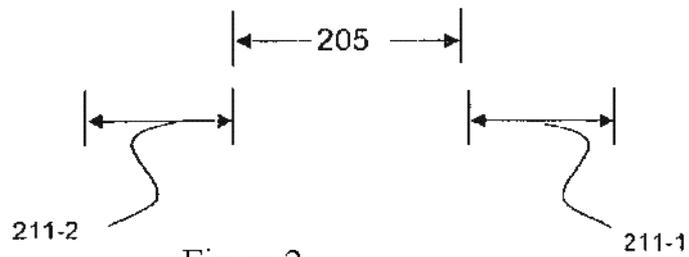
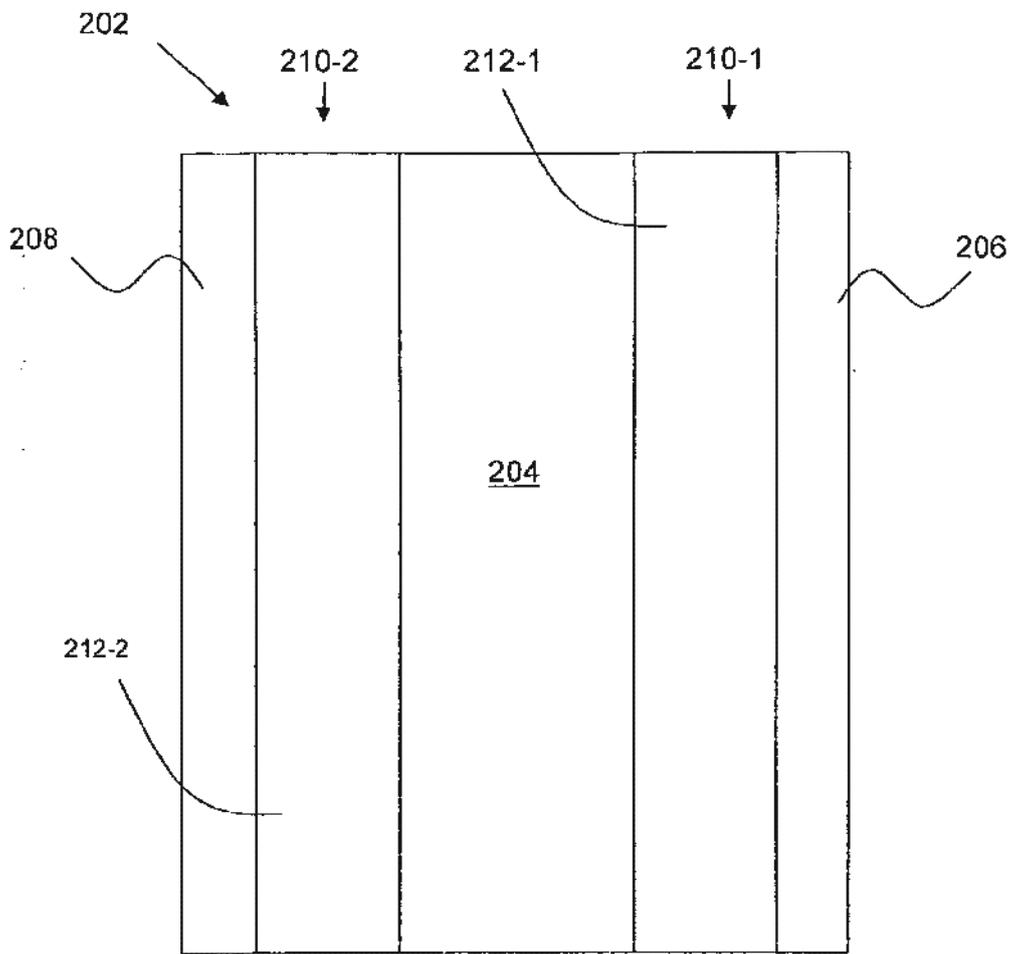


Figura 2

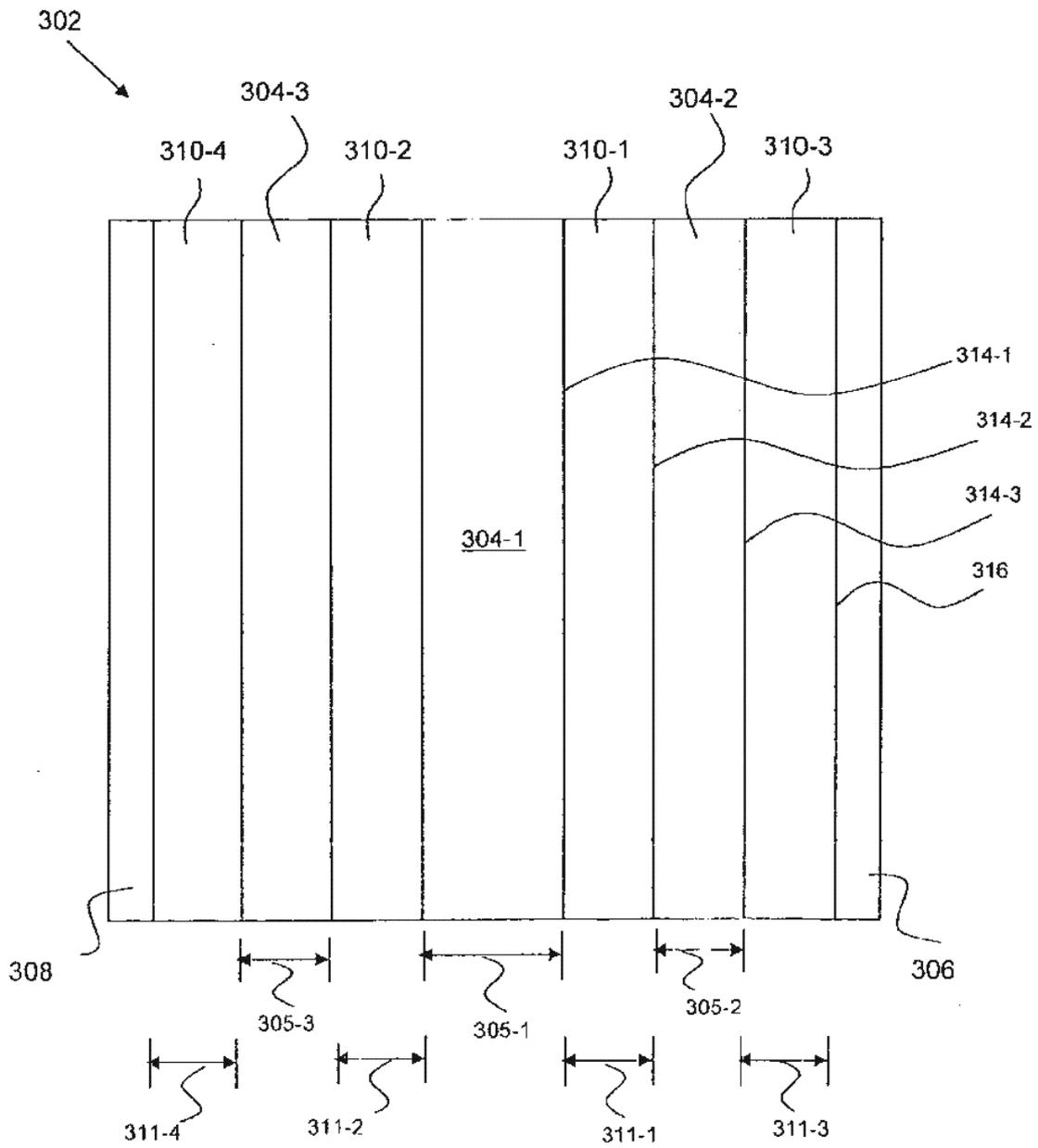


Figura 3