

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 574 012**

51 Int. Cl.:

C04B 28/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2006 E 06736128 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2016 EP 1851396**

54 Título: **Composiciones ligeras**

30 Prioridad:

**25.02.2005 US 656596 P
22.03.2005 US 664120 P
22.03.2005 US 664230 P
02.06.2005 US 686858 P
21.10.2005 US 728839 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.06.2016

73 Titular/es:

**NOVA CHEMICALS INC. (100.0%)
WESTPOINT CENTER, 1550 CORAOPOLIS
HEIGHTS ROAD
MOON TOWNSHIP, PENNSYLVANIA 15108, US**

72 Inventor/es:

**GUEVARA, TRICIA;
WILLIAMS, MICHAEL T.;
COWAN, DAVID, A.;
MADISH, JOHN, K.;
ADEWALE, KOLAPO;
MOORE, ROGER y
BOWMAN, JAY**

74 Agente/Representante:

MILTENYI, Peter

ES 2 574 012 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

Composiciones ligeras

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la invención

10 La presente invención va dirigida a nuevas composiciones, materiales, procedimientos para su uso y procedimientos para su fabricación que son generalmente útiles como agentes en el sector de la construcción y la edificación. Más concretamente, los compuestos de la presente invención pueden utilizarse en aplicaciones de construcción y edificación que se benefician de un material relativamente ligero, extensible, moldeable, que puede verterse, el cual presenta unas propiedades de alta resistencia y a menudo de un mejor aislamiento.

15 2. Descripción de la técnica anterior

20 En el campo de la preparación y uso de materiales cementosos ligeros, tales como el denominado hormigón ligero, los materiales que han estado disponibles para los sectores hasta ahora han requerido generalmente la adición de varios componentes para lograr una masa de hormigón resistente pero ligera que tenga una alta homogeneidad de componentes y que esté adherida uniformemente en toda la masa.

25 US 4 157 640 A se refiere a un panel de construcción prefabricado que tiene un bloque de material aislante y por lo menos un elemento rigidizador unido al material aislante. GB 2 365 456 A se refiere a un panel de construcción que incluye un cuerpo de chapa realizado de poliestireno de espuma y uno o más elementos de refuerzo alargados embebidos en el interior del cuerpo.

30 Las patentes americanas nº 3.214.393, 3.257.338 y 3.272.765 describen mezclas de hormigón que contienen cemento, un conglomerado primario, un polímero de estireno expandido en partículas, y un aditivo homogeneizante y/o un tensioactivo.

35 La patente americana nº 3.021.291 describe un procedimiento de fabricación de hormigón celular mediante la incorporación en la mezcla de hormigón, antes de la fundición de la mezcla, de un material polimérico que se expandirá bajo la influencia del calor durante el fraguado. La forma y el tamaño de las partículas poliméricas no es crítico.

40 La patente americana nº 5.580.378 describe un producto cementoso ligero, hecho de una mezcla cementosa acuosa que puede incluir cenizas, cemento Portland, arena, cal y, como componente para reducir el peso, partículas de poliestireno micronizadas que tienen tamaños de partícula en el intervalo entre 50 y 2000 μm y una densidad de aproximadamente 1 lb/pie³. La mezcla puede verterse en productos moldeados tales como muros de cimentación, tejas, ladrillos y similares. El producto también puede utilizarse como mortero de albañil, yeso, estuco o textura.

45 JP 9 071 449 describe un hormigón ligero que incluye cemento Portland y un conglomerado ligero tal como poliestireno expandido, perlita o vermiculita como una parte o todas las partes del conglomerado. El poliestireno expandido tiene un diámetro de gránulo de 0,1-10mm y una gravedad específica entre 0,01 y 0,08.

50 Las patentes americanas nº 5.580.378, 5.622.556, y 5.725.652 describen productos cementos ligeros compuestos de una mezcla cementosa acuosa que incluye cemento y esquisto expandido, arcilla, pizarra, cenizas y/o cal, y un componente para ahorrar peso, que es poliestireno en partículas micronizadas que tienen tamaños de partícula en el intervalo entre 50 y 2000 μm , y caracterizado por tener contenidos de agua en el intervalo entre aproximadamente 0,5% y 50% v/v.

55 La patente americana nº 4.265.964 describe composiciones ligeras para unidades estructurales tales como paneles de tableros y similares, que contienen gránulos termoplásticos expansibles de baja densidad; un material de base cementosa, tal como yeso; un tensioactivo; un aditivo que actúa como agente de formación de espuma para incorporar una cantidad apropiada de aire en la mezcla; una película de formación de película; y un almidón. Los gránulos de termoplástico expansible se expanden tanto como sea posible.

60 WO 98 02 397 describe tejas de hormigón ligero realizadas por moldeo de una composición aglomerante hidráulica que contiene espumas de resina sintética como conglomerado y que tiene una gravedad específica de aproximadamente entre 1,6 y 2.

WO 00/61519 describe un hormigón ligero que incluye una mezcla de aproximadamente entre un 40% y un 99% de material polimérico orgánico y de entre un 1% y aproximadamente un 60% de un agente de introducción de aire. La

mezcla se utiliza para la preparación de hormigón ligero que utiliza conglomerado de poliestireno. Se requiere que la mezcla disperse el conglomerado de poliestireno y mejore la unión entre el conglomerado de poliestireno y el aglomerante cementoso circundante.

5 WO 01/66485 describe una mezcla cementosa ligera con un contenido de volumen: entre un 5 y un 80% de cemento, entre un 10 y un 65% de partículas de poliestireno expandido; entre un 10 y un 90% de partículas minerales expandidas; y agua suficiente para hacer una pasta con una distribución sustancialmente uniforme de poliestireno expandido después de un mezclado adecuado.

10 La patente americana nº 6.851.235 describe un bloque de construcción que incluye una mezcla de agua, cemento, y perlas de espuma de poliestireno expandido (EPS) que tienen un diámetro entre 3,18 mm (1/8 pulgadas) y 9,53 mm (3/8 pulgadas) en proporciones de entre 68 y 95 litros (entre 18 y 25 galones) de agua; entre 150 y 190 kg (entre 325 y 425 lb) de cemento; y entre 850 y 1400 litros (entre 30 y 50 pies cúbicos) de perlas pre-expandidas.

15 En general, la técnica anterior reconoce la utilidad de utilizar polímeros expandidos, en alguna forma, en composiciones de hormigón, para reducir el peso total de las composiciones. Los polímeros expandidos se añaden principalmente para ocupar espacio y crear huecos en el hormigón y la cantidad de "espacios de aire" en el polímero expandido normalmente se maximiza para conseguir este objetivo. En general, la técnica anterior asume que las partículas de polímero expandido reducirán la resistencia y/o la integridad estructural de composiciones de hormigón ligero. Además, los artículos de hormigón realizados en composiciones de hormigón ligeras de la técnica anterior
20 tienen, en el mejor de los casos, unas propiedades físicas inconsistentes, tales como módulo de Young, conductividad térmica, y resistencia a la compresión, y típicamente demuestran unas propiedades físicas menos que deseables.

25 Los muros de hormigón en la construcción de edificios se producen con mayor frecuencia disponiendo primero dos moldes paralelos y vertiendo hormigón en el espacio entre los moldes. Después de que el hormigón ha endurecido, el constructor extrae a continuación los moldes dejando el muro de hormigón fraguado.

30 Esta técnica de la técnica anterior presenta inconvenientes. La formación de los muros de hormigón es ineficiente debido al tiempo requerido para levantar las formas, esperar hasta que ha fraguado el hormigón, y retirar las formas. Esta técnica de la técnica anterior, por lo tanto, es un proceso costoso y laborioso.

En consecuencia, se han desarrollado técnicas para la formación de muros de hormigón modulares, que utilizan un material de espuma aislante. Las paredes modulares se disponen paralelas entre sí y unos componentes de
35 conexión sujetan las dos paredes en posición entre sí mientras se vierte el hormigón entre las mismas. Las paredes, sin embargo, permanecen en su posición después de que el hormigón ha fraguado. Es decir, las paredes, que están construidas de un material de espuma aislante, constituyen una parte permanente del edificio después de que el hormigón haya fraguado. Los muros de hormigón realizados con esta técnica pueden ser apilados unos encima de otros muchos suelos de altura para formar todas las paredes de un edificio. Además de la eficiencia obtenida
40 mediante la retención de las paredes como parte de la estructura permanente, los materiales de las paredes a menudo proporcionan un aislamiento adecuado para el edificio.

Aunque la técnica anterior incluye muchas variaciones propuestas para obtener las mejoras con esta técnica, todavía existen inconvenientes para cada diseño. Los componentes de conexión utilizados en la técnica anterior
45 para mantener las paredes están contruidos de (1) espuma plástica, (2) plástico de alta densidad, o (3) un puente metálico, que es un soporte no estructural, es decir, una vez que el hormigón ha fraguado, los componentes de conexión no realizan ninguna función. Aún así, estos elementos proporcionan funciones de aislamiento térmico y acústico y durante mucho tiempo han sido aceptados por la industria de la construcción.

50 Por lo tanto, la tecnología de las paredes de hormigón aislado actual requiere el uso de pequeños bloques de espuma moldeada normalmente de 12 a 24 pulgadas de altura con una longitud estándar de cuatro pies. La gran cantidad de juntas horizontales y verticales que requieren refuerzo para posicionar correctamente los bloques durante un vertido de hormigón limita su uso a menores longitudes de muro y a menores alturas de muro. Las aberturas del muro, tales como ventanas y puertas requieren una formación preparada y diseñada hábilmente para
55 resistir las presiones ejercidas sobre las mismas durante la colocación del hormigón. El personal de acabado del yeso tiene dificultad en colgar paneles de yeso en este tipo de sistemas debido al problema de situar moldeados en tiras tapajuntas. Las tiras tapajuntas metálicas o de plástico en los diseños actuales no son de naturaleza continua y normalmente están embebidas dentro de caras de espuma. Las características presentes en los sistemas de formación de bloques actuales requieren mano de obra especializada, largos tiempos de colocación, bloqueo y apuntalamiento diseñados, y habilidades de acabado no tradicionales. Esto se traduce en un muro más caro que no
60 es adecuado para aplicaciones de construcción de muros más grandes. La mano de obra altamente especializada que se requiere para colocar, bloquear, apuntalar y aplicar acabados en un sistema de bloques restringe gravemente el uso de estos sistemas en comparación con las técnicas de construcción de hormigón tradicionales.

5 Una propuesta para resolver el problema de muros rectos y efectivos en diseños más grandes ha sido diseñar bloques más grandes. La tecnología de fabricación actual existente ha limitado este aumento de 24 pulgadas de altura y ocho pies de largo. Otros sistemas crean paneles de plástico de espuma opuestos con corte por alambre caliente unidos mecánicamente entre sí en una operación secundaria utilizando unos conectores metálicos o de plástico. Estos paneles son normalmente de 48 pulgadas de ancho y 8 pies de altura y no contienen tiras tapajuntas continuas.

10 Sin embargo, ninguna de las propuestas descritas anteriormente aborda adecuadamente los problemas de reventón de la pared en grandes alturas de pared debido a la presión ejercida por el hormigón vertido, una construcción rápida y fácil con una mano de obra no cualificada, y facilidad de acabado de los muros con puntos de fijación de fácil verificación.

15 Por lo tanto, existe la necesidad en la técnica de composiciones de hormigón ligeras que proporcionen artículos de hormigón ligeros que presenten unas propiedades físicas predecibles y deseables, así como de paneles de construcción preformados compuestos y paredes de hormigón aisladas con bloques internos y elementos de refuerzo que solucionen los problemas descritos anteriormente.

20 **Descripción de la invención**

La presente invención dispone un panel de construcción compuesto tal como se define en la reivindicación 1.

Descripción de los dibujos

25 La figura 1 muestra una vista en planta superior de un molde de hormigón pre-formado aislado;
 La figura 2 muestra una vista en planta superior de un molde de hormigón pre-formado aislado;
 La figura 3 muestra una vista en sección transversal de un molde de hormigón pre-formado aislado;
 La figura 4 muestra una vista en perspectiva parcial de un montante utilizado en la invención;
 La figura 5 muestra una vista en perspectiva de un molde de hormigón pre-formado aislado;
 30 La figura 6 muestra una vista en perspectiva de la parte de hormigón y el montante de un molde de hormigón aislado;
 La figura 7 muestra una vista en perspectiva de la parte de hormigón y el montante de un molde de hormigón aislado;
 La figura 8 muestra una vista en perspectiva parcial de un montante utilizado en la invención;
 35 La figura 9 muestra una vista en planta de un sistema de moldes de hormigón aislado;
 La figura 10 muestra una unidad de esquinas de molde hormigón aislado;
 La figura 11 muestra una vista en sección transversal de un panel aislado inclinado preformado compuesto de hormigón;
 La figura 12 muestra una vista en sección transversal de un panel aislado inclinado preformado compuesto de
 40 hormigón;
 La figura 13 muestra una vista en sección transversal de un cuerpo reforzado para utilizarlo en la fabricación del panel aislado inclinado preformado compuesto de hormigón de las figuras 11 y 12;
 La figura 14 muestra una vista en perspectiva de un montante metálico incorporado para utilizarse en la fabricación del cuerpo reforzado de la figura 13 y los paneles aislados inclinados preformados compuestos de hormigón de las
 45 figuras 11 y 12;
 La figura 15 muestra una vista en sección transversal de un panel aislado inclinado preformado compuesto de hormigón;
 La figura 16 muestra una vista en sección transversal de un cuerpo reforzado para utilizarse en la fabricación del panel aislado inclinado preformado compuesto de hormigón de la figura 15;
 50 La figura 17 muestra una vista en sección transversal de un panel aislado inclinado preformado compuesto de hormigón; y
 La figura 18 muestra una vista en perspectiva de un montante metálico incorporado para utilizarse en la fabricación del cuerpo reforzado de la figura 16 y los paneles aislados inclinados preformados compuestos de hormigón de las figuras 13 y 15;
 55 La figura 19 muestra una vista en sección transversal de un panel de construcción pre-formado de acuerdo con la invención;
 La figura 20 muestra una vista en sección transversal de un panel de construcción pre-formado de acuerdo con la invención;
 La figura 21 muestra una vista en sección transversal de un panel de construcción pre-formado de acuerdo con la
 60 invención;
 La figura 22 muestra una vista en sección transversal de un sistema de paneles de construcción preformados compuestos de hormigón de acuerdo con la invención;
 La figura 23 muestra una vista en perspectiva de un sistema de suelo;

La figura 24 muestra una vista en perspectiva de un sistema de suelo;
 La figura 25 muestra una vista en perspectiva de un procedimiento de construcción;
 La figura 26 muestra una vista parcial en perspectiva de una guía de nivel;
 La figura 27 es una micrografía electrónica de barrido de la superficie de una perla pre-expandida utilizada en la
 invención;
 La figura 28 es una micrografía electrónica de barrido del interior de una perla pre-expandida utilizada en la
 invención;
 La figura 29 es una micrografía electrónica de barrido de la superficie de una perla pre-expandida utilizada en la
 invención;
 La figura 30 es una micrografía electrónica de barrido del interior de una perla pre-expandida utilizada en la
 invención;
 La figura 31 es una micrografía electrónica de barrido de la superficie de una perla pre-expandida utilizada en la
 invención; y
 La figura 32 es una micrografía electrónica de barrido del interior de una perla pre-expandida utilizada en la
 invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Aparte de en los ejemplos operativos o cuando se indique lo contrario, todos los números o expresiones que se refieren a cantidades de ingredientes, estados de reacción, etc., utilizados en la memoria y las reivindicaciones deben entenderse como modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". En consecuencia, salvo que se indique lo contrario, los parámetros numéricos expuestos en la siguiente memoria y en las reivindicaciones adjuntas son aproximaciones que pueden variar dependiendo de las propiedades deseadas que desea obtener la presente invención. Tal como mínimo, y no como un intento de limitar la aplicación de la doctrina de equivalentes al alcance de las reivindicaciones, cada parámetro numérico debe por lo menos interpretarse a la luz del número de dígitos significativos y aplicando técnicas de redondeo ordinarias.

A pesar de que los intervalos numéricos y parámetros que exponen el amplio alcance de la invención son aproximaciones, los valores numéricos expuestos en los ejemplos específicos se dan de manera tan precisa como sea posible. Cualquier valor numérico, sin embargo, contienen inherentemente ciertos errores que resultan necesariamente de la desviación estándar que se da en sus respectivas mediciones de prueba.

También, debe entenderse que cualquier intervalo numérico citado aquí pretende incluir todos los sub-intervalos incluidos en el mismo. Por ejemplo, un intervalo entre "1 y 10" pretende incluir todos los sub-intervalos entre ellos e incluyendo el valor mínimo enumerado de 1 y el valor máximo citado de 10; es decir, que tiene un valor mínimo igual o mayor que 1 y un valor máximo de igual a o menor que 10. Debido a que los intervalos numéricos descrito son continuos, incluyen cada valor entre los valores mínimo y máximo. Salvo que se indique expresamente lo contrario, los diversos intervalos numéricos especificados en esta solicitud son aproximaciones.

Tal como se utiliza aquí, el término "material conformable" se refiere a cualquier material en forma líquida, semi-sólida, viscoelástica, y/u otra forma adecuada que puede ser manipulado y colocado en un espacio cerrado de forma y/o dimensiones predeterminadas donde se convierte en sólido ya sea por refrigeración, curado, y/o fraguado.

Tal como se utiliza aquí, el término "partículas que contienen espacios vacíos" se refiere a partículas de polímero expandido, partículas pre-expandidas, y otras partículas que incluyen cámaras celulares y/o de tipo nido de abeja, por lo menos algunas de las cuales están completamente cerradas, que contienen aire o un gas específico o combinación de gases, como ejemplo no limitativo partículas pre-expandidas tal como se describe aquí.

Tal como se utiliza aquí, los términos "cemento" y "cementoso" se refieren a materiales que adhieren hormigón u otro producto monolítico, no el propio producto final. En particular, cemento hidráulico se refiere a un material que fragua y se endurece al experimentar una reacción de hidratación en presencia de una cantidad suficiente de agua para producir un producto endurecido final.

Tal como se utiliza aquí, el término "mezcla cementosa" se refiere a una composición que incluye un material de cemento, y una o más sustancias de relleno, adyuvantes, u otros materiales conocidos en la técnica que forman una suspensión que se endurece tras el curado. Los materiales de cemento incluyen, cemento hidráulico, yeso, composiciones de yeso, cal y similares, y pueden incluir agua o no, pero no se limitan a éstos. Los adyuvantes y sustancias de relleno incluyen a arena, arcilla, ceniza, conglomerado, agentes de entrada de aire, colorantes, reductores de agua/superplastificantes, y similares, pero no se limitan a éstos.

Tal como se utiliza aquí, el término "hormigón" se refiere a un material de construcción duro y fuerte realizado mezclando de una mezcla cementosa con agua suficiente para hacer que la mezcla cementosa fragüe y adhiera toda la masa.

Tal como se utiliza aquí, los términos "(met)acrílico" y "(met)acrilato" pretenden incluir derivados de ácido tanto acrílico como metacrílico, tales como los ésteres de alquilo correspondientes a menudo denominados acrilatos y (met)acrilatos, que pretende abarcar el término "(met)acrilato".

5 Tal como se utiliza aquí, el término "polímero" se entiende que abarca, sin limitación, homopolímeros, copolímeros, copolímeros de injerto, y mezclas y combinaciones de los mismos.

10 En su contexto más amplio, la presente invención dispone un procedimiento para controlar la entrada de aire en un artículo formado. El artículo formado puede realizarse de cualquier material moldeable, donde se utilizan partículas que contienen espacios vacíos para la entrada de aire de una manera se soporte estructural. Puede utilizarse cualquier material moldeable adecuado, siempre que las partículas que contienen espacios vacíos no se dañen durante el proceso de formación. Tal como tal, si se utilizan partículas adecuadas, el material moldeable puede ser una composición cementosa, metal, cerámica, plástico, caucho, o un material compuesto.

15 Metales que pueden utilizarse en la invención incluyen aluminio, hierro, titanio, molibdeno, níquel, cobre, combinaciones de los mismos y aleaciones de los mismos, pero sin limitarse a éstos. Cerámica adecuada incluye materiales inorgánicos tales como cerámica, esmaltes y refractarios e incluyen silicatos metálicos, óxidos metálicos, nitruros metálicos y combinaciones de los mismos, pero no se limitan a éstos. Plásticos adecuados incluyen poliolefinas, homopolímeros de monómeros aromáticos de vinilo; copolímeros de monómeros aromáticos de vinilo, (met)acrilatos de polietileno, policarbonatos, poliésteres, poliamidas, y sus combinaciones, pero no se limitan a éstos. Cauchos adecuados incluyen cauchos naturales, cauchos sintéticos y combinaciones de los mismos.

20 Tal como se utiliza aquí, el término "material compuesto" se refiere a un material sólido que incluye dos o más sustancias que tienen diferentes características físicas y en el que cada sustancia conserva su identidad a la vez que contribuye a unas propiedades deseables al conjunto. Como ejemplo no limitativo, los materiales compuestos pueden incluir un material estructural realizado en plástico dentro del cual está embebido un material fibroso, tal como carburo de silicio, fibras de vidrio, fibras de aramida, y similares.

25 Las partículas se seleccionan de manera que no se fundan o de otro modo lleguen a dañarse durante el proceso de formación. Por ejemplo, una partícula de polímero típicamente no se utilizaría en una operación de formación metálica. Los materiales adecuados a partir de los cuales pueden seleccionarse las partículas que contienen huecos incluyen polímeros, plásticos, cerámicas, y similares. Si se utilizan polímeros y/o plástico, pueden ser materiales expandidos como se describe a continuación. Si se utilizan materiales cerámicos, éstos están formados con huecos en los mismos. Como ejemplo no limitativo, una cerámica puede formarse incorporando un polímero en la misma, que posteriormente se quema dejando espacios vacíos en la cerámica. La cerámica con espacios vacíos puede utilizarse entonces en un metal para proporcionar una parte metálica ligera formada.

30 Así, la presente invención está dirigida a procedimientos de control de entrada de aire, donde un artículo se forma combinando un material moldeable y partículas que contienen espacios vacíos para proporcionar una mezcla y colocando la mezcla en un molde.

35 Aunque la solicitud describe en detalle mezclas de cemento con partículas de polímero, los conceptos y realizaciones descritas aquí pueden utilizarse por los expertos en la materia en las otras aplicaciones que se han descrito anteriormente.

40 Las realizaciones de la presente invención van dirigidas a una composición de hormigón ligero (LWC) que incluye una mezcla cementosa y partículas de polímero. Sorprendentemente, se ha encontrado que el tamaño, composición, estructura y propiedades físicas de las partículas de polímero expandido, y en algunos casos sus precursores de perlas de resina, pueden afectar en gran medida a las propiedades físicas de los artículos de LWC elaborados a partir de las composiciones de LWC de la invención. De particular interés es la relación entre el tamaño del grano y la densidad de las partículas de polímero expandido sobre las propiedades físicas de los artículos de LWC resultantes.

45 En una realización de la invención, la mezcla cementosa puede ser una mezcla cementosa acuosa.

50 Las partículas de polímero, que opcionalmente pueden ser partículas de polímero expandido, están presentes en la composición de LWC a un nivel de por lo menos un 10, en algunos casos por lo menos un 15, en otros casos por lo menos un 20, en situaciones particulares de hasta un 25, en algunos casos por lo menos un 30, y en otros casos por lo menos un 35 por ciento en volumen y hasta un 78, en algunos casos hasta un 75, en otro caso de hasta un 65, en casos particulares hasta un 60, en algunos casos hasta un 50, y en otros casos hasta un 40 por ciento en volumen en base al volumen total de la composición de LWC. La cantidad de polímero puede variar dependiendo de las propiedades físicas particulares deseadas en un artículo de LWC acabado. La cantidad de partículas de polímero en

la composición de LWC puede ser cualquier valor o puede variar entre cualquiera de los valores citados anteriormente.

5 Las partículas de polímero pueden incluir cualquier partícula derivada de cualquier material termoplástico expansible adecuado. Las partículas de polímero reales se seleccionan en base a las propiedades físicas particulares deseadas en un artículo de LWC acabado. Como ejemplo no limitativo, las partículas de polímero, que opcionalmente pueden ser partículas de polímero expandido, pueden incluir uno o más polímeros seleccionados de homopolímeros de monómeros aromáticos de vinilo; copolímeros de por lo menos un monómero aromático de vinilo con uno o más de divinilbenceno, dienos conjugados, metacrilatos de alquilo, acrilatos de alquilo, acrilonitrilo, y/o anhídrido maleico; poliolefinas; policarbonatos; poliésteres; poliamidas; cauchos naturales; cauchos sintéticos; y combinaciones de los mismos.

15 En una realización de la invención, las partículas de polímero incluyen homopolímeros termoplásticos o copolímeros seleccionados de homopolímeros derivados de monómeros aromáticos de vinilo, incluyendo estireno, isopropilestireno, alfa-metilestireno, metilestirenos nucleares, cloroestireno, terc-butilestireno, y similares, así como copolímeros preparados mediante la copolimerización de por lo menos un monómero aromático de vinilo tal como se ha descrito anteriormente con uno o más de otros monómeros, siendo ejemplos no limitativos divinilbenceno, dienos conjugados (siendo ejemplos no limitativos butadieno, isopreno, 1,3- y 2,4- hexadieno), metacrilatos de alquilo, acrilatos de alquilo, acrilonitrilo y anhídrido maleico, en el que el monómero aromático de vinilo está presente en por lo menos un 50% en peso del copolímero. En una realización de la invención, se utilizan polímeros de estireno, en particular poliestireno. Sin embargo, pueden utilizarse otros polímeros adecuados, tales como poliolefinas (por ejemplo, polietileno, polipropileno), policarbonatos, óxidos de polifenileno, y mezclas de los mismos.

25 En una realización particular de la invención, las partículas de polímero son partículas de poliestireno expansible (EPS). Estas partículas pueden ser en forma de perlas, gránulos u otras partículas adecuadas para las operaciones de expansión y moldeo.

30 En la presente invención, las partículas polimerizadas en un proceso de suspensión, que son esencialmente perlas de resina esféricas, son útiles como partículas de polímero o para realizar partículas de polímero expandido. Sin embargo, también pueden utilizarse polímeros derivados de técnicas de solución y polimerización en masa que son extruidos y cortados en secciones de perlas de resina de tamaño de partículas.

35 En una realización de la invención, las perlas de resina (no expandidas) que contienen cualquiera de los polímeros o composiciones de polímeros descritos aquí tienen un tamaño de partícula de por lo menos 0,2, en algunas situaciones de por lo menos 0,33, en algunos casos por lo menos 0,35, en otros casos por lo menos 0,4, en algunos casos de por lo menos 0,45 y en otros casos por lo menos 0,5 mm. También, las perlas de resina pueden tener un tamaño de partícula de hasta 3, en algunos casos de hasta 2, en otros casos de hasta 2,5, en algunos casos de hasta 2,25, en otros casos de hasta 2, en algunas situaciones de hasta 1,5 y en otras situaciones de hasta 1 mm. En esta realización, las propiedades físicas de artículos de LWC realizadas de acuerdo con la invención presentan propiedades físicas inconsistentes o no deseadas cuando se utilizan perlas de resina que tienen tamaños de partícula fuera de los intervalos anteriormente descritos para realizar las partículas de polímero expandido. Las perlas de resina utilizadas en esta realización pueden ser de cualquier valor o puede variar entre cualquiera de los valores citados anteriormente.

45 Las partículas de termoplástico expansible o perlas de resina opcionalmente pueden impregnarse utilizando cualquier procedimiento convencional con un agente de soplado adecuado. Como ejemplo no limitativo, la impregnación puede conseguirse añadiendo el agente de soplado a la suspensión acuosa durante la polimerización del polímero, o, alternativamente, por re-suspensión de las partículas de polímero en un medio acuoso y luego incorporando el agente de soplado tal como se describe en la patente americana nº 2.983.692. Puede utilizarse cualquier material gaseoso o material que produzca gases al calentarse como agente de expansión. Los agentes de soplado convencionales incluyen hidrocarburos alifáticos que contienen entre 4 y 6 átomos de carbono en la molécula, tales como butanos, pentanos, hexanos, y los hidrocarburos halogenados, por ejemplo, CFC's y HCFC's, que hierven a una temperatura por debajo del punto de reblandecimiento del polímero elegido. También pueden utilizarse mezclas de estos agentes de soplado de hidrocarburos alifáticos.

55 Alternativamente, puede mezclarse agua con estos agentes de soplado de hidrocarburos alifáticos o puede utilizarse agua como único agente de expansión tal como se describe en las patentes americanas nº 6.127.439; 6.160.027; y 6.242.540; en estas patentes se utilizan agentes de retención de agua. El porcentaje en peso de agua para utilizarse como agente de soplado puede variar entre un 1 y un 20%. Los textos de las patentes americanas nº 6.127.439, 6.160.027 y 6.242.540 se incorporan aquí por referencia.

60 Las partículas de polímero impregnadas o perlas de resina se expanden opcionalmente a una densidad aparente de por lo menos 0,5 lb/pie³ (0,008 g/cc), en algunos casos de por lo menos 1,25 lb/pie³ (0,02 g/cc), en otros casos por

lo menos 1,5 lb/pie³ (0,024 g/cc), en algunas situaciones de por lo menos 1,75 lb/pie³ (0,028 g/cc), en algunas circunstancias de por lo menos 2 lb/pie³ (0,032 g/cc), en otras circunstancias, de por lo menos, 3 lb/pie³ (0,048 g/cc) y en circunstancias particulares, de por lo menos, 3,25 lb/pie³ (0,052 g/cc) o 3,5 lb/pie³ (0,056 g/cc). Si se utilizan perlas de resina no expandidas pueden utilizarse perlas de una mayor densidad aparente. Como tal, la densidad aparente puede ser tan elevada como 40 lb/pie³ (0,64 g/cc). La densidad aparente de las partículas de polímero puede ser cualquier valor o intervalo entre cualquiera de los valores citados anteriormente.

La etapa de expansión se lleva a cabo convencionalmente calentando las perlas impregnadas a través de cualquier medio de calentamiento convencional, tal como vapor, aire caliente, agua caliente, o calor radiante. En la patente americana n° 3.023.175 se describe un procedimiento generalmente aceptado para llevar a cabo la pre-expansión de partículas termoplásticas impregnadas.

Las partículas de polímero impregnadas pueden ser partículas de polímero celular de espuma tal como se describe en la solicitud de patente americana n° ser. 10/021.716, cuya descripción se incorpora aquí por referencia. Las partículas celulares de espuma pueden ser poliestireno que se expanden y contienen un agente de soplado volátil a un nivel de menos de un 14% en peso, en algunas situaciones de menos de un 6% en peso, en algunos casos oscilando entre aproximadamente un 2% en peso y un 5% en peso, y en otros casos oscilando entre aproximadamente un 2,5% en peso y un 3,5% en peso en base al peso del polímero.

En las patentes americanas n° 4.303.756 y 4.303.757 y la publicación de la solicitud americana 2004/0152795, cuyas partes relevantes se incorporan aquí por referencia, se describe un interpolímero de una poliolefina y monómeros aromáticos de vinilo polimerizados *in situ* que pueden incluirse en las partículas de resina o polímero termoplástico expandido de acuerdo con la invención.

Las partículas de polímero pueden incluir ingredientes y aditivos habituales, tales como retardantes de llama, pigmentos, tintes, colorantes, plastificantes, agentes de desmoldeo, estabilizadores, absorbentes de luz ultravioleta, agentes de prevención de moho, antioxidantes, rodenticidas, repelentes de insectos, y así sucesivamente. Pigmentos típicos incluyen, sin limitación, pigmentos inorgánicos tales como negro de carbono, grafito, grafito expansible, óxido de zinc, dióxido de titanio, y óxido de hierro, así como pigmentos orgánicos, tales como rojos y violetas de quinacridona y azules y verdes de piealocianina de cobre.

En una realización particular de la invención, el pigmento es negro de carbono, siendo un ejemplo no limitativo de dicho material EPS SILVER®, disponible de NOVA Chemicals Inc.

En otra realización particular de la invención, el pigmento es grafito, siendo un ejemplo no limitativo de dicho material tal NEOPOR®, disponible de BASF Aktiengesellschaft Corp., Ludwigshafen am Rhein, Alemania.

Si se incluyen materiales tales como negro de carbono y/o grafito en las partículas de polímero, se obtiene una mejora en las propiedades de aislamiento, tal como se ejemplifica por valores de R más elevados para materiales que contienen negro de carbono o grafito (tal como se determina utilizando ASTM - C578). Como tal, el valor R de las partículas de polímero expandido que contienen negro de carbono y/o grafito o materiales realizados de estas partículas de polímero es por lo menos un 5% mayor que el observado para las partículas o artículos resultantes que no contienen negro de carbono y/o grafito.

Las partículas de polímero expandido pueden tener un tamaño de partícula medio de por lo menos 0,2, en algunas circunstancias de por lo menos 0,3, en otras circunstancias de por lo menos 0,5, en algunos casos de por lo menos 0,75, en otros casos de por lo menos 0,9 y en algunos casos de por lo menos 1 mm y puede ser de hasta 8, en algunas circunstancias de hasta 6, en otras circunstancias de hasta 5, en algunos casos de hasta 4, en otros casos de hasta 3, y en algunos casos de hasta 2,5 mm. Si el tamaño de las partículas de polímero expandido es demasiado pequeño o demasiado grande, las propiedades físicas de los artículos de LWC realizados utilizando la presente composición de LWC puede ser indeseable. El tamaño de partícula medio de las partículas de polímero expandido puede ser cualquier valor y puede variar entre cualquiera de los valores citados anteriormente. El tamaño de partícula medio de las partículas de polímero expandido puede determinarse utilizando técnicas de difracción de láser o mediante cribado de acuerdo con el tamaño de malla utilizando métodos de separación mecánicos bien conocidos en la técnica.

En una realización de la invención, las partículas de polímero o partículas de polímero expandido tienen un grosor de pared de celda promedio mínimo, lo que ayuda a proporcionar propiedades físicas deseables a los artículos de LWC realizados utilizando la presente composición de LWC. El grosor medio de la pared de celda y las dimensiones de celda interiores pueden determinarse utilizando técnicas de microscopía electrónica de barrido conocidas en la técnica. Las partículas de polímero expandido pueden tener un grosor medio de pared de celda de por lo menos 0,15 μm, en algunos casos de por lo menos 0,2 μm y en otros casos de por lo menos 0,25 μm. Si desear ligarse a ninguna teoría particular, se cree que un grosor medio de pared de celda deseable resulta cuando las perlas de

resina que tienen las dimensiones descritas anteriormente se expanden a las densidades que se han indicado anteriormente.

5 En una realización de la invención, las perlas de polímero se expanden opcionalmente para formar las partículas de polímero expandido de tal manera que se obtiene un grosor de pared de celda deseable tal como se ha descrito anteriormente. Aunque el grosor de pared puede verse afectado por muchas variables, es deseable, en esta realización, limitar la expansión de la perla de polímero con el fin de obtener un grosor de pared deseado y una resistencia de la partícula de polímero expandido resultante. La optimización de las etapas de procesamiento y los agentes de soplado puede expandir las perlas de polímero a un mínimo de 0,5 lb/pie³. Esta propiedad del polímero expandido, densidad aparente, puede describirse mediante pcf (lb/pie³) o por un factor de expansión (cc/g).

Tal como se utiliza aquí, el término "factor de expansión" se refiere al volumen que ocupa un peso determinado de perla de polímero expandido, típicamente expresado como cc/g.

15 Con el fin de proporcionar partículas de polímero expandido con un grosor de pared de celda y una resistencia deseables, las partículas de polímero expandido no se expanden a su factor de expansión máximo; como tal, una expansión extrema produce partículas con paredes de celda indeseablemente finas y de poca resistencia. Como tal, las perlas de polímero pueden expandirse por lo menos un 5%, en algunos casos por lo menos un 10%, y en otros casos por lo menos un 15% de su factor de expansión máximo. Sin embargo, con el fin de no hacer que el grosor de la pared de celda sea demasiado pequeño, las perlas de polímero se expanden hasta un 80%, en algunos casos hasta un 75%, en otros casos hasta un 70%, en algunos casos hasta un 65%, en otros casos de hasta un 60%, en algunas circunstancias hasta un 55%, y en otras circunstancias hasta un 50% de su factor de expansión máximo. Las perlas de polímero pueden expandirse a cualquier grado indicado o la expansión puede variar entre cualquiera de los valores citados anteriormente. Típicamente, las perlas de polímero o perlas pre-expandidas no se expanden más cuando se formulan en las presentes composiciones de cemento y no se expanden más mientras las composiciones de cemento fraguan, curan y/o se endurecen.

Tal como se utiliza aquí, el término "pre-expandido" se refiere a una partícula expansible, resina y/o perla que se ha expandido, pero no se ha expandido a su factor de expansión máximo.

30 Las partículas pre-expandidas o de polímero expandido tienen típicamente una estructura de celda o parte interior de nido de abeja y una superficie polimérica continua substancialmente lisa como superficie exterior, es decir, una capa externa sustancialmente continua. La superficie continua lisa puede observarse mediante técnicas de microscopía electrónica de barrido (SEM) con una ampliación de 1000X. Las observaciones mediante SEM no indican la presencia de orificios en la superficie exterior de las partículas pre-expandidas o de polímero expandido. El corte de secciones de las partículas pre-expandidas o de polímero expandido y la realización de observaciones mediante SEM revela la estructura substancialmente de nido de abeja del interior de las partículas pre-expandidas o de polímero expandido.

40 Las partículas de polímero o partículas de polímero expandido pueden tener cualquier forma en sección transversal que permita proporcionar propiedades físicas deseables en los artículos de LWC. En una realización de la invención, las partículas de polímero expandido tienen una forma de sección transversal circular, oval o elíptica. En realizaciones de la invención, las partículas pre-expandidas o de polímero expandido presentan un factor de forma de 1, en algunos casos, de por lo menos 1 y el factor de forma puede de ser hasta 3, en algunos casos de hasta 2 y en otros casos de hasta 1,5. El factor de forma de las partículas pre-expandidas o de polímero expandido puede ser cualquier valor o intervalo entre cualquiera de los valores citados anteriormente.

50 La mezcla cementosa está presente en la composición de LWC en un nivel de por lo menos 22, en algunos casos de por lo menos 40 y en otros casos de por lo menos 50 por ciento en volumen y puede estar presente en un nivel de hasta un 90, en algunas circunstancias de hasta un 85, en otras circunstancias de hasta un 80, en casos particulares de hasta un 75, en algunos casos de hasta un 70, en otros casos de hasta un 65, y en algunos casos de hasta un 60 por ciento en volumen de la composición de LWC. La mezcla cementosa puede estar presente en la composición de LWC en cualquier nivel indicado anteriormente y puede variar entre cualquiera de los niveles mencionados anteriormente.

55 En una realización de la invención, la mezcla cementosa incluye una composición de cemento hidráulico. La composición de cemento hidráulico puede estar presente en un nivel de por lo menos, en ciertas situaciones de por lo menos un 5, en algunos casos de por lo menos un 7,5, y en otros casos de por lo menos un 9 por ciento en volumen y puede estar presente en niveles de hasta un 40, en algunos casos de hasta un 35, en otros casos de hasta un 32,5, y en algunos casos de hasta un 30 por ciento en volumen de la mezcla cementosa. La mezcla cementosa puede incluir la composición de cemento hidráulico en cualquiera de los niveles indicados anteriormente o en niveles que oscilen entre cualquiera de los niveles mencionados anteriormente.

En una realización particular de la invención, la composición de cemento hidráulico puede ser uno o más materiales seleccionados de cementos Portland, cementos de puzolana, cementos de yeso, cementos aluminosos, cementos de magnesia, cementos de sílice, y cementos de escoria.

5 En una realización particular de la invención, la mezcla cementosa puede incluir opcionalmente otros conglomerados y adyuvantes conocidos en la técnica, incluyendo arena, conglomerado adicional, plastificantes y/o fibras, pero sin limitarse a éstos. Fibras adecuadas incluyen fibras de vidrio, carburo de silicio, fibras de aramida, poliéster, fibras de carbono, fibras de material compuesto, fibra de vidrio, y combinaciones de los mismos, así como tejido que contiene las fibras mencionadas anteriormente, y tejidos que contienen combinaciones de las fibras mencionadas
10 anteriormente, pero sin limitarse a éstos.

Ejemplos no limitativos de fibras que pueden utilizarse en la invención incluyen MeC-GRID® y C-GRID® disponibles de TechFab, LLC, Anderson, SC, KEVLAR® disponible de E.I. du Pont de Nemours and Company, Wilmington DE, TWARON® disponible de Teijin Twaron B.V., Arnheim, Países Bajos, SPECTRA® disponible de Honeywell
15 International Inc., Morristown, NJ, DACRON® disponible de Invista North America S.A.R.L. Corp. Willmington, DE, y VECTRAN® disponible de Hoechst Cellanese Corp., New York, NY. Las fibras pueden utilizarse en una estructura de malla, entrelazadas, entretejidas, y orientadas en cualquier dirección deseable.

Además de esta realización, el conglomerado adicional puede incluir uno o más materiales seleccionados de conglomerados comunes, tales como arena, piedra y grava, pero sin limitarse a éstos. Los conglomerados ligeros comunes pueden incluir escoria de alto horno granulada triturada, cenizas, vidrio, sílice, pizarra expandida y arcilla; conglomerados aislantes tales como piedra pómez, perlita, vermiculita, escoria, y diatomita; conglomerado de LWC tal como arcilla expandida, pizarra expandida, arcilla expandida, escoria expandida, sílice ahumada, conglomerado
20 granulado, cenizas extruidas, toba y macrolita; y conglomerado de mampostería tal como arcilla expandida, arcilla, pizarra, escoria de alto horno expandida, cenizas sinterizadas, cenizas de carbón, piedra pómez, escoria, y conglomerado peletizado.

Si se incluyen, los otros conglomerados y adyuvantes están presentes en la mezcla cementosa en un nivel de por lo menos un 0,5, en algunos casos, por lo menos un 1, en otros casos por lo menos un 2,5, en algunos casos por lo menos un 5 y en otros casos por lo menos un 10 por ciento en volumen de la mezcla cementosa. Además, los otros conglomerados y adyuvantes pueden estar presentes a un nivel de hasta un 95, en algunos casos hasta un 90, en otros casos de hasta un 85, en algunos casos de hasta un 65 y en otros casos hasta un 60 por ciento en volumen de la mezcla cementosa. Los otros conglomerados y adyuvantes pueden estar presentes en la mezcla cementosa en cualquiera de los niveles indicados anteriormente o pueden variar entre cualquiera de los niveles indicados
25 anteriormente.

La mezcla cementosa, partículas de polímero expandido, y cualquier otro conglomerado y adyuvante se mezclan utilizando métodos bien conocidos en la técnica. En una realización de la invención, un líquido, en algunos casos, agua, también se mezcla con los otros ingredientes.
30

En una realización de la invención, la composición de hormigón es una dispersión en la que la mezcla cementosa proporciona, por lo menos en parte, una fase continua y las partículas de polímero y/o las partículas de polímero expandido existen como una fase dispersa de partículas discretas en la fase continua.

45 Como una realización particular y no limitativa de la invención, la composición de hormigón es sustancialmente libre de agentes humectantes o dispersantes utilizadas para estabilizar la dispersión.

Como realización no limitativa de la invención y sin desear limitarse a ninguna teoría única, algunos de los factores clave que pueden afectar al rendimiento de la composición de LWC usada en la presente invención pueden incluir la fracción de volumen de la perla de resina expandida, el tamaño promedio de la perla expandida y la microestructura creada por la separación entre las perlas dentro del hormigón. En esta realización, la separación entre las perlas puede estimarse utilizando un modelo bidimensional. Por simplicidad en la descripción, la separación entre las perlas puede limitarse al radio de la perla. Además, y sin querer limitar la invención en modo alguno, se supone en esta realización que las perlas están dispuestas en un entramado cúbico, no se considera la distribución de tamaño de las perlas en la composición de LWC, y no se considera la distribución del área de la perla expandida en la sección transversal. Con el fin de calcular el número de perlas por muestra, se supone un cilindro de ensayo tridimensional.
50

60 Cuanto menor es el tamaño de la perla expandida, mayor es el número de perlas expandidas necesarias para mantener la misma fracción de volumen de la perla expandida, tal como se describe por la siguiente ecuación 1. A medida que el número de perlas expandidas aumenta exponencialmente, la separación entre las perlas expandidas disminuye.

$$N_b = K/B^3 \tag{1}$$

N_b representa el número de perlas expandidas.

5 Una muestra de ensayo de LWC con diámetro D y altura H (generalmente 2" x 4" o 6" x 12"), que contiene perlas de polímero expandido dispersas de diámetro de perla expandida medio B , y una fracción de volumen dado V_d contiene una cantidad de perlas de polímero expandido N_b que viene dada por la ecuación 1:

10 Nótese que N_b es inversamente proporcional al cubo del diámetro de la perla de polímero expandido. La constante de proporcionalidad, $K = 1,5 V_d H D^2$, es un número que depende sólo del tamaño de la muestra y la fracción de volumen de perlas de polímero expandido. Así, para un tamaño de muestra dado, y una fracción de volumen de perlas de polímero expandido conocida, el número de perlas se eleva a una tercera potencia a medida que disminuye el diámetro del grano.

15 Como ejemplo no limitativo, para un espécimen de LWC de 2" X 4", a 90 pcf (lb/pie³) (correspondiente a una fracción de volumen de un 43% de perla de polímero expandido con una densidad aparente pre-expandida de 1,25 pcf), el número de perlas aumenta cuatro veces y siete veces al pasar de una perla de 0,65 mm a perlas de 0,4 mm y 0,33 mm, respectivamente. A 2,08 pcf, el aumento del número de perlas es de seis veces y siete veces para perlas de 0,4 mm y 0,33 mm, respectivamente. A 5 pcf, los aumentos son del doble y el triple, respectivamente. Por lo tanto, la densidad se correlaciona con el tamaño de la perla. Tal como se muestra a continuación, la densidad también afecta al grosor de la pared de celda. La resistencia de una matriz de hormigón poblado por perlas expandidas típicamente se ve afectada por la rigidez de la pared y el grosor de celda.

25 En una realización de la invención, en la que se suponen células esféricas monodispersas, puede demostrarse que el diámetro medio de la celda d está relacionado con el grosor medio de la pared δ por la ecuación 2:

$$d = \delta / \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \rho/\rho_s}} - 1 \right) \tag{2}$$

donde ρ es la densidad de la espuma y ρ_s es la densidad de la perla de polímero maciza.

30 Así, para un polímero dado, en función del proceso de expansión particular utilizado, puede obtenerse el mismo grosor de la pared de celda (a un tamaño de celda dado) o el mismo tamaño de celda a diversos valores de ρ . La densidad se controla no sólo por el tamaño de la celda, sino también mediante la variación del grosor de la pared de la celda.

35 La siguiente tabla es un ejemplo de la variación de la densidad de la perla de polímero expandido con un tamaño de perla para tres clases de perlas.

Tamaño de perla, micras	Densidad (pcf)	Tamaño de partícula de espuma (mm)	Factor de expansión (cc/g)	Número de perlas promedio para una fracción de un 43% en volumen
650	2,00	1,764	31	96768
650	2,00	1,541	21	145152
650	4,00	1,400	16	193536
400	2,00	1,086	31	415233
400	3,00	0,949	21	622849
400	4,00	0,862	16	830466
330	2,00	0,896	31	739486
330	3,00	0,783	21	1109229
330	4,00	0,711	16	1478972

40 Las microestructuras y/o morfologías deseables pueden encontrarse en clases distintas. La primera es un compuesto bicontinuo o co-continuo con interfaces especiales y la segunda comprende inclusiones especiales en una matriz conectada. Las propiedades efectivas de microestructuras tanto bicontinuas como individualmente conectadas se describen mediante límites de propiedades cruzadas óptimos conocidos.

45 En muchos casos, contra más pequeños son los granos, mayor es el número de perlas necesarias para mantener la misma fracción de volumen de perlas de polímero expandido, tal como se describe por la ecuación 1. A medida que el número de perlas aumenta exponencialmente, la separación entre las perlas disminuye.

Los límites óptimos pueden describirse mediante una serie de relaciones que representan números críticos o límites. Como ejemplo no limitativo, para una fracción de volumen dada, a menudo existe un tamaño de perla crítico correspondiente a un número crítico de perlas que pueden dispersarse para proporcionar una morfología deseada de manera que todas las perlas quedan aisladas y el hormigón se conecta individualmente. También es posible formar una morfología en la que todas las perlas no quedan aisladas, sino en contacto.

Se llevó a cabo un análisis de elementos finitos de una sección transversal bidimensional utilizando ANSYS® (un programa de análisis de elementos finitos disponible de ANSYS Inc., Canonsburg, PA). En la malla de elementos finitos de la sección transversal, las perlas se modelan como círculos sin contacto o aislados en una matriz de hormigón conectada individualmente.

Los resultados demuestran que, bajo carga, las tensiones se acumulan en una dirección perpendicular al eje de carga. Las concentraciones de tensiones máximas se encuentran en el límite horizontal entre las perlas de polímero expandido, que tienden a deformarse de una forma circular a una forma elíptica.

En una realización particular de la invención, la composición de hormigón contiene por lo menos algunas de las partículas de polímero expandido dispuestas en un entramado cúbico o hexagonal.

En una realización de la invención, la presente composición de LWC está sustancialmente libre de agentes de entrada de aire, que típicamente se añaden para crear celdas o huecos de aire en un lote de hormigón.

En otra realización de la invención, la composición de LWC puede incluir fibras de refuerzo. Dichas fibras actúan como componentes de refuerzo, que presentan un factor de forma grande, es decir, su relación longitud/diámetro es elevada, de modo que una carga se transfiere a través de potenciales puntos de fractura. Ejemplos no limitativos de fibras adecuadas incluyen fibras de vidrio entre aproximadamente una y una y tres cuartos de pulgada de longitud, aunque puede utilizarse cualquier material que tenga un módulo de Young mayor que la matriz de la mezcla cementosa, fibra de polipropileno y otras fibras tal como se ha descrito anteriormente.

Las composiciones de LWC de acuerdo con la invención pueden fraguar y/o endurecer para formar artículos de hormigón armado finales utilizando métodos bien conocidos en la técnica.

La densidad de los artículos de hormigón final fraguado y/o endurecido que contienen la composición de LWC de la invención puede ser de por lo menos 40 lb/pie³ (0,64 g/cc), en algunos casos de por lo menos 45 lb/pie³ (0,72 g/cc) y en otros casos de por lo menos 50 lb/pie³ (0,8 g/cc) lb/pie³ y la densidad puede ser de hasta 130 lb/pie³ (2,1 g/cc), en algunos casos 120 lb/pie³ (1,9 g/cc), en otros casos de hasta 115 lb/pie³ (1,8 g/cc), en algunas circunstancias de hasta 110 lb/pie³ (1,75 g/cc), en otras circunstancias de hasta 105 lb/pie³ (1,7 g/cc), en algunos casos de hasta 100 lb/pie³ (1,6 g/cc), y en otros casos de hasta 95 lb/pie³ (1,5 g/cc). La densidad de los presentes artículos de hormigón puede ser cualquier valor y puede variar entre cualquiera de los valores citados anteriormente.

Las composiciones de LWC pueden utilizarse en la mayoría, si no todas, las aplicaciones en que se utilizan formulaciones de hormigón tradicionales. Como ejemplos no limitativos, las presentes composiciones de LWC pueden utilizarse en aplicaciones estructurales y arquitectónicas, siendo ejemplos no limitativos medianeras, estructuras de ICF o SIP, bañeras de aves, bancos, tejas, revestimientos, paneles de yeso, paneles de cemento, pilares decorativos o arcos para edificios, etc., muebles o aplicaciones domésticas tales como encimeras, sistemas de calefacción radiante en el suelo, suelos (principales y secundarios), paredes inclinadas, paneles de pared tipo sándwich, como revestimiento de estuco, aplicaciones de seguridad vial y aeroportuaria tales como paredes de detención, barreras Jersey, barreras y paredes acústicas, muros de contención, sistemas de detención de pista, hormigón de aire atrapado, rampas para camiones fuera de control, relleno de excavación fluido, y aplicaciones en la construcción de carreteras tales como material para calzadas y material de cubiertas de puentes.

Adicionalmente, los artículos de LWC de acuerdo con la invención aceptan fácilmente la unión directa de tornillos, como ejemplo no limitativo tornillos y clavos para paneles de yeso, que pueden unirse por medio de dispositivos tradicionales, de accionamiento neumático o eléctrico. Esto permite una fácil fijación de materiales tales como madera contrachapada, paneles de yeso, clavos y otros materiales utilizados comúnmente en la industria de la construcción, que no puede realizarse utilizando formulaciones de hormigón tradicionales.

Cuando las composiciones de LWC de la invención se utilizan en la construcción de calzadas, las partículas de polímero pueden ayudar a prevenir y/o minimizar la propagación de grietas, especialmente cuando se trata de agua de congelación-descongelación.

En una realización de la invención, las composiciones de LWC fraguadas y/o endurecidas, utilizadas en la presente invención, se emplean en aplicaciones estructurales y pueden tener una resistencia a la compresión mínima para aplicaciones estructurales de carga de mampostería de soporte de cargas de por lo menos 1500 psi (105,5 kgf/cm²),

ES 2 574 012 T3

en algunos casos de por lo menos 1700 psi (119,5 kgf/cm²), en otros casos de por lo menos 1800 psi (126,5 kgf/cm²), en algunos casos de por lo menos 1900 psi, y en otros casos de por lo menos 2000 psi (140,6 kgf/cm²). Para hormigón estructural ligero las composiciones pueden tener una resistencia a la compresión mínima de por lo menos 2500 psi (175,8 kgf/cm²). Las resistencias a la compresión se determinan según la norma ASTM C39.

Las composiciones de la invención son muy adecuadas para la fabricación de artículos y materiales de construcción moldeados, incluyendo ejemplos no limitativos de dichos paneles de pared paneles de pared inclinados, vigas en T, vigas de doble T, tejas, paneles de techo, paneles de tejado, paneles de suelo, vigas en I, muros de cimentación y similares. Las composiciones presentan una resistencia mayor que las composiciones de LWC de la técnica anterior.

En una realización de la invención, los artículos y materiales de construcción moldeados pueden ser prefabricados y/o pretensados.

Una ventaja particular de que proporciona la presente invención es que la composición de hormigón fraguado y/o los artículos de construcción moldeados formados a partir de tales composiciones pueden cortarse y/o seccionarse fácilmente, utilizando métodos convencionales en lugar de tener que utilizar hormigón especializado o cuchillas de corte con punta de diamante y/o sierras. Esto proporciona un considerable ahorro de tiempo y costes cuando se personalizan artículos de hormigón.

Las composiciones pueden moldearse fácilmente en moldes de acuerdo con métodos bien conocidos por los expertos en la materia para tejas en prácticamente cualquier configuración tridimensional deseada, incluyendo configuraciones que presentan ciertas texturas típicas tales como presentar la apariencia tablas de ripia, tejas de pizarra o baldosas de cerámica de cara lisa. Una teja típica puede presentar unas dimensiones aproximadas de diez pulgadas de ancho por diez y siete pulgadas de largo, por una pulgada y tres cuartos de grosor. En el moldeado de materiales de techo, la adición de un agente de entrada de aire hace que el producto final sea más resistente a la intemperie en términos de resistencia a la degradación por congelación/descongelación.

Cuando se vierten muros de cimentación utilizando las composiciones de LWC de la invención, las paredes pueden ser de una mayor calidad debido al menor peso. Normalmente, la parte inferior de la pared de cimiento tiene una tendencia a extenderse hacia fuera por el peso de la mezcla de hormigón, pero el menor peso de las composiciones de la invención tiende a disminuir las posibilidades de que esto ocurra. Las paredes de cimientos preparadas utilizando las presentes composiciones de LWC pueden tomar fácilmente elementos de sujeción convencionales que se utilizan en la construcción de muros de cimentación convencionales.

Las realizaciones de la presente invención proporcionan un sistema de formación de hormigón aislante que queda en el lugar el cual es de naturaleza continua con una longitud limitada solamente por limitaciones de transporte y manipulación, si la presente composición de hormigón ligero se vierte y se deja fraguar en el sistema de formación de hormigón aislante. El presente sistema de hormigón aislante incluye dos caras opuestas de plástico de espuma, que contienen una matriz de polímero expandido, conectadas internamente y separadas entre sí por elementos estructurales metálicos perforados. Las caras de plástico de espuma y los elementos metálicos de separación quedan alineados dentro del molde para correctamente posicionar verticalmente y horizontalmente acero de refuerzo de hormigón, permitiendo al mismo tiempo un flujo de hormigón adecuado y unas uniones operativas de acabado. El moldeado en piezas estructurales de acero actúa como refuerzo interno manteniendo los moldes rectos y alineados durante la colocación del hormigón eliminando la necesidad de la mayoría de bloqueos externos.

Otra realización ilustrativa proporciona también moldes de hormigón aislante pre-formados, en los que puede formarse la presente composición de hormigón ligero, que incluye uno o más elementos estructurales o barras de refuerzo que discurren longitudinalmente, cuyos extremos se encuentran por lo menos parcialmente incorporados en unos cuerpos de polímero expandido orientados de manera opuesta. El resto del (de los) elemento(s) de refuerzo estructural(es), la parte entre los cuerpos de polímero expandido, quedan expuestos por lo menos parcialmente. Las partes de los extremos que están encapsuladas en la matriz de polímero expandido pueden proporcionar una rotura de puente térmico del entorno exterior. Los elementos estructurales de refuerzo pueden presentar pestañas longitudinalmente en cada lado para formar puntos de anclaje para objetos externos al panel. Las perforaciones en los elementos estructurales de refuerzo en las partes extremas que están encapsuladas en la matriz de polímero expandido permiten la fusión de las partículas de polímero expansible perpendicularmente. Las perforaciones en la parte expuesta del elemento estructural de refuerzo proporcionan puntos de sujeción para refuerzos y/o barras de refuerzo laterales y permiten un flujo de hormigón uniforme cuando el hormigón se vierte en el presente molde de hormigón aislado. Un diseño de lengüeta y ranura o de puntos de conexión superpuestos proporciona un tope para el panel a la vez que se mantiene la integridad del molde de hormigón. Unos orificios longitudinales pueden ocurrir a través de la matriz de polímero expandido y pueden ser de diámetro y ubicación variable para proporcionar áreas para la colocación de servicios, aligeramiento de la estructura y canales para la ventilación de gases. La fabricación de los paneles se lleva a cabo mediante el uso de un proceso de moldeo semi-continuo o continuo que permite longitudes de panel variables.

- 5 Los montantes de estructura o vigas de suelo embebidos utilizados en la invención pueden estar realizados de cualquier material adecuado. Materiales adecuados son aquellos que añaden resistencia, estabilidad e integridad estructural a los paneles de construcción pre-formados. Tales materiales proporcionan montantes de estructura embebidos que cumplen los requisitos de los métodos de prueba aplicables conocidos en la técnica, como ejemplos no limitativos ASTM A 36/A 36M-05, ASTM A 1011/A 1011M-05a, ASTM A 1008/A 1008M-05b, y ASTM A 1003/A 1003M-05 de varios tipos de acero.
- 10 Materiales adecuados incluyen metales, plásticos para construcción, materiales compuestos, cerámica, combinaciones de los mismos, y similares, pero no se limitan a éstos. Metales adecuados incluyen aluminio, acero, acero inoxidable, tungsteno, molibdeno, hierro y aleaciones y combinaciones de dichos metales, pero no se limitan a éstos. En una realización particular de la invención, las barras metálicas, montantes, vigas y/o elementos están realizados en un metal de calibre ligero.
- 15 Plásticos de construcción adecuados incluyen termoplásticos reforzados, resinas termoestables y resinas termoestables reforzadas, pero no se limitan a éstos. Los termoplásticos, incluyen polímeros y espumas poliméricas compuestas de materiales que pueden ser ablandados repetidamente por calentamiento y endurecidos de nuevo por enfriamiento. Los polímeros termoplásticos adecuados incluyen homopolímeros y copolímeros de estireno, homopolímeros y copolímeros de olefinas de C₂ a C₂₀, dienos de C₄ a C₂₀, poliésteres, poliamidas, homopolímeros y copolímeros de ésteres (met)acrilato de C₂ a de C₂₀, polieterimidias, policarbonatos, polifenil éteres, cloruros de polivinilo, poliuretanos, y sus combinaciones, pero no se limitan a éstos.
- 20 Las resinas termoestables adecuadas son resinas que, cuando se calientan a su punto de curación, se someten a una reacción de reticulación química haciendo que se solidifiquen y mantengan su forma rígida, incluso a temperaturas elevadas. Las resinas termoestables adecuadas incluyen resinas alquídicas, resinas epoxi, resinas de piealato de dialilo, resinas de melamina, resinas fenólicas, resinas de poliéster, resinas de uretano, y urea, que pueden reticularse por reacción, como ejemplos no limitativos, con dioles, trioles, polioles, y/o formaldehído, pero no se limitan a éstas.
- 25 Los materiales y/o rellenos que pueden incorporarse en las resinas termoplásticas y/o termoestables incluyen fibras de carbono, fibras de aramida, fibras de vidrio, fibras metálicas, tela tejida o estructuras de las fibras mencionadas, fibra de vidrio, negro de humo, grafito, arcillas, carbonato de calcio, dióxido de titanio, tela tejida o estructuras de las fibras referenciadas anteriormente, y sus combinaciones, pero no se limitan a éstas.
- 30 Un ejemplo no limitativo de plástico de construcción son sistemas de resina termoestable de poliéster o vinil éster reforzado con fibra de vidrio que cumplan los requisitos de los métodos de prueba requeridos conocidos en la técnica, siendo ejemplos no limitativos ASTM D790, ASTM D695, ASTM D3039 y ASTM D638.
- 35 Los termoplásticos y las resinas termoestables pueden incluir opcionalmente otros aditivos, como ejemplo no limitativo estabilizadores ultravioleta (UV), estabilizadores térmicos, retardantes de llama, mejoras estructurales, biocidas, y combinaciones de los mismos.
- 40 En una realización particular de la invención, los montantes de estructura embebidos o vigas de suelo embebidas están realizados de un metal de calibre ligero.
- 45 Los montantes embebidos o las vigas de suelo embebidas que se describen aquí puede tener un grosor de por lo menos 0,4 mm, en algunos casos de por lo menos 0,5 mm, en otros casos de por lo menos 0,75 mm, en algunos casos de por lo menos 1 mm, en otros casos de por lo menos 1,25 mm y en algunas circunstancias de por lo menos 1,5 mm y pueden tener un grosor de por lo menos 10 mm, en algunos casos de por lo menos 8 mm, en otros casos de por lo menos 6 mm, en algunos casos de por lo menos 4 mm y en otros casos de por lo menos 2 mm. El grosor de los montantes embebidos o las vigas de suelo embebidas dependerá del uso previsto del panel de construcción pre-formado.
- 50 En una realización de la invención, los montantes de estructura embebidos o vigas de suelo embebidas tienen orificios o aberturas a lo largo de su longitud para facilitar la fusión del material plástico expandido y reducir cualquier efecto de puente térmico en las barras, montantes, vigas y/o elementos de refuerzo.
- 55 En la presente invención, las caras de plástico de espuma pueden moldearse a partir de cualquier material plástico expansible adecuado, tal como se ha descrito anteriormente, en una máquina de moldeo capaz de insertar los elementos metálicos y formar dos paneles de caras opuestas a la vez que se mantienen los materiales compuestos en su posición relativa en un proceso continuo o semicontinuo.
- 60

La matriz de polímero expandido constituye el cuerpo de polímero expandido que se describe a continuación. La matriz de polímero expandido se moldea típicamente a partir de partículas termoplásticas expansibles. Estas partículas termoplásticas expansibles están realizadas de cualquier homopolímero o copolímero termoplástico adecuado. Son particularmente adecuados para su uso los homopolímeros derivados de monómeros aromáticos de vinilo incluyendo estireno, isopropilestireno, alfa-metilestireno, metilestirenos nucleares, cloroestireno, tert-butilestireno, y similares, así como copolímeros preparados mediante la copolimerización de por lo menos un monómero aromático de vinilo tal como se ha descrito anteriormente con uno o más de otros monómeros, siendo ejemplos no limitativos divinilbenceno, dienos conjugados (siendo ejemplos no limitativos butadieno, isopreno, 1,3- y 2,4- hexadieno), metacrilatos de alquilo, acrilatos de alquilo, acrilonitrilo y anhídrido maleico, en el que el monómero aromático de vinilo está presente en por lo menos un 50% en peso del copolímero. En una realización de la invención se utilizan polímeros de estireno, en particular poliestireno. Sin embargo, pueden utilizarse otros polímeros adecuados, tales como poliolefinas (por ejemplo, polietileno, polipropileno), policarbonatos, óxidos de polifenileno, y mezclas de los mismos.

En una realización particular de la invención, las partículas termoplásticas expansibles son partículas de poliestireno expansible (EPS). Estas partículas pueden ser en forma de perlas, gránulos u otras partículas convenientes para las operaciones de expansión y moldeo. Las partículas polimerizadas en un proceso de suspensión acuosa son esencialmente esféricas y son útiles para el moldeo del cuerpo de polímero expandido que se describe a continuación. Estas partículas pueden seleccionarse de modo que su tamaño oscile entre aproximadamente 0,008 pulgadas (0,2 mm) y aproximadamente 0,1 pulgadas (2,5 mm).

Las partículas termoplásticas expansibles pueden impregnarse utilizando cualquier método convencional con un agente de soplado adecuado. Como ejemplo no limitativo, la impregnación puede conseguirse mediante la adición del agente de soplado a la suspensión acuosa durante la polimerización del polímero o, alternativamente, mediante la re-suspensión de las partículas de polímero en un medio acuoso y luego incorporando el agente de soplado tal como se describe en la patente americana nº 2.983.692. Puede utilizarse cualquier material gaseoso o material que produzca gases al calentarse como agente de expansión. Agentes de soplado convencionales incluyen hidrocarburos alifáticos que contienen entre 4 y 6 átomos de carbono en la molécula, tales como butanos, pentanos, hexanos, y los hidrocarburos halogenados, por ejemplo, CFC's y HCFC's, que hierven a una temperatura por debajo del punto de reblandecimiento del polímero elegido. También pueden utilizarse mezclas de estos agentes de soplado de hidrocarburos alifáticos.

Alternativamente, puede mezclarse agua con estos agentes de soplado de hidrocarburos alifáticos o puede utilizarse agua como único agente de soplado tal como se describe en las patentes americanas nº 6.127.439; 6.160.027; y 6.242.540; en estas patentes se utilizan agentes de retención de agua. El porcentaje en peso de agua para su uso como agente de soplado puede variar entre un 1 y un 20%. Los textos de las patentes americanas nº 6.127.439, 6.160.027 y 6.242.540 se incorporan aquí por referencia.

Las partículas termoplásticas impregnadas son generalmente pre-expandidas a una densidad de por lo menos 0,5 lb/pie³ (0,008 g/cc), en algunos casos por lo menos 1 lb/pie³ (0,016 g/cc), en otros casos por lo menos 1,25 lb/pie³ (0,02 g/cc), en algunas situaciones por lo menos 1,5 lb/pie³ (0,024 g/cc), en otras situaciones, por lo menos, 2 lb/pie³ (0,032 g/cc), y en algunos casos por lo menos aproximadamente 3 lb/pie³ (0,048 g/cc). Además, la densidad de las partículas pre-expandidas impregnadas puede ser hasta 35 lb/pie³ (0,56 g/cc), en algunos casos hasta 30 lb/pie³ (0,48 g/cc), y en otros casos hasta 25 lb/pie³ (0,4 g/cc). La densidad de las partículas pre-expandidas impregnadas puede ser cualquier valor o intervalo entre cualquiera de los valores citados anteriormente. La etapa de pre-expansión se lleva a cabo convencionalmente calentando las perlas impregnadas a través de cualquier medio de calentamiento convencional, tal como vapor, aire caliente, agua caliente, o calor radiante. En la patente americana nº 3.023.175 se describe un procedimiento generalmente aceptado para llevar a cabo la pre-expansión de partículas termoplásticas impregnadas.

Las partículas termoplásticas impregnadas pueden ser partículas de polímero celulares de espuma tal como se describe en la solicitud de patente americana nº ser. 10/021.716 cuya descripción se incorpora aquí por referencia. Las partículas celulares de espuma pueden ser de poliestireno que son pre-expandidas y contienen un agente de soplado volátil a un nivel de menos de un 6,0 por ciento en peso, en algunos casos, que oscilando aproximadamente entre un 2,0% en peso y un 5,0% en peso y, en otros casos, oscilando aproximadamente entre un 2,5% en peso y un 3,5% en peso en base al peso del polímero.

Un interpolímero de una poliolefina y monómeros aromáticos de vinilo polimerizado *in situ* que pueden incluirse en la resina termoplástica expansible de acuerdo con la invención se describen en las patentes americanas nº 4.303.756 y 4.303.757 y la publicación de la solicitud de patente americana 2004/0152795, cuyas partes relevantes se incorporan aquí por referencia. Un ejemplo no limitativo de interpolímeros que pueden utilizarse en la presente invención incluyen los disponibles bajo el nombre comercial ARCEL®, disponible de NOVA Chemicals Inc., Pittsburgh, PA y PIOCELAN®, disponible de Sekisui Plastics Co., Ltd., Tokio, Japón.

5 La matriz de polímero expandido puede incluir ingredientes y aditivos habituales, tales como pigmentos, tintes, colorantes, plastificantes, agentes de desmoldeo, estabilizadores, absorbentes de luz ultravioleta, agentes de prevención de moho, antioxidantes, y así sucesivamente. Los pigmentos típicos incluyen, sin limitación, pigmentos inorgánicos tales como negro de carbono, grafito, grafito expansible, óxido de zinc, dióxido de titanio, y óxido de hierro, así como pigmentos orgánicos, tales como rojos y violetas de quinacridona y azules y verdes de pialocianina de cobre.

10 En una realización particular de la invención, el pigmento es negro de carbono, siendo un ejemplo no limitativo de dicho material EPS SILVER®, disponible de NOVA Chemicals Inc.

En otra realización particular de la invención, el pigmento es grafito, siendo un ejemplo no limitativo de dicho material NEOPOR®, disponible de BASF Aktiengesellschaft Corp., Ludwigshafen am Rhein, Alemania.

15 Las partículas pre-expandidas o "pre-puff" se calientan en un molde cerrado en el proceso de moldeo semi-continuo o continuo que se describe a continuación para formar los paneles de construcción preformados de acuerdo con la invención.

20 Los paneles de construcción preformados utilizados en la presente invención pueden prepararse utilizando técnicas de moldeo de conformación en lotes. Sin embargo, este enfoque puede dar lugar a inconsistencias y puede llevar mucho tiempo y ser costoso.

25 Alternativamente, las caras de plástico de espuma pueden moldearse a partir de cualquier material plástico expansible adecuado, tal como se ha descrito anteriormente, en una máquina de moldeo capaz de insertar los elementos metálicos y formar dos paneles de caras opuestas, manteniendo los materiales compuestos en su posición relativa en un proceso continuo o semi-continuo.

30 Los paneles de construcción preformados utilizados para realizar las unidades de ICF y otros paneles de construcción descritos aquí pueden realizarse utilizando un aparato para moldear un elemento de plástico de espuma semi-continuo o continuo que incluye

a) uno o más moldes que incluyen:

35 i) una pared inferior, un par de paredes laterales opuestas y una cubierta, y
ii) un asiento de moldeo, que tiene una forma que coincide con la del elemento, definida en el molde entre las paredes laterales, la pared inferior y la cubierta;

b) medios para acercar y alejar las cubiertas y las paredes laterales de los moldes respecto a la pared inferior para cerrar longitudinalmente y abrir respectivamente el molde; y

40 c) primeros medios para posicionar de manera ajustable dicha cubierta alejándola y acercándola respecto a dicha pared de fondo del molde para controlar de una manera ajustable y sustancialmente continua la altura del asiento de moldeo.

45 El aparato está configurado para incluir los montantes de estructura embebidos o vigas de suelo embebidas configurados tal como se describe aquí. Como ejemplo no limitativo, los métodos y aparatos descritos en la patente americana nº 5.792.481 pueden adaptarse para realizar las unidades de ICF, de la presente invención. Las partes relevantes de la patente americana nº 5.792.481 se incorporan aquí por referencia.

50 Más particularmente, la presente forma de hormigón aislado incluye un primer cuerpo, de forma sustancialmente paralelepípedica, que contiene una matriz de polímero expandido, que tiene caras opuestas, una primera superficie y una segunda superficie opuesta; un segundo cuerpo, de forma sustancialmente paralelepípedica, que contiene una matriz de polímero expandido, que tiene caras opuestas, una primera superficie, una segunda superficie opuesta; y uno o más montantes de estructura embebidos que se extienden longitudinalmente a través del primer cuerpo y el segundo cuerpo entre las primeras superficies de cada cuerpo, presentando un primer extremo embebido en la matriz de polímero expandido del primer cuerpo, y un segundo extremo embebido en la matriz de polímero expandido del segundo cuerpo. Se disponen uno o más orificios de expansión en la parte del montante embebido en el primer cuerpo y el segundo cuerpo. El primer cuerpo y el segundo cuerpo incluyen una matriz de polímero que se expande a través de los orificios de expansión. El espacio definido entre las primeras superficies del primer cuerpo y el segundo cuerpo es capaz de recibir hormigón vertido en el mismo.

60 Una realización ilustrativa dispone moldes de hormigón aislados (ICF) y sistemas de ICF. Tal como se muestra en la figura 1, el ICF 510 incluye un primer cuerpo de polímero expandido 511 y un segundo cuerpo de polímero expandido 512, unos montantes metálicos embebidos orientados hacia la izquierda 514, y unos montantes metálicos

5 embebidos orientados hacia la derecha 516 (barras de refuerzo embebidas). Los montantes metálicos embebidos 514 y 516 presentan unos extremos embebidos 520 y 522, respectivamente, que no hacen contacto con la superficie exterior 524 del primer cuerpo de polímero expandido 511. Los montantes metálicos embebidos 514 y 516 presentan unos extremos embebidos 521 y 523, respectivamente, que son adyacentes a la superficie exterior 525 del segundo cuerpo de polímero expandido 512. El espacio 505 se define como el espacio entre la superficie interior 530 del primer cuerpo de polímero expandido 511 y la superficie interior 531 del segundo cuerpo de polímero expandido 512 para la altura del ICF 510.

10 Los cuerpos de polímero expandido 511 y 512 pueden tener un grosor, medido como la distancia desde la superficie interior 530 o 531, respectivamente, a la superficie exterior 524 o 525, respectivamente, de por lo menos 2, en algunos casos por lo menos 2,5, y en otros casos de por lo menos 3 cm y puede ser de hasta 10, en algunos casos hasta 8, y en otros casos de hasta 6 cm de la superficie interior 30 del cuerpo de polímero expandido 512. El grosor de los cuerpos de polímero expandido 511 y 512 puede ser independientemente cualquier dimensión o rango entre cualquiera de las dimensiones citadas anteriormente.

15 Los extremos embebidos 520 y 522 se extienden por lo menos 1, en algunos casos, por lo menos 2, y en otros casos de por lo menos 3 cm hacia el cuerpo de polímero expandido 512 alejándose de la superficie interior 530. También, los extremos embebidos 520 y 522 puede extenderse hasta 10, en algunos casos hasta 8, y en otros casos hasta 6 cm alejándose de la superficie interior 530 hacia el primer cuerpo de polímero expandido 511. Los extremos embebidos 526 y 528 pueden extenderse cualquiera de las distancias o puede variar entre cualquiera de las distancias citadas anteriormente desde la superficie interior 530 hacia el cuerpo de polímero 511.

20 En una realización ilustrativa, los extremos embebidos 520 y 522 puede extenderse entre 1/10 y 9/10, en algunos casos entre 1/3 y 2/3 y en otros casos entre 1/4 y 3/4 del grosor del primer cuerpo de polímero expandido 511 hacia el cuerpo de polímero expandido 511.

25 La orientación de los montantes metálicos embebidos 514 y 516 viene referenciada por la dirección de los extremos 520, 521, 522, y 523. Los extremos pueden orientarse en cualquier dirección que se adapte a la resistencia, objetivos de fijación o estabilidad de la forma de hormigón aislado.

30 La separación entre cada uno de los montantes metálicos embebidos 514 y 516 está típicamente adaptada para que sea consistente con los códigos o métodos de construcción locales, pero puede modificarse para adaptarse a necesidades especiales. Como tal, la separación entre los montantes metálicos puede ser de por lo menos 10, en algunos casos de por lo menos 25 y en algunos casos de por lo menos 30 cm y puede ser de hasta 110, en algunos casos de hasta 100, en otros casos de hasta 75, y en algunos casos de hasta 60 cm. La separación entre los montantes metálicos embebidos 514 y 516 puede ser cualquier distancia o variar entre cualquiera de las distancias citadas anteriormente.

35 El ICF 510 puede extenderse una distancia con montantes metálicos embebidos alternos 514 y 516 colocados en su interior. La longitud del ICF 510 puede ser de cualquier longitud que permita una manipulación segura y un daño mínimo al ICF 510. La longitud del ICF 510 puede ser típicamente por lo menos 1, en algunos casos por lo menos 1,5, y en otros casos por lo menos 2 m y pueden ser de hasta 25, en algunos casos de hasta 20, en otros casos de hasta 15, en algunos casos de hasta 10 y en otros casos de hasta 5 m. La longitud del ICF 510 puede ser cualquier valor o puede variar entre cualquiera de los valores citados anteriormente. En algunas realizaciones de la invención, cada extremo del ICF 510 termina con un montante metálico embebido.

40 La altura del ICF 510 puede ser cualquier altura que permita una manipulación segura, un daño mínimo, y pueda soportar la presión del hormigón vertido dentro del ICF 510. La altura del ICF 510 puede ser de por lo menos 1 y en algunos casos de por lo menos 1,25 m y puede ser de hasta 3 m y en algunos casos de hasta 2,5 m. En algunos casos, con el fin de añadir estabilidad a la unidad de ICF 510, pueden acoplarse unos travesaños de refuerzo o barras de refuerzo (no mostrado) a los montantes metálicos embebidos 514 y 516. La altura del ICF 10 puede ser cualquier valor o puede variar entre cualquiera de los valores citados anteriormente.

45 El espacio 505, el espacio entre la superficie interior 530 y la superficie interior 531 para la altura del ICF 510, puede ser cualquier volumen y/o dimensiones adecuados. El volumen y/o dimensiones adecuados son aquellos en los que el peso del hormigón ligero que se vierte en el espacio 505 no es tan alto como para provocar que falle cualquier parte del ICF 510, es decir, que permita la ruptura del hormigón a través del ICF 510 de manera que el volumen de hormigón no sea contenido en el espacio 505, pero lo suficientemente grande para que el hormigón vertido y fraguado pueda soportar todo lo que se vaya a construir sobre el muro de hormigón ICF resultante. De este modo, la distancia entre la superficie interior 530 y la superficie interior 531 tomadas con la altura definida anteriormente puede ser por lo menos 5 en algunos casos por lo menos 10 y en otros casos por lo menos 12 cm y puede ser de hasta 180, en algunos casos hasta 150 cm y en otros casos de hasta 120 cm. En algunos casos, con el fin de añadir estabilidad a la unidad de ICF 510, pueden acoplarse unos travesaños de refuerzo o barras de refuerzo (no

mostrados) a los montantes metálicos embebidos 514 y 516. La distancia entre la superficie interior 530 y la superficie interior 531 puede ser cualquier valor o puede variar entre cualquiera de los valores citados anteriormente.

En una realización particular de la invención, el ICF 510 puede utilizarse como dique. En esta realización, el espacio 505 se llena con la presente composición de hormigón ligero tal como se describe aquí y la distancia desde la superficie interior 530 a la superficie interior 531 puede ser por lo menos 2, en algunos casos por lo menos 5 y en otros casos por lo menos 10 cm y puede ser de hasta 16, en algunos casos de hasta 14 cm y en otros casos de hasta 12 cm. En esta realización de un dique, la distancia entre la superficie interior 530 y la superficie interior 531 puede ser cualquier valor o puede variar entre cualquiera de los valores citados anteriormente.

Los diques realizados de acuerdo con la presente invención pueden utilizarse como cualquiera de los otros paneles de pared y paredes inclinadas que se describen aquí.

Tal como se muestra en la figura 1, el ICF 510 tiene una longitud finita y el primer cuerpo 511 y el segundo cuerpo 512 tienen un terminal de labio interior 517 y un terminal de labio exterior 518. Típicamente, se interconectan secciones del ICF 510 insertando un terminal de labio interior 517 de un ICF 510 adyacente a un terminal de labio exterior 518 de otro ICF 510 para formar un ICF continuo. Por lo tanto, puede montarse y/o formarse un ICF más grande que contiene cualquier número de unidades de ICF 510.

En la figura 2 se muestra una realización alternativa de la invención, donde el ICF 508 es similar al ICF 510, excepto que la superficie interior 530 del cuerpo 511 y la superficie interior 531 del cuerpo 512 incluyen secciones arqueadas interiores opuestas 532 y 534, respectivamente. Las secciones arqueadas interiores 532 y 534 proporcionan un espacio no lineal dentro del ICF 508, de manera que el hormigón ligero que se vierte en el ICF 508 tendrá unas secciones que presentan una anchura en sección transversal mayor que secciones que tienen una anchura en sección transversal menor.

En otra realización de la invención mostrada en la figura 3, el ICF 509 presenta extremos expuestos 536 y 538 en lugar de extremos embebidos 521 y 523.

Los extremos expuestos 536 y 538 se extienden por lo menos 1, en algunos casos, por lo menos 2, y en otros casos de por lo menos 3 cm de distancia alejándose de la superficie exterior 525 del segundo cuerpo de polímero expandido 512. Los extremos expuestos 536 y 538 pueden utilizarse para unir las superficies de acabado, tales como paneles de yeso, madera contrachapada, paneles, etc., tal como se describe aquí, al ICF 509. También, los extremos expuestos 536 y 538 pueden extenderse hasta 60, en algunos casos hasta 40, y en otros casos hasta 20 cm de distancia alejándose de la superficie exterior 525 del cuerpo de polímero expandido 512. Los extremos expuestos 536 y 538 pueden extenderse cualquiera de las distancias o puede variar entre cualquiera de las distancias citadas anteriormente desde la superficie exterior 525.

Haciendo referencia a la figura 3, los montantes metálicos embebidos 514 y 516 pueden presentar orificios para utilidades (tal como se describe a continuación) separados a lo largo de su longitud entre la superficie exterior 525 y los extremos opuestos 536 y 538. Los orificios para utilidades (no se muestra aquí, pero tal como se describe y se ilustra a continuación) son útiles para recibir servicios tales como cableado para electricidad, teléfono, televisión por cable, altavoces y otros dispositivos electrónicos, líneas de gas y tuberías de agua. Los orificios para utilidades pueden tener diversas formas en sección transversal, siendo ejemplos no limitativos redondos, ovalados, elípticos, cuadrados, rectangulares, triangulares, hexagonales u octogonales. El área de la sección transversal de los orificios para utilidades también puede variar independientemente unas de otras o pueden ser uniformes. El área de la sección transversal de los orificios para utilidades está limitada por las dimensiones de los montantes metálicos embebidos 514 y 516, ya que los orificios para utilidades se ajustan dentro de sus dimensiones y no limitan significativamente su integridad y fuerza estructural. El área de la sección transversal de los orificios para utilidades puede ser independientemente de por lo menos 1, en algunos casos, de por lo menos 2, y en otros casos de por lo menos 5 cm² y puede ser de hasta 30, en algunos casos de hasta 25, en otros casos de hasta 20 cm². El área de la sección transversal de los orificios para utilidades puede ser, independientemente, cualquier valor o intervalo entre cualquiera de los valores citados anteriormente.

En una realización ilustrativa, los orificios para utilidades pueden presentar una superficie con pestañas y, en muchos casos, una superficie con pestañas enrollada para proporcionar una mayor resistencia a los montantes metálicos embebidos.

Las figuras 4 y 5 muestran las características de los presentes paneles de ICF y de diques, ya que están relacionados con el ICF 508 (figura 2). Una característica de los montantes metálicos embebidos 514 y 516 es que pueden incluir orificios de expansión 540 y orificios de vertido 542. Como tales, los orificios de vertido 544 pueden ser un orificio perforado que se extienda a lo largo del eje vertical de los montantes metálicos embebidos 514 y/o 516 que esté posicionado para permitir el libre flujo del hormigón ligero y para fijar y posicionar los refuerzos

horizontales de hormigón. Del mismo modo, los orificios de expansión 540 pueden ser un orificio perforado de diámetro suficiente o una ranura con suficiente área vacía para permitir la fusión y el flujo de la matriz de polímero a través del panel de plástico formado.

5 El moldeado en elementos estructurales metálicos ligeros, montantes metálicos embebidos 514 y 516, puede formarse de manera continua o semi-continua para crear un panel compuesto de longitud ilimitada. Los elementos estructurales metálicos se perforan estratégicamente a lo largo del eje vertical exterior para proporcionar orificios de expansión 540, que permiten el flujo y la fusión de los materiales plásticos expansibles a través de los elementos metálicos. El eje vertical central del elemento metálico se perfora para proporcionar unos orificios de vertido 542, que permiten el libre flujo de hormigón normal y ayudan en la fijación y la colocación de materiales de refuerzo de hormigón horizontales. Las figuras 6 y 7 muestran el hormigón ligero formado y fraguado 550 en relación con los montantes metálicos embebidos 514.

15 Los extremos embebidos 521 y 523 actúan como tiras tapajuntas que discurren verticalmente en centros predeterminados para ayudar en la conexión directa de materiales de acabado, guías estructurales superiores e inferiores, aberturas de pared y puntos de conexión de suelo y techo, así como la guía de nivel que se describe aquí.

20 Los materiales plásticos expansibles en el panel compuesto actúan como un panel de formación cuando se coloca hormigón ligero dentro del molde y pueden proporcionar también aislamiento y amortiguación acústica. Además, la cara de los materiales de plástico expansible del panel compuesto actúa como panel de formación cuando el hormigón se coloca dentro del molde y también proporciona aislamiento y amortiguación acústica.

25 El diseño del presente ICF ofrece vías de hormigón horizontales y verticales creadas por los dos paneles frontales opuestos fijados por los elementos estructurales de calibre ligero.

30 Cuando se vierte hormigón ligero en el espacio 505 del presente ICF, se forma una columna de hormigón interna por los dos paneles frontales de caras opuestas dentro de la configuración de la pared de la columna vertical del hormigón ligero fraguado del diseño del panel 550. El núcleo de hormigón creado en el molde actúa como refuerzo horizontal para los elementos estructurales metálicos de calibre ligero en el presente ICF. En el diseño del panel de la pared de la columna vertical el núcleo de hormigón permite un refuerzo horizontal a lo largo del eje de la columna vertical creada entre los paneles de las caras del molde.

35 En el presente ICF, los extremos del panel de enclavamiento formados por el labio interior 517 y el labio exterior 518 son auto-alineantes, auto-sellantes y conectan de manera segura una terminación lateral del panel a otro punto de terminación lateral del panel, formando un molde de colocación de hormigón tanto continua horizontal como continua vertical.

40 La figura 8 muestra una realización ilustrativa en la que la superficie de un elemento de acero 560, que puede utilizarse como montantes metálicos embebidos 514 y/o 516 en el presente ICF presenta unos hoyuelos 565 en direcciones opuestas creando una superficie que aumenta la adhesión del hormigón y evita el agrietamiento del hormigón en contacto con el elemento de acero 560. El efecto de los hoyuelos en la superficie del elemento se suma a la resistencia al cizallamiento de la composición de acero y hormigón. La formación de hoyuelos en la superficie del acero crea una conexión más fuerte entre la espuma y el elemento de acero de las caras de espuma de plástico del panel cuando se moldea como una estructura compuesta.

45 La figura 9 muestra una realización de un sistema de encofrado de hormigón aislado 575 para proporcionar un cimiento que incluye una pluralidad de ICF's 508 conectados por los extremos para formar un sistema de ICF 575. La unidad de esquina 552 se utiliza para interconectar líneas de ICF paralelas 554 y líneas de ICF perpendiculares 556. En el espacio 505 del sistema de pared de ICF 575 se vierte hormigón ligero y se deja fraguar para formar un sistema de muro de hormigón con aislamiento completado.

50 La unidad de esquina 552, tal como se muestra en la figura 10 incluye esencialmente un primer ICF 508A y un segundo ICF 508B (las mismas características se designan igual que antes) orientadas formando un ángulo respecto al primer ICF 508A, donde la sección de esquina 552 está moldeada para incluir el primer ICF 508A y el segundo ICF 508B para formar un primer cuerpo continuo 590 y un segundo cuerpo continuo 592 y proporcionar un espacio continuo 505 entre los mismos.

60 Haciendo referencia a la figura 3, una ventaja particular del ICF 509 incluye la capacidad de disponer fácilmente utilidades antes de unir una superficie acabada a los extremos expuestos de los montantes metálicos embebidos. Los montantes metálicos expuestos facilitan cambios y adiciones estructurales del terreno y dejan las partes estructurales del conjunto expuestas a las autoridades de la construcción local para inspeccionar la estructura.

Puede adaptarse un espacio para utilidades definido por la superficie exterior 525 del cuerpo de polímero expandido 512 y unos extremos expuestos 536 y 538 para albergar utilidades. Típicamente, los extremos expuestos 536 y 538 presentan una superficie de acabado unida a los mismos, un lado de la cual define, además, el espacio para las utilidades.

5 En una realización de la invención, el espacio para utilidades está adaptado y dimensionado para recibir componentes estándar y/o pre-fabricados, tales como ventanas, puertas y botiquines, así como armarios y estanterías personalizados.

10 Además, el espacio de aire entre la superficie exterior del cuerpo de polímero expandido 512 y la superficie de acabado permite la circulación del aire, lo que puede minimizar o evitar el moho. Además, debido a que los montantes metálicos no están en contacto directo con el entorno exterior, se evita el puente térmico a través de los montantes metálicos embebidos altamente conductores y se mejoran las propiedades de aislamiento.

15 Superficies de acabado adecuadas incluyen a superficies de acabado tales como madera, plástico rígido, paneles de madera, paneles de hormigón, paneles de cemento, paredes de yeso, tableros de yeso, tableros de partículas, paneles de plástico rígido, o cualquier otro material adecuado que presente funciones decorativas y/o estructurales u otros sustratos de construcción, pero no se limitan a éstos.

20 En un tipo particular de construcción de pared útil en la invención se utilizan paredes de plástico de espuma para formar una estructura de tipo sándwich que contiene la composición de LWC vertido. Tras el endurecimiento, las paredes de espuma se dejan intactas para añadirse de manera significativa a las propiedades de aislamiento de las paredes. Estas paredes pueden estar realizadas de partículas de polímero extruido o expandido tal como se ha descrito anteriormente o similares, y frecuentemente están disponibles para los contratistas en unidades de pared preformada y esquinas que se cierran a presión o se sujetan entre sí, de acuerdo con procedimientos bien conocidos por los expertos de la construcción.

25 Una realización de la invención se refiere a un panel de aislamiento inclinado que está adaptado para utilizarse como panel de pared o de techo. Tal como se muestra en las figuras 11-14, un panel de pared de un solo lado 340 incluye un cuerpo reforzado 341 que incluye un molde de polímero expandido 342 (cuerpo central) y unos montantes metálicos embebidos 344 y 346 (barras de refuerzo embebidas). Un molde de polímero expandido 342 puede incluir unas aberturas 348 y unas aberturas para utilidades 349, que atraviesan toda o parte de la longitud del molde de polímero expandido 342. Los montantes metálicos embebidos 344 y 346 tienen unos extremos embebidos 352 y 356, respectivamente, que no están en contacto con la cara interior 350 del molde de polímero expandido 342. Los montantes metálicos embebidos 344 y 346 también tienen unos extremos expuestos 358 y 360, respectivamente, que se extienden desde la cara exterior 362 del molde de polímero expandido 342.

30 El molde de polímero expandido 342 puede tener un grosor, medido como la distancia desde la cara interior 350 a la cara exterior 362, de por lo menos 8, en algunos casos de por lo menos 10, y en otros casos de por lo menos 12 cm y puede ser de hasta 100, en algunos casos de hasta 75, y en otros casos de hasta 60 cm. El grosor del molde de polímero expandido 342 puede ser cualquier distancia o puede variar entre cualquiera de las distancias citadas anteriormente.

45 Los extremos expuestos 358 y 360 se extienden por lo menos 1, en algunos casos, por lo menos 2, y en otros casos por lo menos 3 cm de distancia alejándose de la cara exterior 362 del molde de polímero expandido 342. Además, los extremos expuestos 358 y 360 pueden extenderse hasta 60, en algunos casos hasta 40, y en otros casos hasta 20 cm de distancia alejándose de la cara exterior 362 del molde de polímero expandido 342. Los extremos expuestos 358 y 360 pueden extenderse cualquiera de las distancias o puede variar entre cualquiera de las distancias citadas anteriormente de la cara exterior 362.

50 En una realización de la invención, los elementos de montantes metálicos embebidos 344 y 346 presentan una forma en sección transversal que incluye secciones embebidas 364 y 366, extremos embebidos 352 y 356, y extremos expuestos 358 y 360. La orientación de los elementos de montantes metálicos embebidos 344 y 346 viene referenciada por la dirección de los extremos embebidos 352 y 356. En una realización particular de la invención, los extremos embebidos 352 y 356 están orientados alejándose uno del otro. En esta realización, el panel de pared de un solo lado 340 está adaptado de manera que los extremos expuestos 358 y 360 de los montantes metálicos embebidos 344 y 346 están embebidos en hormigón 370 que se aplica a la cara exterior 362.

60 La separación entre cada uno de los montantes metálicos embebidos 344 y 346 es de por lo menos 25 y en algunos casos de por lo menos 30 cm y puede ser de hasta 110, en algunos casos de hasta 100, en otros casos de hasta 75, y en algunos casos hasta 60 cm medido desde un punto medio del extremo expuesto 358 a un punto medio del extremo expuesto 360. La separación entre los montantes metálicos embebidos 344 y 346 puede ser cualquier distancia o variar entre cualquiera de las distancias citadas anteriormente.

En una realización de la invención, el panel de pared de un solo lado 340 incluye un cuerpo de polímero expandido 342 (cuerpo central), unos montantes metálicos embebidos 344 y 346 (barras de refuerzo embebidas), que incluyen pestañas 311, extremos con esquinas 312, orificios para utilidades 346 situados en una parte expuesta de los montantes metálicos embebidos 344 y 346, orificios de expansión 313 en una parte embebida de los montantes metálicos embebidos 344 y 346, y extremos embebidos 344 y 346, que no hacen contacto con la cara interior 350.

En una realización de la invención, la cara interior 350 puede tener una superficie corrugada, la cual puede ser moldeada o cortada, lo que mejora el flujo de aire entre la cara interior 350 y cualquier superficie unida a la misma.

Los orificios de expansión 313 son útiles ya que como el cuerpo de polímero expandido 342 es moldeado, la matriz de polímero se expande a través de los orificios de expansión 313 y el polímero en expansión se funde. Esto permite que la matriz de polímero sea revestida y sostenga los montantes metálicos embebidos 344 y 346 por medio de la fusión en el polímero en expansión. En una realización de la invención, los orificios de expansión 313 pueden tener una superficie con pestañas y, en muchos casos, una superficie con pestañas enrollada para añadir resistencia a los montantes metálicos embebidos.

Las aberturas 348 pueden tener diversas formas en sección transversal, siendo ejemplos no limitativos redonda, ovalada, elíptica, cuadrada, rectangular, triangular, hexagonal u octogonal. El tamaño de la sección transversal de las aberturas 348 puede ser uniforme o puede variar de manera independiente entre sí respecto al tamaño y la ubicación respecto a la cara exterior 362 y la cara interior 350. La separación entre cada abertura 348 puede ser de por lo menos 1 y en algunos casos de por lo menos 3 cm y puede ser de hasta 110, en algunos casos de hasta 100, en otros casos de hasta 75, y en algunos casos de hasta 60 cm medido desde un punto medio de una abertura 348 a una abertura adyacente 348. La separación entre las aberturas 348 puede ser independientemente cualquier distancia o intervalo entre cualquier de las distancias citadas anteriormente.

El área en sección transversal de las aberturas 348 también pueden variar independientemente una de la otra o puede ser uniforme. El área en sección transversal de las aberturas 348 está limitada por las dimensiones del molde de polímero expandido 342, ya que aberturas 348 encajarán dentro de las dimensiones del molde de polímero expandido 342. El área en sección transversal de las aberturas 348 puede ser independientemente por lo menos 1, en algunos casos por lo menos 5, y en otros casos por lo menos 9 cm² y puede ser de hasta 130, en algunos casos de hasta 100, en otros casos de hasta 75 cm². El área en sección transversal de las aberturas 348 puede ser independientemente cualquier valor o intervalo entre cualquiera de los valores citados anteriormente.

El cuerpo reforzado 341 tiene una longitud finita y tiene un extremo terminal macho 371 que incluye un borde delantero 372 y un extremo de recepción 376 que incluye una sección ranurada 376, que está adaptada para recibir el borde delantero 372. Típicamente, unas secciones del panel de pared de un solo lado 340 se interconectan insertando un borde delantero 372 de un primer panel de pared de un solo lado 340 en una sección ranurada 378 de un segundo panel de pared de un solo lado. De esta manera, puede montarse y/o formarse una sección de pared o techo más grande que contiene cualquier número de paneles de pared de una cara. La anchura del panel de pared de un solo lado 340, medida como la distancia del borde saliente 380 al borde trasero 374, puede ser típicamente de por lo menos 20, en algunos casos de por lo menos 30, y en otros casos de por lo menos 35 cm y puede ser de hasta 150, en algunos casos de hasta 135, y en otros casos de hasta 125 cm. La anchura del panel de pared de un solo lado 340 puede ser cualquier valor o puede variar entre cualquiera de los valores citados anteriormente.

En la figura 11 se muestra un ejemplo de panel de pared de un solo lado 340 de acuerdo con la invención, donde se utilizan cuatro montantes metálicos embebidos 344 y 346. La presente composición de LWC se vierte, se acaba y se fragua para formar una capa de hormigón 370 que encierra extremos expuestos 358 y 360 de los montantes metálicos embebidos 344 y 346.

Los extremos embebidos 350 y 356 de los montantes metálicos embebidos 344 y 346 quedan accesibles como puntos de anclaje para una superficie de acabado, tales como madera, plástico rígido, paneles de madera, paneles de hormigón, paneles de cemento, paredes de yeso, placas de yeso, tableros de partículas, paneles de plástico rígido, o cualquier otro material adecuado que presente funciones de decoración y/o estructurales u otras paredes de yeso de sustrato de construcción 375 tal como se muestra en la figura 11. En una realización particular de la invención, el producto a base de yeso ligero que se describe a continuación se utiliza como paredes de yeso o paneles de yeso 375. La unión se consigue típicamente mediante el uso de tornillos.

En la figura 12 se muestra una realización de la invención. En esta realización, a los extremos expuestos 358 y 360 de los montantes metálicos embebidos 344 y 346 va unida una malla de refuerzo 371. La malla de refuerzo 371 puede estar realizada de cualquier material adecuado, siendo ejemplos no limitativos fibra de vidrio, metales tales como acero, acero inoxidable y aluminio, plástico, fibras sintéticas y combinaciones de los mismos. De manera deseable, después de unir la malla de refuerzo 371 a los extremos expuestos 358 y 360, se vierte 370 una capa de

hormigón, se termina y se fragua con el fin de encerrar la malla de refuerzo 371 y los extremos expuestos 358 y 360. En esta realización, la malla de refuerzo 371 aumenta la resistencia de la capa de hormigón 370, y aumenta también la resistencia de la unión de la capa de hormigón 370 al cuerpo reforzado 341.

5 En una realización de la invención, el panel de pared de un solo lado 340 se monta sobre una superficie plana y un primer extremo se levanta mientras un segundo extremo permanece estacionario lo que da como resultado la orientación del panel de pared de un solo lado 340 substancialmente perpendicular a la superficie plana. Esto se denomina a menudo "disposición de pared inclinada" en la técnica y en esta realización de la invención, el panel de pared de un solo lado 340 se denomina "pared inclinada".

10 Una realización de la invención se refiere a un segundo panel aislado inclinado que está adaptado para utilizarse como panel de pared o de techo. Tal como se muestra en las figuras 15-18, un panel de pared de dos caras 440 incluye un cuerpo reforzado 441 que incluye un molde de polímero expandido 442 (cuerpo central) y unos montantes metálicos embebidos 444 y 446 (barras reforzadas embebidas). El molde de polímero expandido 442 puede incluir
15 unas aberturas 448 que atraviesan toda o parte de la longitud del molde de polímero expandido 442. Los montantes metálicos embebidos 444 y 446 tienen un primer extremo expuesto 452 y un segundo extremo expuesto 456 que se extienden, respectivamente, desde una primera cara 462 del molde de polímero expandido 442. Los montantes metálicos embebidos 444 y 446 también tienen segundos extremos expuestos 458 y 460, respectivamente, que se extienden desde una segunda cara 450 del molde de polímero expandido 442.

20 El molde de polímero expandido 442 puede tener un grosor, medido como la distancia desde la segunda cara 450 a la primera cara 462 similar en dimensiones a la que se ha descrito anteriormente respecto al molde de polímero expandido 342.

25 Los extremos expuestos pueden extenderse por lo menos 1, en algunos casos, por lo menos 2, y en otros casos de por lo menos 3 cm de la cara 450 o bien la cara 462 del molde de polímero expandido 442. Además, los extremos expuestos pueden extenderse hasta 60, en algunos casos hasta 40, y en otros casos hasta 20 cm alejándose de cualquiera de las caras del molde de polímero expandido 442. Los extremos expuestos pueden extenderse
30 cualquiera de las distancias o pueden variar entre cualquiera de las distancias citadas anteriormente de cualquiera de las caras del molde de polímero expandido 442.

En una realización de la invención, los extremos expuestos 452, 456, 458, y 460 quedan embebidos en una primera capa de hormigón 469 y una segunda capa de hormigón 470 que se aplican a las caras 450 y 462.

35 La separación entre cada uno de los montantes metálicos embebidos 444 y 446 puede ser tal como se ha descrito respecto a los montantes metálicos embebidos 344 y 346.

40 En una realización de la invención, el panel de pared de dos caras 440 incluye un cuerpo de polímero expandido 442 (cuerpo central), montantes metálicos embebidos 444 y 446 (barras de refuerzo embebidas), cuyos extremos con esquinas 412, orificios para utilidades 446 situados en una parte expuesta de los montantes metálicos embebidos 444 y 446, y orificios de expansión 413 en una parte embebida de los montantes metálicos embebidos 444 y 446.

45 Los orificios de expansión 413 son útiles dado que como el cuerpo de polímero expandido 442 es moldeado, la matriz de polímero se expande a través de los orificios de expansión 413 y el polímero en expansión se funde. Esto permite que la matriz de polímero sea revestida y sostenga los montantes metálicos embebidos 444 y 446 por medio de la fusión en el polímero en expansión. En una realización de la invención, los orificios de expansión 413 pueden tener una superficie con pestañas y, en muchos casos, una superficie con pestañas enrollada para añadir resistencia a los montantes metálicos embebidos.

50 Las aberturas 448 pueden presentar diversas formas en sección transversal, y una separación y un área en sección transversal similares a como se ha descrito respecto a las aberturas 348 en el cuerpo de polímero expandido 342.

55 El cuerpo reforzado 441 tiene una longitud finita y tiene un extremo terminal macho 471 que incluye un borde delantero 472 y un extremo de recepción 476 que incluye la sección ranurada 478, que está adaptada para recibir el borde delantero ranurado 472. Típicamente, unas secciones del panel de pared de dos lados 440 se interconectan insertando un borde delantero 472 de un primer panel de pared de dos lados 440 en una sección ranurada 478 de un segundo panel de pared de dos caras. De esta manera, puede montarse y/o formarse una sección de pared o techo más grande que contiene cualquier número de paneles de pared de dos lados. La anchura del panel de pared de un solo lado 440, medida como la distancia desde el borde delantero 472 de la sección ranurada 478 puede ser
60 típicamente de por lo menos 20, en algunos casos de por lo menos 30, y en otros casos de por lo menos 35 cm y puede ser de hasta 150, en algunos casos de hasta 135, y en otros casos de hasta 125 cm. La anchura del panel de pared de dos lados 440 puede ser cualquier valor o puede variar entre cualquiera de los valores citados anteriormente.

En la figura 15 se muestra un ejemplo de panel de pared de dos lados 440 de acuerdo con la invención, donde se utilizan cuatro montantes metálicos embebidos 444 y 446. La presente composición de LWC se vierte, se termina y se fragua para formar capas de hormigón 469 y 470 que encierran extremos expuestos 452, 456, 458, y 460 de los montantes metálicos embebidos.

Alternativamente, tal como se muestra en la figura 17, el panel de pared de dos caras 439 incluye variaciones del panel de pared de dos caras 440. En el panel de pared de dos caras 439 uno (o alternativamente ambos, lo cual no se muestra) de los extremos expuestos 452 y 456 (y, alternativamente, también 458 y 460) quedan accesibles como puntos de unión para una superficie de acabado 475, tal como madera, plástico rígido, paneles de madera, paneles de hormigón, paneles de cemento, paneles de yeso, placas de yeso, tableros de partículas, tableros de plástico rígido, o cualquier otro material adecuado que presente funciones decorativas y/o estructurales u otros sustratos de construcción. Las paredes de yeso y los paneles de yeso pueden incluir el producto a base de yeso ligero que se describe a continuación. La unión se realiza típicamente mediante el uso de tornillos. En esta realización, el espacio 476 definido por la superficie acabada, los extremos expuestos 444 y 446 y el cuerpo de polímero expandido 442 puede utilizarse para disponer utilidades, aislamiento y anclajes para acabados interiores tal como se ha descrito anteriormente.

En esta realización alternativa, se une una malla de refuerzo 471 a los extremos expuestos 458 y 460 de los montantes metálicos embebidos 444 y 446. La malla de refuerzo 471 puede estar realizada de cualquier material adecuado, siendo ejemplos no limitativos fibra de vidrio, metales tales como acero, acero inoxidable y aluminio, plástico, fibras sintéticas y combinaciones de los mismos. De manera deseable, después de unir la malla de refuerzo 471 a los extremos expuestos 458 y 460, la capa de hormigón 470 se vierte, se termina y se fragua para encerrar la malla de refuerzo 471 y los extremos expuestos 458 y 460. En esta realización, la malla de refuerzo 471 aumenta la resistencia de la capa de hormigón 470, y así aumenta también la resistencia de la unión de la capa de hormigón 470 al cuerpo reforzado 441.

En una realización de la invención, el panel de pared de dos lados 440 se monta sobre una superficie plana y se levanta un primer extremo mientras un segundo extremo permanece estacionario lo que da como resultado la orientación del panel de pared de dos lados 440 substancialmente perpendicular a la superficie plana, es decir, una "disposición de pared inclinada", tal como se ha descrito anteriormente.

La presente invención también dispone unidades de suelo y sistemas de suelo que incluyen paneles de suelo de material compuesto que contienen la presente composición de hormigón ligero. Los paneles de suelo están compuestos generalmente de un cuerpo central, substancialmente de forma paralelepípedica, que contiene una matriz de polímero expandido, que presenta unas caras opuestas, una superficie superior y una superficie inferior opuestas; y dos o más vigas de suelo embebidas que se extienden longitudinalmente a través del cuerpo central entre las caras opuestas, presentando un primer extremo embebido en la matriz de polímero expandido, presentando un primer elemento transversal que se extiende desde el primer extremo substancialmente en contacto o extendiéndose por encima de la superficie superior, un segundo extremo que se extiende alejándose de la superficie inferior del cuerpo central que tiene un segundo elemento transversal que se extiende desde el segundo extremo, y uno o más orificios de expansión situados en las vigas embebidas entre el primer extremo de las vigas embebidas y la superficie inferior del cuerpo central. El cuerpo central contiene una matriz de polímero tal como se ha descrito anteriormente que se expande a través de los orificios de expansión. Las vigas embebidas incluyen uno o más orificios para utilidades situados en las vigas embebidas entre la superficie inferior del cuerpo central y el segundo extremo de las vigas embebidas y el espacio definido por la superficie inferior del cuerpo central y los segundos extremos de las vigas embebidas de refuerzo están adaptados para albergar líneas de servicios. Una capa de hormigón que contiene la presente composición cementosa ligera cubre por lo menos una parte de la superficie superior y/o la superficie inferior. El panel de suelo de material compuesto se coloca generalmente perpendicular a una pared estructural y/o cimiento.

Tal como se muestra en la figura 19, la unidad de suelo 90 incluye un panel de polímero extensible 92 (cuerpo central) y unas vigas metálicas embebidas 94 y 96 (barras de refuerzo embebidas). El panel de polímero expansible 92 incluye unas aberturas 98 que atraviesan toda o parte de la longitud del panel de polímero expandido 92. Las vigas metálicas embebidas 94 y 96 tienen extremos embebidos 104 y 106, respectivamente, que están en contacto con la superficie superior 102 del panel de polímero expandido 92. Las vigas metálicas embebidas 94 y 96 también tienen extremos expuestos 108 y 110, respectivamente, que se extienden desde la superficie inferior 100 del panel de polímero expandido 92.

Las vigas metálicas embebidas 94 y 96 incluyen primeros elementos transversales 124 y 126 que se extienden respectivamente desde los extremos embebidos 104 y 106 respectivamente, que están substancialmente en contacto con la superficie superior 102 y los extremos expuestos 108 y 110 incluyen segundos elementos transversales 128 y 129, respectivamente, que se extienden desde los extremos expuestos 108 y 110,

respectivamente. El espacio definido por la superficie inferior 100 del panel de polímero expandido 92 y los extremos expuestos 108 y 110 y los segundos elementos transversales 128 y 129 de las vigas metálicas embebidas 94 y 96 pueden orientarse para albergar conductos colocados entre la superficie inferior adyacente 100 de las vigas metálicas embebidas 94 y 96.

5 El panel de polímero expandido 92 puede tener un grosor, medido como la distancia desde la superficie superior 102 a la superficie inferior 100 de por lo menos 2, en algunos casos de por lo menos 2,5, y en otros casos de por lo menos 3 cm y puede ser de hasta 50, en algunos casos de hasta 40, en otros casos de hasta 30, en algunos casos hasta 25, en otros casos de hasta 20, en algunas situaciones de hasta 15 y en otras situaciones de hasta 10 cm desde la superficie superior 102 del panel de polímero expandido 92. El grosor del panel 92 puede ser cualquier distancia o puede variar entre cualquiera de las distancias citadas anteriormente.

15 Los extremos expuestos 108 y 110 se extienden por lo menos 1, en algunos casos, por lo menos 2, y en otros casos de por lo menos 3 cm de la superficie inferior 100 del panel de polímero expandido 92. Además, los extremos expuestos 108 y 110 puede extenderse hasta 60, en algunos casos hasta 40, y en otros casos hasta 20 cm alejándose de la superficie inferior 100 del panel de polímero expandido 92. Los extremos expuestos 108 y 110 pueden extenderse cualquiera de las distancias o puede variar entre cualquiera de las distancias citadas anteriormente desde la superficie inferior 100.

20 En una realización de la invención, las vigas metálicas embebidas 94 y 96 presentan una forma en sección transversal que incluye secciones embebidas 114 y 116, extremos embebidos 104 y 106, y extremos expuestos 108 y 110. La orientación de las vigas metálicas embebidas 94 y 96 viene referenciada por la dirección de los extremos abiertos 118 y 120. En una realización de la invención, los extremos abiertos 118 y 120 quedan orientados uno hacia el otro. En esta realización, la unidad de suelo 90 está adaptada para recibir unos conductos. Como ejemplo no limitativo, puede instalarse un conducto de HVAC a lo largo de las vigas metálicas embebidas 94 y 96.

30 Tal como se utiliza aquí, el término "conductos" se refiere a cualquier tubería, tubo, canal u otro recinto a través del cual pueda fluir aire desde un origen hacia un espacio de recepción; siendo ejemplos no limitativos aire que fluye desde un equipo de calefacción y/o aire acondicionado a una habitación, aire de reposición que fluye de una habitación a un equipo de calefacción y/o de aire acondicionado, aire fresco que fluye hacia un espacio cerrado, y/o aire residual que fluye desde un espacio cerrado hacia un lugar fuera del espacio cerrado. En algunas realizaciones, los conductos incluyen tubos metálicos substancialmente rectangulares que se encuentran situados por debajo y se extienden substancialmente adyacentes al suelo.

35 La separación entre cada una de las vigas metálicas embebidas 94 y 96 puede ser tal como se ha descrito respecto a los montantes metálicos embebidos 344 y 346.

Las aberturas 98 pueden presentar diversas formas en sección transversal, y una separación y un área en sección transversal similares a como se ha descrito respecto a las aberturas 348 en el cuerpo de polímero expandido 342.

40 Tal como se muestra en la figura 19, panel de polímero expandido 92 puede extenderse una distancia con vigas metálicas embebidas alternas 94 y 96 colocadas en el mismo. La longitud de la unidad de suelo 90 puede ser cualquier longitud que permita una manipulación segura y un daño mínimo a la unidad de suelo 90. La longitud de la unidad de suelo 90 puede ser típicamente por lo menos 1, en algunos casos por lo menos 1,5, y en otros casos por lo menos 2 m y puede ser hasta 25, en algunos casos hasta 20, en otros casos hasta 15, en algunos casos hasta 10 y en otros casos hasta 5 m. La longitud de la unidad de suelo 90 puede ser cualquier valor o puede variar entre cualquiera de los valores citados anteriormente. En algunas realizaciones, un extremo de la unidad de suelo 90 puede terminarse con una viga metálica embebida.

50 Tal como se muestra en la figura 19, el panel de polímero expandido 92 tiene una longitud finita y tiene un extremo terminal macho 91 que incluye un borde delantero 93 y un borde trasero 95 y un extremo de recepción 97 que incluye una sección ranurada 99 y una sección extendida 101, que está adaptada para recibir el borde delantero 93, y el borde trasero 95. Típicamente, unas secciones de las unidades de suelo 90 se interconectan insertando un borde delantero 93 de una primera unidad de suelo 90 en una sección ranurada 99 desde una segunda unidad de suelo 90. De esta manera, puede montarse y/o formarse una sección de suelo más grande que contiene cualquier número de unidades de suelo.

60 La anchura de la unidad de suelo 90 puede ser cualquier anchura que permita una manipulación segura y un daño mínimo a la unidad de suelo 90. La anchura de la unidad de suelo 90 viene determinada por la longitud de las vigas metálicas embebidas 94 y 96. La anchura de la unidad de suelo 90 puede ser de por lo menos 1 y en algunos casos de por lo menos 1,5 m y puede ser de hasta 3 m y en algunos casos de hasta 2,5 m. En algunos casos, con el fin de añadir estabilidad a la unidad de suelo 90, unos travesaños de refuerzo (no mostrados) pueden unirse a las vigas

metálicas embebidas 94 y 96. La anchura de la unidad de suelo 90 puede ser cualquier valor o puede variar entre cualquiera de los valores citados anteriormente.

5 La unidad de suelo 90 típicamente forma parte de un sistema de suelo que substancialmente incluye una pluralidad de los paneles de suelo compuestos que se describen aquí, donde los extremos macho incluyen un borde de lengüeta y los extremos hembra incluyen una ranura formada de manera que una lengüeta y/o una ranura de cada panel está en contacto suficiente con una lengüeta y/o una ranura correspondiente de otro panel para formar un plano. Una capa de hormigón que contiene la presente composición de hormigón ligero cubre por lo menos una parte de una superficie del sistema de suelo. El plano establecido se extiende lateralmente desde un cimiento y/o una pared estructural.

En el presente sistema de suelo, los conductos pueden conectarse a las barras metálicas de refuerzo de por lo menos un panel de suelo de material compuesto.

15 Adicionalmente, un material de suelo puede conectarse a uno o más de los primeros elementos transversales de los paneles de suelo de material compuesto. Puede utilizarse cualquier material de suelo adecuado en la invención. Materiales adecuados para suelo son materiales que pueden unirse a los elementos transversales y cubrir por lo menos parte del panel de polímero expandido. Materiales para suelos adecuados incluyen madera contrachapada, planchas de madera, secciones de suelo de madera con lengüetas y ranuras, láminas metálicas, láminas de plástico estructural, piedra, cerámica, cemento, hormigón, y combinaciones de los mismos, pero no se limitan a éstos.

25 Una realización de la invención se refiere a un suelo o panel aislado inclinado que está adaptado para actuar como molde de viga en I de hormigón ligero. Tal como se muestra en la figura 20, el panel de viga en I 140 incluye un molde de polímero expandido 142 (cuerpo central) y unos montantes metálicos embebidos 144 y 146 (barras de refuerzo embebidas). El molde de polímero expandido 142 incluye unas aberturas 148 que atraviesan toda o parte de la longitud del molde de polímero expandido 142. Los montantes metálicos embebidos 144 y 146 tienen extremos embebidos 152 y 156, respectivamente, que están en contacto con la cara interior 150 del molde de polímero expandido 142. Los montantes metálicos embebidos 144 y 146 también tienen extremos expuestos 158 y 160, respectivamente, que se extienden desde la cara exterior 162 del molde de polímero expandido 142.

30 El molde polímero expandido 142 puede tener un grosor, medido como la distancia desde la cara interior 150 a la cara exterior 162, similar en dimensiones al que se ha descrito anteriormente en relación con el panel de polímero expandido 92.

35 Los extremos expuestos 158 y 160 se extienden por lo menos 1, en algunos casos, por lo menos 2, y en otros casos de por lo menos 3 cm alejándose de la cara exterior 162 de la forma de polímero expandido 142. Además, los extremos expuestos 158 y 160 pueden extenderse hasta 60, en algunos casos hasta 40, y en otros casos hasta 20 cm alejándose de la cara exterior 162 del molde de polímero expandido 142. Los extremos expuestos 158 y 160 pueden extenderse cualquiera de las distancias o pueden variar entre cualquiera de las distancias citadas anteriormente de la cara exterior 100.

45 En una realización de la invención, los montantes metálicos embebidos 144 y 146 tienen una forma en sección transversal que incluye secciones embebidas 164 y 166, extremos embebidos 152 y 156, y extremos expuestos 158 y 160. La orientación de los montantes metálicos embebidos 144 y 146 va referenciada a la dirección de los extremos abiertos 168 y 170. En una realización de la invención, los extremos abiertos 168 y 170 están orientados uno hacia el otro. En esta realización, el panel de viga en I 140 está adaptado para quedar embebido en el hormigón ligero que puede aplicarse a la cara exterior 162.

50 La separación entre cada uno de los montantes metálicos embebidos 144 y 146 puede ser tal como se ha descrito respecto a los montantes metálicos embebidos 344 y 346.

Las aberturas 148 pueden tener diversas formas en sección transversal, y la separación y el área en sección transversal similar tal como se ha descrito respecto a las aberturas 348 en el cuerpo de polímero expandido 342.

55 Tal como se muestra en la figura 20, el panel de polímero expandido 140 tiene una longitud finita y tiene un extremo terminal macho 170 que incluye un borde delantero 172 y un borde trasero 174 y un extremo de recepción 176 que incluye la sección ranurada 178, que está adaptada para recibir el borde delantero 172, y un borde saliente 180. Típicamente, unas secciones de los paneles de viga en I 140 se interconectan insertando un borde delantero 172 de un primer panel de viga en I 140 en una sección ranurada 178 de un segundo panel de viga en I. De esta manera, puede montarse y/o formarse una sección de tejado, techo, suelo o pared más grande que contiene cualquier número de paneles de viga en I. La anchura del panel de viga en I 140, medida como la distancia desde el borde saliente 180 al de borde trasero 174 puede ser típicamente de por lo menos 20, en algunos casos de por lo menos 30, y en otros casos de por lo menos 35 cm y puede ser de hasta 150, en algunos casos de hasta 135, y en otros

casos de hasta 125 cm. La anchura del panel de viga en I 140 puede ser cualquier valor o puede variar entre cualquiera de los valores citados anteriormente.

5 El panel de viga en I 140 incluye canal de viga en I 182. El presente panel de viga en I es ventajoso en comparación con los sistemas de la técnica anterior en que la conexión entre paneles adyacentes en la técnica anterior se dispone a lo largo de la sección delgada de polímero expandido debajo del canal de viga en I 182. El borde delgado resultante es propenso a sufrir daños y/o rotura durante el transporte y la manipulación. El panel de viga en I de la presente invención elimina este problema por el moldeo en el canal de viga en I, eliminando la exposición de una sección de borde fino a posibles daños.

10 En una realización de la invención, pueden colocarse barras de refuerzo u otras barras de refuerzo de hormigón en el canal de viga en I 182 con el fin de fortalecer y reforzar una viga en I de hormigón ligero formada dentro del canal de viga en I 182.

15 En otra realización de la invención mostrada en la figura 21, en lugar del canal de viga en I 182, el panel de viga en I 141 incluye el canal 183. El canal 183 está adaptado para recibir un conducto redondo u otros elementos y dispositivos para utilidades y mecánicos y/o pueden llenarse con hormigón ligero tal como se ha descrito anteriormente.

20 En la figura 22 se muestra un ejemplo de un sistema de viga en I 200 de acuerdo con la invención, donde se conectan cuatro paneles de viga en I 140 insertando un borde delantero 172 de un primer panel viga en I 140 en una sección ranurada 178 de un segundo panel de viga en I. El hormigón ligero se vierte, se termina y se fragua para formar una capa de hormigón ligero 202, que incluye vigas en I de hormigón ligero 204, que se forman en los canales de viga en I 182. La realización mostrada en la figura 22 es una realización alternativa, en la que la dirección del canal de viga en I 182 de cada panel de viga en I 140 queda orientada alternativamente hacia la capa de hormigón ligero 202 e incluye una viga en I de hormigón ligero 204 o queda orientada alejada de la capa de hormigón ligero 202 y el canal de viga en I 182 no contiene cemento. En una realización de la invención, el panel de viga en I orientado alejándose puede ser el panel de viga en I 141. Alternativamente, cada panel de viga en I 140 podría quedar frente a la capa de hormigón ligero 202 e incluir una viga en I de hormigón ligero 204.

30 En la realización mostrada, los extremos expuestos 158 y 160 están embebidos en la capa de hormigón ligero 202 o bien quedan expuestos. Los extremos expuestos 158 y 160 quedan accesibles como puntos de anclaje para una superficie de acabado 210, que puede incluir madera, plástico rígido, paneles de madera, paneles de hormigón, paneles de cemento, paredes de yeso, placas de yeso, tableros de partículas, paneles de plástico rígidos, artículos de construcción de hormigón ligero descritos aquí, o cualquier otro material adecuado que tenga funciones de decoración y/o estructurales u otros sustratos de construcción 210. La unión se consigue típicamente mediante el uso de tornillos, clavos, adhesivo u otros elementos de fijación conocidos en la técnica.

40 En una realización de la invención, el sistema de viga en I 200 se monta sobre una superficie plana y se levanta un primer extremo mientras un segundo extremo permanece estacionario lo que da como resultado la orientación del sistema de viga en I 200 substancialmente perpendicular a la superficie plana y levantado mediante una "disposición la pared inclinada" tal como se ha descrito anteriormente.

45 En otra realización de la invención, el sistema de viga en I 200 puede utilizarse como techo en una estructura o suelo en una estructura.

En general, el sistema de suelo forma un plano que se extiende lateralmente desde un cimiento y/o una pared estructural.

50 Las figuras 23 y 24 muestran unos sistemas de suelo 140 y 141, respectivamente. El sistema de suelo 140 se establece poniéndose en contacto el borde delantero 93 con la sección ranurada 99 para formar un suelo continuo 142. Las mismas características de los paneles de suelo individuales se han marcado como se ha indicado anteriormente. Tal como se ha descrito anteriormente, pueden fijarse varios tipos de formas de conductos en el espacio definido por la superficie inferior 100 del panel de polímero expandido 92 y los extremos expuestos 108 y 110 y los segundos elementos transversales 128 y 129 de las vigas metálicas embebidas 94 y 96. Como ejemplos no limitativos, en la figura 23 se muestra un conducto de ventilación rectangular 147 y en la figura 24 se muestra un conducto de aire circular 148.

60 Las realizaciones de la presente invención proporcionan un panel de construcción compuesto que incluye un cuerpo central, sustancialmente de forma paralelepípedica, que contiene una matriz de polímero expandido tal como se ha descrito anteriormente, que presenta caras opuestas, una superficie superior y una superficie inferior opuestas; por lo menos una estructura de montantes embebidos que se extienden longitudinalmente a través del cuerpo central entre las caras opuestas, presentando un primer extremo embebido en la matriz de polímero expandido, un segundo

extremo que se extiende alejándose de la superficie inferior del cuerpo central, y uno o más orificios de expansión situados en el montante embebido entre el primer extremo del montante embebido y la superficie inferior del cuerpo central, en el que el cuerpo central contiene una matriz de polímero que se expande a través de los orificios de expansión; y una capa de hormigón ligero cubre por lo menos una parte de la superficie superior y/o la superficie inferior.

La realización de la invención mostrada en la figura 24 muestra un ejemplo de la utilización de combinaciones de los paneles compuestos descritos aquí y la combinación de características de los diversos paneles. Esta realización combina el panel de viga en I 140 y un panel inferior 92 (mostrado como 92 y 92A). En esta realización, el extremo receptor 176 del panel de viga en I 140 recibe el borde frontal 93 del panel de suelo 92 y la sección ranurada 99 del panel de suelo 92A recibe el borde frontal 172 del panel de viga en I 140 para proporcionar unas conexiones de lengüeta y ranura para establecer un sistema de suelo continuo 141. En esta realización, el conducto circular 148 se instala a lo largo de la superficie inferior 100 de panel de suelo 92 entre vigas metálicas embebidas 94 y 96. En esta realización, el material del suelo es la presente composición de hormigón ligero como capa 145, que cubre la superficie superior 102 de los paneles de suelo 92 y 92A y la cara exterior 162 del panel de viga en I 140. El canal de viga en I 182 se extiende desde la cara exterior 162 y queda abierto a la misma y se llena con hormigón ligero y el grosor de la capa de hormigón 145 es suficiente para revestir los extremos expuestos 158 y 160 del panel de viga en I 140. La combinación que se muestra en esta realización proporciona un sistema de suelo de hormigón aislado, en el cual pueden disponerse utilidades bajo una capa de aislamiento.

Tal como se muestra en la realización de la figura 23, una capa de la presente composición de hormigón ligero 149, con una superficie expuesta con ranuras, cubre unas unidades de suelo 90. En una realización alternativa (no mostrada) puede unirse madera contrachapada, plástico, tablero de partículas u otro sub-suelo adecuado a unos primeros elementos transversales 124 y 126, y la capa de composición de hormigón ligero 149 aplicada a los mismos.

Tal como se muestra en la figura 25, un extremo de las vigas metálicas embebidas 94 y 96 están asentados y unidos en un borde de viga 122 y un segundo borde de viga está unido al otro extremo de las vigas metálicas embebidas 94 y 96. Sobre los elementos transversales 124 y/o 126 puede aplicarse una capa de hormigón ligero 149, como suelo.

Haciendo referencia a la figura 25, las vigas metálicas embebidas 94 y 96 tienen orificios para utilidades 127 separados a lo largo de las mismas. Los orificios para utilidades 127 son útiles para alojar cableado de luz, teléfono, televisión por cable, altavoces y otros dispositivos electrónicos. Los orificios para utilidades 127 pueden tener varias formas en sección transversal, siendo ejemplos no limitativos redonda, ovalada, elíptica, cuadrada, rectangular, triangular, hexagonal u octogonal. El área en sección transversal de los orificios para utilidades 127 también pueden variar independientemente unos de los otros o pueden ser uniformes. El área en sección transversal de los orificios para utilidades 127 está limitada por las dimensiones de las vigas metálicas embebidas 94 y 96, ya que los orificios para utilidades 127 se ajustan dentro de sus dimensiones y no limitan significativamente su integridad y fuerza estructural. El área de la sección transversal de los orificios para utilidades 127 puede ser independientemente de por lo menos 1, en algunos casos, de por lo menos 2, y en otros casos de por lo menos 5 cm² y puede ser de hasta 30, en algunos casos de hasta 25, en otros casos de hasta 20 cm². El área de la sección transversal de los orificios para utilidades puede ser, independientemente, cualquier valor o intervalo entre cualquiera de los valores citados anteriormente.

Los orificios de expansión 113, tal como se ha mencionado anteriormente, son útiles ya que como el cuerpo de polímero expandido 92 está moldeado, la matriz de polímero se expande a través de orificios de expansión 113 y el polímero en expansión se funde. Esto permite que la matriz de polímero sea revestida y sostenga los montantes metálicos embebidos 94 y 96 por medio de la fusión en el polímero en expansión. En una realización de la invención, los orificios de expansión 113 pueden tener una superficie con pestañas y, en muchos casos, una superficie con pestañas enrollada para añadir resistencia a los montantes metálicos embebidos.

En una realización de la invención, el sistema de suelo puede colocarse sobre un cimiento. Sin embargo, debido a que los cimientos no se encuentran perfectamente a nivel, puede unirse una guía de nivel al cimiento antes de colocar el sistema de suelo. La guía de nivel incluye una superficie superior que tiene una longitud y dos carriles laterales que se extienden desde bordes opuestos de la superficie superior, donde la anchura de la superficie superior es mayor que una anchura del cimiento y la longitud de la superficie superior es substancialmente de aproximadamente igual que la longitud de la base. La guía de nivel se une substancialmente al cimiento colocando la guía de nivel sobre el cimiento de los carriles laterales substancialmente en contacto con los lados del cimiento, situando la superficie superior de manera que se ajuste al nivel y uniendo permanentemente la guía de nivel al cimiento. Puede utilizarse una viga de borde para ayudar en la fijación de la superficie superior a un extremo de la pluralidad de paneles de suelo compuesto.

Más concretamente, puede unirse una guía de nivel 128 al cimiento base 130 antes de la colocación del sistema de suelo (véase las figuras 25 y 26). La guía de nivel 128 puede colocarse en el cimiento 128 y nivelarse. El nivel se hace permanente por medio de una guía de nivel 128 al cimiento 130 mediante el uso de elementos de fijación (clavos 131 mostrados, aunque pueden utilizarse tornillos u otros dispositivos adecuados) a través de los orificios de sujeción 132. Los tornillos 133 también pueden utilizarse para unir la guía a nivel 128 al cimiento 130 a través de los orificios de tornillo 135. Algunos de orificios de tornillo 135 pueden utilizarse en combinación con los tornillos 133 para fijar un labio inferior del borde de viga 122 a la guía de nivel 128. Los tornillos 133 también pueden mantener la posición a nivel de la guía de nivel 128 hasta que se consigue un posicionamiento más permanente. Alternativa o adicionalmente, puede aplicarse mortero a través de unos orificios de mortero 134 para llenar el espacio entre la guía de nivel 128 y la parte superior del cimiento 130. Después unir la guía de nivel 128 y/o el mortero ha fraguado suficientemente, el sistema de suelo puede fijado al cimiento.

La guía de nivel 128 incluye unos carriles laterales 137 que están adaptados para extenderse sobre una parte del cimiento 130. La anchura de la guía de nivel 128 es la distancia transversal de una parte superior de la guía de nivel 128 desde un carril lateral 137 al otro. La anchura de la guía de nivel 128 típicamente es ligeramente mayor que la anchura del cimiento 130. La anchura de la guía de nivel 128 puede ser por lo menos 10 cm, en algunos casos por lo menos 15 cm, en otros casos por lo menos 20 cm y en algunos casos por lo menos 21 cm. Además, la anchura de la guía de nivel 128 puede ser de hasta 40 cm, en algunos casos hasta 35 cm, y en otros casos hasta 30 cm. La anchura de la guía de nivel 128 puede ser cualquier valor o intervalo entre cualquiera de los valores citados anteriormente.

La longitud del carril lateral 137 es la distancia que se extiende desde una parte superior de una guía de nivel 128 y es de una longitud suficiente tal que permite la correcta nivelación de guía de nivel 128 y la unión al cimiento 130 a través de los orificios de fijación 131 y 132. La longitud del carril lateral 137 puede ser de por lo menos 4 cm, en algunos casos de por lo menos 5 cm, y en otros casos de por lo menos 7 cm. Además, la longitud del carril lateral 137 puede ser de hasta 20 cm, en algunos casos de hasta 15 cm, y en otros casos de hasta 12 cm. La longitud del carril lateral 137 puede ser cualquier valor o intervalo entre cualquiera de los valores citados anteriormente.

Un sistema de pared 50 puede unirse o fraguar en una capa de hormigón ligero 149, tal como se muestra en la figura 25. En el sistema de pared 50, un extremo inferior de los montantes metálicos 14 y 16 parcialmente embebidos en el cuerpo de polímero 14 se asientan en un carril inferior 44 y se unen al mismo y una pista de deslizamiento superior (no mostrada). Esta configuración da lugar a la formación del canal inferior 52.

En una realización de la invención, la composición de LWC se forma, se fragua y/o se endurece en la forma de un panel de construcción, sin el uso de un panel de construcción preformado tal como se ha descrito anteriormente. En esta realización, el panel de construcción puede estar adaptado para utilizarse en un suelo, pared, tejado, o en el techo.

Adicionalmente, las composiciones de LWC utilizadas en la invención pueden utilizarse como estuco o como escayola, que se aplica por cualquier medio bien conocido para los expertos en esos oficios; como tablero de pared, de tipo de construcción sándwich en el que el material endurecido se intercala mediante un papel adecuadamente resistente u otro material de construcción; como adoquines para aceras, calzadas y similares; como material de vertido para aceras, calzadas y similares; como material de vertido monolítico para suelos de edificios; como cañones de chimeneas o chimeneas; como ladrillos; como adoquines de tejados; como material de vertido monolítico para sistemas de suelo de calor radiante; como bloques para muros de contención de jardines; como sistemas de muros de hormigón pretensado; como sistemas de paredes inclinadas, es decir, cuando un componente de la pared se vierte en el lugar y luego se inclina cuando se endurece; y como mortero de mampostería.

En una realización de la invención, las composiciones de hormigón de acuerdo con la presente invención se forman, se fraguan y/o endurecen en forma de unidades de mampostería de hormigón. Tal como se utiliza aquí, el término "unidad de mampostería de hormigón" se refiere a un artículo de hormigón hueco o macizo, incluyendo variedades marcadas, con caras partidas, acanaladas, estriadas, con caras rectificadas, desplomadas y piedra de pavimentación, pero sin limitarse a éstos. Realizaciones de la invención proporcionan paredes que incluyen, por lo menos en parte, unidades de mampostería de hormigón realizadas de acuerdo con la invención.

En una realización ilustrativa, los artículos y materiales de construcción moldeados y unidades de mampostería de hormigón descritos anteriormente son capaces de recibir y sujetar elementos de fijación penetrantes, incluyendo ejemplos no limitativos de los mismos clavos, tornillos, grapas y similares. Esto puede resultar beneficioso ya que los revestimientos de la superficie pueden unirse directamente a los artículos y materiales de construcción moldeados y artículos y materiales de construcción moldeados de unidades de mampostería de hormigón y unidades de mampostería de hormigón.

5 En una realización de la invención, un tornillo de pared de yeso de 2 y 1/2 pulgadas estándar puede atornillar en una superficie vertida y fraguada que contiene la presente composición de hormigón ligero, a una profundidad de 1 y 1/2 pulgadas, y no se extrae cuando se aplica una fuerza de por lo menos 500, en algunos casos de por lo menos 600 y en otros casos por lo menos 700 y hasta 800 libras perpendicular a la superficie que se atornilla durante uno, en algunos casos cinco y en otros casos diez minutos.

10 Realizaciones de la presente invención proporcionan unidades estructurales ligeras tales como paneles de yeso y similares. Estas unidades incluyen un núcleo de material de cemento tal como se ha descrito anteriormente, cubierto por lo menos en sus dos superficies principales por una cubierta o papeles de revestimiento que se adhieren al núcleo cementoso curado. Aunque el producto a fabricar puede describirse como un panel de yeso en el que el material cementoso de base es alguna forma de composición de yeso o combinaciones de composiciones de yeso, se entenderá que para diferentes aplicaciones pueden utilizarse otras formas de material de cemento, tales como yeso de París, estuco, cementos de todo tipo para realizar otros productos y caen dentro del alcance de la presente invención.

15 Tal como se utiliza aquí, el término "yeso" se refiere al yeso mineral tal como se encuentra en la naturaleza que es principalmente dihidrato de sulfato de calcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y "composiciones de yeso" se refiere a composiciones y/o mezclas que contienen yeso. Para realizar paneles de yeso, el mineral se muele y se calcina de modo que es principalmente hemihidrato de sulfato de calcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) y se denota como hemihidrato, estuco o yeso calcinado. Si la deshidratación es completa, sulfato de calcio (CaSO_4).

20 Realizaciones de la invención prevén la fabricación de un núcleo ligero para una unidad estructural que incluye las siguientes combinaciones de materiales:

- 25 (1) una composición de yeso de base que incluye yeso calcinado;
 (2) partículas de polímero que presentan un tamaño medio de partícula de entre 0,2 mm y 8,0 mm y una densidad aparente de entre 0,03 g/cc y 0,64 g/cc, tal como se ha descrito anteriormente;
 (3) opcionalmente un tensioactivo,
 (4) opcionalmente un agente de formación de espuma adecuado para utilizarse como látex;
 30 (5) opcionalmente un componente de formación de película, tal como un látex;
 (6) opcionalmente una composición de almidón, y
 (7) opcionalmente agua, además de otros aditivos, según se desee.

35 La suspensión o mezcla puede prepararse añadiendo a un recipiente adecuado parte del agua, uno o más tensioactivos, y un agente de formación de espuma que, bajo agitación, forma una espuma. Después de permitir que entre el aire apropiado, puede añadirse el látex y almidón. Durante una agitación continua, se añade el yeso lentamente para evitar la formación de bultos o la formación de grumos y, a continuación, se añade el resto de la cantidad predeterminada de agua. A esto se le añaden las partículas de polímero mediante removido o agitación continuado para obtener una mezcla homogénea suave. Si es ventajoso, el orden de adición puede variarse.

40 En una realización de la invención, las partículas de polímero pueden añadirse al material a base de yeso entre aproximadamente un 0,1 y aproximadamente un 3% en peso del yeso, en algunos casos entre aproximadamente un 0,5 y aproximadamente un 3 por ciento en peso, entre aproximadamente un 10 y aproximadamente un 60 por ciento en volumen del material a base de yeso, o en los niveles que se han definido anteriormente.

45 El látex puede utilizarse en aproximadamente entre un 0,1 y aproximadamente un 5,0 por ciento en peso de yeso y en algunos casos entre un 1 y un 3 por ciento en peso.

50 En una realización de la invención, el látex contiene un copolímero de estireno butadieno, un homopolímero o copolímero de acetato de vinilo, siendo un ejemplo no limitativo un copolímero de etileno vinil acetato, o combinaciones de los mismos.

55 El agente tensioactivo y/o de formación de espuma, si se usa como aditivo único o combinado, puede utilizarse entre aproximadamente un 0,075% y aproximadamente un 0,3% en peso de yeso, en algunos casos aproximadamente entre un 0,1 y un 0,2 por ciento en peso. En realizaciones particulares, se utiliza lauril sulfato de magnesio.

El almidón puede utilizarse entre aproximadamente un 0,5 y aproximadamente un 3,0% en peso de yeso, y en algunos casos entre aproximadamente un 1 y aproximadamente un 2 por ciento en peso.

60 Yeso, piedra caliza y/o dolomita pueden proporcionar el resto de la formulación.

Ventajosamente, las partículas de polímero no sólo aligeran el peso de los paneles de yeso, sino que añaden valor de aislamiento y al reducir la cantidad de yeso reducen el requerimiento de agua en la formulación. Por lo tanto, una

5 ventaja de la presente invención es que la mezcla de yeso o suspensión requiere muy poco o nada de agua en exceso de la que se requiere para una hidratación adecuada. Además, el contenido total de agua en el material a base de yeso puede ser tan bajo como sea posible, del orden de aproximadamente entre un 50 y un 60% en peso de hemihidrato, teniendo en cuenta que es deseable utilizar sólo la cantidad de exceso de agua sobre la que se requiere para reaccionar con el compuesto de cemento como sea necesario para proporcionar la mezcla fluida homogénea deseada, que pueda colocarse fácilmente en un molde u otro medio para realizar núcleos de cemento ligero para paneles de yeso.

10 La densidad, el diámetro y el volumen de las partículas pre-expandidas o de polímero puede variarse para proporcionar propiedades específicas y/o de otro modo deseables a la composición de yeso. Esto permite el diseño de características específicas en placas de yeso, paneles de yeso u otros productos realizados de la presente composición de yeso ligero, siendo ejemplos no limitativos resistencia al fuego, valor de aislamiento, resistencia al corte, peso del tablero acabado, y/o resistencia de sujeción y/o ruptura del elemento de retención.

15 Una ventaja de la presente invención es el tamaño y distribución más uniformes de las partículas de polímero dentro del panel de yeso o el material de yeso que los intentos de la técnica anterior en incluir partículas expandidas en el panel y/o las composiciones. Además, la presencia de las partículas de polímero proporciona una resistencia añadida, así como flexibilidad al panel. En el producto final, esto se muestra como un aumento de la resistencia a la compresión, así como resistencia a la flexión.

20 En una realización de la invención, cuando un panel de yeso que contiene la composición de yeso que se ha descrito anteriormente se expone a calor extremo y/o llamas, se produce una estructura de nido de abeja que puede mantener gran parte de la resistencia de la placa de pared. Esto puede ser ventajoso en un aumento de la duración de tiempo hasta el fallo, lo cual ayuda en estructuras de evacuación realizadas con tales materiales.

25 En una realización de la invención, puede atornillarse un tornillo estándar para paneles de yeso de 1 y 1/4" pulgadas en el presente material de tableros de pared o de yeso, a una profundidad de 1/2 pulgada, y no se extrae cuando se aplica una fuerza de por lo menos 500, en algunos casos de por lo menos 600 y en otros casos de por lo menos 700 y de hasta 800 libras de fuerza perpendicular a la superficie en que atornilla durante uno, en algunos casos cinco y en otros casos diez minutos.

30 En una realización de la invención, un panel de yeso que contiene la composición de yeso que se ha descrito anteriormente tiene una resistencia a la compresión mínima de por lo menos 300 psi (21,1 kgf/cm²), en algunos casos de por lo menos 400 psi (28,1 kgf/cm²), en otros casos de por lo menos 500 psi (35,2 kgf/cm²), en algunos casos de por lo menos 600 psi (42,2 kgf/cm²), y en otros casos de por lo menos 700 psi (49,2 kgf/cm²). Las resistencias a la compresión se determinan según la norma ASTM C39.

35 La presente invención también va dirigida a edificios que incluyen las composiciones de LWC de acuerdo con la invención.

40 Las propiedades de densidad y resistencia deseadas de la composición de LWC fraguada y/o endurecida se determinan en función de la aplicación prevista.

45 En una realización de la invención, el tipo, el tamaño y la densidad de perlas de polímero a expandir y el tamaño y la densidad de las perlas de polímero a los que se expanden pueden determinarse a partir de datos empíricos y/o publicados.

50 En otra realización de la invención puede utilizarse un análisis de elementos finitos para determinar el tipo, el tamaño y la densidad de perlas de polímero a expandir y el tamaño y la densidad de las perlas de polímero a la que se expanden.

La composición de hormigón ligero resultante se deja fraguar y/o endurecer para proporcionar artículos de LWC y unidades de mampostería de hormigón tal como se ha descrito anteriormente.

55 La presente invención se describirá adicionalmente haciendo referencia a los siguientes ejemplos. Los siguientes ejemplos son meramente ilustrativos de la invención y no se pretende que sean limitativos. Salvo que se indique lo contrario, todos los porcentajes son en peso y se utiliza cemento Portland salvo que se especifique lo contrario.

60 EJEMPLOS

Salvo que se indique lo contrario, se utilizaron los siguientes materiales:

- Cemento Portland Tipo III (CEMEX, S. A. de C.V., MONTERREY, MEXICO).

ES 2 574 012 T3

- Arena Mason (densidad aparente 165 pcf / gravedad específica 2,64)
 - Agua potable - temperatura ambiente (~ 70° F / 21° C)
 - Poliestireno expansible - M97BC, F271C, F271M, F271T (NOVA Chemicals Inc., Pittsburgh, PA)
 - Resina EPS - 1037C (NOVA Chemicals, Inc.)
- 5 - Pizarra Expandida 1/2 pulgada (Carolina Stalite Company, Salisbury, NC - densidad aparente 89,5 /gravedad específica 1,43)

Salvo que se indique lo contrario, todas las composiciones se prepararon en condiciones de laboratorio utilizando un mezclador modelo 42N-5 (Charles Ross & Son Company, Hauppauge, NY) que tiene un cuerpo con una capacidad de trabajo de 7-pies³ con una paleta única. El mezclador se hizo funcionar a 34 rpm. El acondicionado se realizó en una cámara de temperatura y humedad LH-10 (fabricado por Associated Environmental Systems, Ayer, MA). Las muestras se moldearon en unos moldes cilíndricos de 6" x 12" de un solo uso con tapas planas y fueron evaluadas por triplicado. El ensayo de compresión se realizó en un compresómetro Forney FX250/300 (Forney Incorporated, Hermitage, PA), que aplica hidráulicamente una carga vertical a una velocidad deseada. Todos los demás materiales periféricos (cono de asentamiento, varilla compactadora, etc.) se vincularon a procedimiento de ensayo ASTM aplicable. Se siguieron los siguientes métodos y procedimientos de ensayo ASTM:

- ASTM C470 - Especificación estándar para moldes para formar verticalmente cilindros de ensayos de hormigón
- C192 ASTM - Práctica estándar para producir y curar especímenes de ensayo de hormigón en laboratorio
- C330 ASTM - Especificación estándar para conglomerados ligeros para hormigón estructural
- ASTM C511 - Especificación estándar para salas de mezcla, armarios húmedos, salas húmedas, y depósitos de almacenamiento de agua utilizados en el ensayo de cementos y hormigones hidráulicos
- ASTM C143 - Procedimiento de ensayo estándar para el derrumbe de hormigón de cemento hidráulico
- ASTM C1231 - Práctica estándar para el uso de tapas no adheridas en la determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de hormigón endurecido
- ASTM C39 - Procedimiento de ensayo estándar para resistencia a compresión de especímenes de hormigón cilíndricos.

Los cilindros se mantuvieron cubiertos y en condiciones de laboratorio ambiente durante 24 horas. Todos los cilindros fueron envejecidos durante 6 días adicionales a $23 \pm 2^\circ \text{C}$, a una humedad relativa del 95%. Los especímenes de ensayo se ensayaron entonces.

Ejemplo 1

Poliestireno en forma de perla no expandida (M97BC - 0,65 mm, F271T - 0,4 mm, y F271 M - 0,33 mm) fue pre-expandido en partículas de espuma EPS (pre-expandidas) de diferentes densidades, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Perla	Perla	Partícula pre-expandida		
		Densidad aparente, lb/pie ³	Tamaño medio, μm	Desviación estándar, μm
F271M	330	2,32	902	144
F271M	330	3,10	824	80
F271M	330	4,19	725	103
F271T	400	2,40	1025	176
F271T	400	3,69	1054	137
F271T	400	4,57	851	141
M97BC	650	2,54	1705	704
M97BC	650	3,29	1474	587
M97BC	650	5,27	1487	584

Los datos muestran que el tamaño de partícula pre-expandida varía inversamente con la densidad expandida del material.

Ejemplo 2

Poliestireno en forma de perla no expandida (0,65 mm, 0,4 mm, y 0,33 mm) fue pre-expandido en partículas pre-expandidas con una densidad aparente de 2 lb/pie³, tal como se muestra en la siguiente tabla. Las partículas pre-expandidas fueron formuladas en una composición de LWC, en un mezclador de tambor de 3,5 pies cúbicos, que incluía un 46,5 % en peso (25,3 % en vol.) de cemento Portland, un 16,3 % en peso de agua (26,3% en vol.), y un 1,2 % en peso (26,4% en vol.) de partículas pre-expandidas. Las composiciones de LWC resultantes tenían una

densidad de hormigón de 90 lb/pie². En la siguiente tabla se muestra la resistencia a la compresión media (determinada según la norma ASTM C39, prueba de rotura de siete días).

Perla	Partícula pre-expandida	Hormigón	
Tamaño medio, μm	Densidad aparente, lb/pie ³	Densidad, lb/pie ³	Resistencia a la compresión, psi
650	2,00	90	1405
400	2,00	90	1812
330	2,00	90	1521

5 Los datos muestran que, a medida que el tamaño medio de la perla no expandida disminuye, a una densidad de partícula pre-expandida constante, esa sorprendentemente mayor resistencia a la compresión no resulta necesariamente de un tamaño de perla no expandida cada vez menor, tal como se sugiere en la técnica anterior. Más concretamente, los datos muestran que existe un tamaño de perla no expandida óptimo respecto a la resistencia a la compresión a 2,00 pcf cuando se carga para obtener una densidad de hormigón de 90 pcf. Este óptimo parece encontrarse entre 330 micras y 650 micras para esta formulación particular.

Ejemplo 3

15 Dado que la densidad de las partículas pre-expandidas también afecta a la densidad del hormigón en general, variar la densidad del EPS requiere un cambio en el nivel de carga de EPS para mantener una densidad de hormigón constante. Esta relación se mantiene sólo mientras la cantidad total de partículas pre-expandida no es tan grande como para poner en peligro la resistencia de la matriz de hormigón circundante. La relación entre el nivel de densidad de partículas pre-expandidas y el nivel de carga proporciona oportunidades adicionales para optimizar la resistencia del hormigón mientras se controla la densidad de hormigón global.

20 Poliestireno en forma de perlas no expandidas (0,65 mm) fue pre-expandido en partículas pre-expandidas que tienen densidades variables tal como se muestra en la siguiente tabla. Las partículas pre-expandidas se formularon en composiciones de LWC que contenía los componentes que se muestran en la siguiente tabla, en un mezclador de tambor de 3,5 pies cúbicos, y presentando cada uno una densidad de hormigón de 90 lb/pie³.

	Muestra A	Muestra B	Muestra C
Densidad aparente de las partículas pre-expandidas (lb/pie ³)	1,26	3,29	5,37
Cemento Portland, % en peso (% en vol.)	46,7 (29,8)	46,2 (22,1)	45,8 (18,9)
Agua, % en peso (% en vol.)	16,4 (29,8)	16,2 (23)	16,1 (19,7)
EPS, % en peso (% en vol.)	0,7 (16,8)	1,8 (35,6)	2,6 (44,9)
Arena, % en peso (% en vol.)	36,2 (24,9)	35,8 (19,3)	35,5 (16,5)

La siguiente tabla de datos representa numéricamente la relación entre la densidad de partículas pre-expandidas y la resistencia del hormigón a una densidad de hormigón constante de 90 lb/pie³.

	Perla	Partícula pre-expandida	Hormigón	
	Tamaño medio, μm	Densidad aparente, lb/pie ³	Densidad, lb/pie ³	Resistencia a la compresión, psi
Muestra A	650	1,26	90	1463
Muestra B	650	3,29	90	1497
Muestra C	650	5,37	90	2157

30 Los datos muestran que, a medida que aumenta la densidad de la partícula pre-expandida, la resistencia a la compresión de la composición de LWC también aumenta a una densidad de hormigón constante.

Ejemplo 4

35 Poliestireno en forma de perla no expandida (0,65 mm) fue pre-expandido en partículas pre-expandidas que tienen una densidad aparente de 1,1 lb/pie³, tal como se muestra en la siguiente tabla. Las partículas pre-expandidas se formularon en composiciones de LWC, en un mezclador de tambor de 3,5 pie cúbicos, que contenía los componentes que se muestran en la siguiente tabla.

	Muestra D	Muestra E	Muestra F	Muestra G
Densidad aparente de las partículas pre-expandidas (lb/pie ³)	1,1	1,1	1,1	1,1
Cemento Portland, % en peso (% en vol.)	46,4 (22,3)	46,8 (21,6)	46,3 (18,9)	46,1 (16,6)
Agua, % en peso (% en vol.)	17 (24,3)	16,4 (22,5)	17 (20,6)	17 (18,2)
EPS, % en peso (% en vol.)	0,6 (33,9)	0,6 (37)	0,9 (44)	1,1 (50,8)
Arena, % en peso (% en vol.)	36 (19,5)	36,2 (18,9)	35,9 (16,5)	35,8 (14,5)

ES 2 574 012 T3

La siguiente tabla de datos representa numéricamente la relación entre la densidad de partículas pre-expandidas y la resistencia del hormigón a una densidad de hormigón constante de 90 lb/pie³.

	Perla	Partícula pre-expandida	Hormigón	
	Tamaño medio, μm	Densidad aparente, lb/pie ³	Densidad, lb/pie ³	Resistencia a la compresión, psi
Muestra D	650	1,1	93,8	1900
Muestra E	650	1,1	89,6	1252
Muestra F	650	1,1	80,9	982
Muestra G	650	1,1	72,4	817

- 5 Los datos muestran que, a medida que aumenta la carga de partículas pre-expandidas en la composición de LWC a una densidad de partícula de espuma constante, la resistencia del hormigón ligero y la resistencia a la compresión disminuyen.

Ejemplo 5

- 10 Poliestireno en forma de perlas sin expandir (0,65 mm) fue pre-expandido en partículas pre-expandidas que tienen diferentes densidades, tal como se muestra en la siguiente tabla. Las partículas pre-expandidas fueron formuladas en composiciones de LWC, en un mezclador de tambor de 3,5 pies cúbicos, que contenía los componentes mostrados en la siguiente tabla.

15

	Muestra H	Muestra I	Muestra J	Muestra K
Densidad aparente de las partículas pre-expandidas (lb/pie ³)	1,1	2,3	3,1	4,2
Cemento Portland, % en peso (% en vol.)	46,8 (21,6)	46,8 (26,8)	46,8 (28,4)	46,8 (29,7)
Agua, % en peso (% en vol.)	16,4 (22,5)	16,4 (28)	16,4 (29,6)	16,4 (31)
EPS, % en peso (% en vol.)	0,6 (37)	0,6 (21,8)	0,6 (17,2)	0,6 (14,3)
Arena, % en peso (% en vol.)	36,2 (18,9)	36,2 (23,4)	36,2 (24,8)	36,2 (25,9)

La siguiente tabla de datos representa numéricamente la relación entre la densidad de partículas pre-expandidas y la resistencia del hormigón a una carga pre-expandida de hormigón constante en base al peso de la formulación.

	Perla	Partícula pre-expandida	Hormigón	
	Tamaño medio, μm	Densidad aparente, lb/pie ³	Densidad, lb/pie ³	Resistencia a la compresión, psi
Muestra H	650	1,1	89,6	1252
Muestra I	650	2,32	109,6	1565
Muestra J	650	3,1	111,7	2965
Muestra K	650	4,2	116,3	3045

- 20 Los datos muestran que, a medida que la densidad de partículas pre-expandidas en la composición de hormigón ligero aumenta a una carga de partículas pre-expandidas constante (en peso), la densidad del hormigón ligero y la resistencia a la compresión aumentan.

Ejemplo 6

- 25 Poliestireno en forma de perlas sin expandir (0,65 mm) fue pre-expandido en partículas pre-expandidas que tienen diferentes densidades tal como se muestra en la siguiente tabla. Las partículas pre-expandidas fueron formuladas en composiciones de LWC, en un mezclador de tambor de 3,5 pies cúbicos, que contenía los componentes mostrados en la siguiente tabla.

30

	Muestra L	Muestra M
Densidad aparente de las partículas pre-expandidas (lb/pie ³)	1,1	3,1
Cemento Portland, % en peso (% en vol.)	46,3 (18,9)	46,2 (21,4)
Agua, % en peso (% en vol.)	17 (20,6)	16,2 (22,3)
EPS, % en peso (% en vol.)	0,9 (44)	1,8 (37,5)
Arena, % en peso (% en vol.)	35,9 (16,5)	35,8 (18,7)

La siguiente tabla representa numéricamente la relación entre la densidad de partículas pre-expandidas y la resistencia del hormigón a una densidad de hormigón constante.

35

ES 2 574 012 T3

	Perla	Partícula pre-expandida	Hormigón	
	Tamaño medio, μm	Densidad aparente, lb/pie^3	Densidad, lb/pie^3	Resistencia a la compresión, psi
Muestra L	650	1,1	80,9	982
Muestra M	650	3,1	79,8	1401

Los datos muestran que, a medida que la densidad de partículas pre-expandidas en la composición de LWC aumenta a una densidad de hormigón constante, la resistencia a la compresión del LWC aumenta.

5

Ejemplo 7

Poliestireno en forma de perlas sin expandir (0,65 mm) fue pre-expandido en partículas pre-expandidas que tienen diferentes densidades tal como se muestra en la siguiente tabla. Las partículas pre-expandidas fueron formuladas en composiciones de LWC, en un mezclador de tambor 3,5 pies cúbicos, que contenía los componentes mostrados en la siguiente tabla.

10

	Muestra N	Muestra O
Densidad aparente de las partículas pre-expandidas (lb/pie^3)	3,9	5,2
Cemento Portland, % en peso (% en vol.)	46 (21,5)	45,6 (21,4)
Agua, % en peso (% en vol.)	16,1 (22,4)	16 (22,3)
EPS, % en peso (% en vol.)	2,3 (37,3)	3 (37,5)
Arena, % en peso (% en vol.)	35,6 (18,8)	35,4 (18,7)

La siguiente tabla de datos representa numéricamente la relación entre la densidad de partículas pre-expandidas y la resistencia del hormigón a una densidad de hormigón constante.

15

	Perla	Partícula pre-expandida	Hormigón	
	Tamaño medio, μm	Densidad aparente, lb/pie^3	Densidad, lb/pie^3	Resistencia a la compresión, psi
Muestra N	650	3,9	85,3	1448
Muestra O	650	5,2	84,3	1634

Ejemplo 8

Los siguientes ejemplos demuestran el uso de pizarra expandida como conglomerado en combinación con las partículas pre-expandidas de la presente invención. Poliestireno en forma de perlas sin expandir fue pre-expandido en partículas pre-expandidas que tienen diferentes densidades, tal como se muestra en la siguiente tabla. Las partículas pre-expandidas fueron formuladas en composiciones de LWC, en un mezclador de tambor de 3,5 pies cúbicos, que contenía los componentes mostrados en la siguiente tabla.

20

25

Serie de pizarra expandida/EPS mezclado	Ejemplo P	Ejemplo Q
Tamaño medio de la perla, micras	0,33	0,4
Densidad aparente de las partículas pre-expandidas	5,24	4,5
% en peso		
Cemento	19,84%	21,02%
EPS	1,80%	1,44%
Pizarra expandida	42,02%	39,07%
Agua	6,96%	7,36%
% en volumen		
Cemento	9,53%	10,34%
EPS	22,71%	21,74%
Pizarra expandida	41,91%	39,31%
Agua	9,95%	10,78%
Densidad del LWC (pcf)	90,9	93,7
Resistencia del LWC (psi)	1360,0	1800,0

Los datos muestran que puede obtenerse un hormigón ligero deseable utilizando las partículas pre-expandidas de la presente invención y pizarra expandida como conglomerado en composiciones de hormigón ligero.

Ejemplo 9

30

ES 2 574 012 T3

Los siguientes ejemplos demuestran el uso de pizarra expandida como conglomerado utilizada en combinación con las partículas pre-expandidas de la presente invención. Poliestireno en forma de perlas no expandidas fue pre-expandido en partículas pre-expandidas que tienen diferentes densidades tal como se muestra en la siguiente tabla. Las partículas pre-expandidas fueron formuladas en composiciones de LWC, en un mezclador de tambor de 3,5 pies cúbicos, que contenía los componentes mostrados en la siguiente tabla.

	Ejemplo R	Ejemplo S	Ejemplo T	Ejemplo U	Ejemplo V	Ejemplo W
Tamaño de perla (mm)	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Densidad de las partículas pre-expandidas (lb/pie ³)	40	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
	(no expandidas)					
% en peso						
Cemento	34,4 %	35,0 %	36,2%	37,3 %	35,9 %	37,1 %
Arena	0,0 %	23,2 %	9,9 %	0,0 %	15,8 %	1,9 %
EPS	25,0 %	1,5 %	1,4 %	0,6 %	1,5 %	1,3 %
Pizarra	25,9 %	26,3 %	38,1 %	47,1 %	32,4 %	44,7 %
Agua	14,6 %	14,0 %	14,5 %	14,9 %	14,4 %	14,9 %
Agua/cemento total	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
% volumen						
Cemento	15,8 %	16,1 %	16,1 %	18,3 %	16,1 %	16,1 %
Arena	0,0 %	12,1 %	5,0 %	0,0 %	8,0 %	1,0 %
EPS	39,5 %	27,3 %	24,4 %	11,9 %	26,4 %	23,4 %
Pizarra	24,7 %	25,2 %	35,3 %	48,0 %	30,3 %	40,3 %
Agua	20,0 %	19,2 %	19,2 %	21,8 %	19,2 %	19,2 %
total	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
resistencia a la compresión (psi)	3813	2536	2718	4246	2549	2516
Densidad (pcf)	89,3	91,1	90,7	98,0	89,7	89,9

Ejemplo 10

Se realizaron formas de hormigón de un pie cuadrado y 4 pulgadas de grosor vertiendo formulaciones preparadas de acuerdo con los ejemplos X e Y de la siguiente tabla en unos moldes y permitiendo el fraguado de las formulaciones durante 24 horas.

	Ejemplo X	Ejemplo Y
tamaño de la perla (mm)	0,4	0,65
Densidad de las partículas pre-expandidas (lb/pie ³)	3,4	4,9
% en peso		
Cemento	35,0 %	33,1 %
Arena	23,2 %	45,4 %
EPS	1,5 %	2,9 %
Pizarra	26,3 %	0,0 %
Agua	14,0 %	13,2 %
total	100 %	
agua/cemento	0,40	40 %
% volumen		
Cemento	16,1 %	16,0 %
Arena	12,1 %	24,7 %
EPS	27,3 %	40,3 %
Pizarra	25,2 %	0,0 %
Agua	19,2 %	19,1 %
total	100,0 %	
resistencia a la compresión (psi)	2536	2109
densidad (pcf)	91,1	90,6

Después de 7 días, se fijó una lámina de madera contrachapada de un pie cuadrado y 1/2 pulgada directamente al hormigón formado. Se requirió un mínimo de una pulgada de penetración para una fijación adecuada. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

ES 2 574 012 T3

Elemento de fijación	Ejemplo X	Ejemplo Y
Clavos recubiertos 7d		
unión	Sin penetración cuando se encuentra pizarra	100 % penetración y unión
extracción	Se extrajo fácilmente	No pudo extraerse manualmente del hormigón sin asistencia mecánica
tornillo de sujeción rápida de 2 y 1/2 pulgadas		
unión	Sin penetración cuando se encuentra pizarra	100 % penetración y unión. El tornillo se rompió antes de que fallara el hormigón
extracción	Se extrajo fácilmente	No pudo extraerse manualmente del hormigón sin asistencia mecánica. El tornillo pudo extraerse y reinsertarse sin cambios en la capacidad de retención

Los datos demuestran que la presente composición de hormigón ligero, sin pizarra, proporciona una capacidad de agarre superior con madera contrachapada utilizando elementos de fijación estándar en comparación con las formulaciones tradicionales de pizarra expandida, mientras que el hormigón que contenía pizarra no aceptó fácilmente elementos de fijación. Esto representa una mejora sobre la técnica anterior ya que puede eliminarse la laboriosa práctica para la fijación de anclajes en el hormigón para permitir que los elementos de fijación se agarren al mismo.

Ejemplo 11

Se realizaron unos moldes de hormigón de un pie cuadrado y 4 pulgadas de grosor vertiendo las formulaciones de los ejemplos X e Y en unos moldes y permitiendo que las formulaciones fragüen durante 24 horas. Después de 7 días, se fijó una lámina de yeso estándar de un pie cuadrado y 1/2 pulgada directamente en el hormigón formado utilizando unos tornillos para paneles de yeso estándar de 1 y 3/4 pulgadas. Se requirió un mínimo de penetración de tornillo de una pulgada para una fijación adecuada. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Elemento de fijación	Ejemplo X	Ejemplo Y
tornillo de sujeción rápida de 1 y 3/4 pulgadas		
unión	Sin penetración cuando se encuentra pizarra	100 % penetración y unión. El tornillo pudo penetrar a través de la pared de yeso.
extracción	Se extrajo fácilmente	No pudo extraerse manualmente del hormigón sin asistencia mecánica. El tornillo pudo extraerse y reinsertarse sin cambios en la capacidad de retención.

Los datos demuestran que la presente composición de hormigón ligero, sin pizarra, proporciona una capacidad de agarre superior en comparación con las formulaciones de pizarra expandida tradicionales, que no aceptaron fácilmente elementos de fijación. Esto representa una mejora sobre la técnica anterior, ya que puede eliminarse la laboriosa práctica de fijación de pernos de clavado al hormigón para permitir la fijación de los paneles de yeso a la misma.

Ejemplo 12

Se realizaron unos moldes de hormigón de dos pies cuadrados y de 4 pulgadas de grosor vertiendo las formulaciones Ejemplos X e Y en un molde y permitiendo fraguar las formulaciones durante 24 horas. Después de 7 días, se fijó un perno de 2" x 4" y de tres pies de largo directamente al hormigón formado utilizando clavos 16d estándar. Se requirió un mínimo de penetración del clavo de dos pulgadas para una fijación adecuada. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Elemento de fijación	Ejemplo X	Ejemplo Y
clavo 16d		
Unión	Sin penetración cuando se encuentra pizarra	100 % penetración y unión.
extracción	Se extrajo fácilmente	No pudo extraerse manualmente del hormigón sin asistencia mecánica.

ES 2 574 012 T3

Los datos demuestran que la presente composición de hormigón ligero, sin pizarra, proporciona una capacidad de agarre superior en comparación con las formulaciones de pizarra expandida tradicionales, que no aceptaban fácilmente elementos de fijación. Esto representa una mejora sobre la técnica anterior, ya que puede eliminarse la laboriosa práctica de utilizar TAPCON® (disponible de Illinois Tool Works Inc., Glenview, Illinois) o elementos de fijación similares, anclajes de plomo, u otros métodos conocidos en la técnica para la fijación de pernos a hormigón.

Ejemplo 13

Se produjo hormigón sin conglomerados adicionales utilizando los ingredientes mostrados en la siguiente tabla.

	Ej. AA F271T	Ej. BB F271C	Ej. CC M97BC	Ej. DD F271T	Ej. EE F271C	Ej. FF M97BC	Ej. GG F271T	Ej. HH F271C	Ej. II M97BC
Perla de partida									
Tamaño de la perla (mm)	0,4	0,51	0,65	0,4	0,51	0,65	0,4	0,51	0,65
Densidad (pcf)	1,2	1,3	1,5	3,4	3,3	3,4	5,7	5,5	4,9
Tamaño de partícula pre-expandida (mm)	1,35	1,56	2,08	0,87	1,26	1,54	0,75	1,06	1,41
Factor de expansión	48	48	48	18	18	18	12	12	12
% peso									
Cemento	33,0	35,8	35,0	33,0	33,0	35,0	33,0	33,0	33,1
Arena	51,5	47,2	50,1	50,3	50,4	48,9	49,0	49,2	45,3
EPS	0,6	0,8	0,9	1,8	1,7	2,2	3,0	3,0	2,9
Agua	14,9	16,1	14,0	14,8	14,8	14,0	14,9	14,8	13,2
% volumen									
Cemento	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
Arena	28,1	23,7	25,8	27,5	27,5	25,2	26,8	26,9	24,7
EPS	34,5	35,8	39,1	35,1	35,1	39,8	35,8	35,7	40,2
Agua	21,4	21,4	19,1	21,4	21,4	19,1	21,4	21,4	19,1
resistencia a la compresión (psi)	1750	1650	1720	1770	2200	1740	1850	2400	2100
densidad (pcf)	93	87	89	90	92	88	89	90	90

Los datos muestran que el tamaño medio de las partículas pre-expandidas requerido para proporcionar composiciones de máxima resistencia a la compresión depende, en cierta medida, del factor de expansión de las partículas pre-expandidas. Centrarse únicamente en el tamaño medio de las de las partículas pre-expandidas no proporciona un buen indicador de la resistencia máxima potencial del hormigón. Este punto se ilustra mediante la comparación de los ejemplos BB y FF. El ejemplo FF (1,54 mm de tamaño) no proporciona la máxima resistencia a la compresión en un factor de expansión de 18X, pero se encuentra cerca de la resistencia máxima que puede obtenerse a partir de perlas expandidas 48X.

La utilización de una combinación de tamaño de partículas pre-expandidas y factor expansión puede proporcionar un indicador para la resistencia máxima del hormigón. Como ejemplo, el ejemplo AA (tamaño de partículas pre-expandidas de 1,35 mm y factor de expansión 48) proporciona un hormigón de 93 pcf con una resistencia a la compresión de 1750 psi, mientras que unas partículas pre-expandidas de tamaño similar, ejemplo II (tamaño de partículas pre-expandidas de 1,41 mm y factor de expansión 12) proporciona hormigón de 90 pcf con una resistencia a la compresión significativamente mayor de 2100 psi. Por lo tanto, un menor tamaño de partículas pre-expandidas y un menor factor de expansión pueden proporcionar una mayor resistencia a la compresión en la presente composición de hormigón ligero dentro de un rango óptimo de tamaños de partículas pre-expandidas.

Ejemplo 14

Se produjo hormigón con pizarra expandida como conglomerado utilizando los ingredientes que se muestran en la siguiente tabla.

	Ej. JJ F271T	Ej. KK F271T	Ej. LL F271T	Ej. MM F271T	Ej. NN F271T	Ej. OO F271T	Ej. PP F271T	Ej. QQ F271T	Ej. RR F271T
Perla de partida									
Tamaño de la perla (mm)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Densidad (pcf)	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Tamaño de partícula pre-expandida (mm)	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Factor de expansión	18	18	18	18	18	18	18	18	18

ES 2 574 012 T3

expansión

% peso									
Cemento	35,9	33,0	30,5	35,9	33,0	30,6	35,9	33,0	30,6
Arena	0	8,2	15,6	10,6	18,0	24,3	21,1	27,7	33,2
EPS	1,1	0,8	0,5	1,3	1,0	0,7	1,6	1,2	0,9
Pizarra exp.	48,7	44,8	41,3	37,8	34,8	32,2	27,0	24,9	23,0
Agua	14,3	13,2	12,2	14,4	13,2	12,2	14,4	13,2	12,2
% volumen									
Cemento	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
Arena	0	4,5	9,3	5,3	9,8	14,3	10,6	15,1	19,6
EPS	19,9	15,5	10,7	24,6	20,2	15,7	29,3	24,9	20,4
Pizarra exp.	45,0	45,0	45,0	35,0	35,0	35,0	25,0	25,0	25,0
Agua	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1
Resistencia									
7 días (psi)	3220	3850	4070	2440	2890	3745	2300	2625	3695
densidad (pcf)	92,8	98,5	102,7	90,7	96,8	101,5	88,1	94,5	101,3

Los datos indican que mientras que el volumen de EPS requerido para mantenerse en aproximadamente 90 pcf la densidad del hormigón disminuye de una manera bastante lineal a medida que aumenta la concentración de pizarra; la resistencia del presente hormigón ligero aumenta exponencialmente a medida que aumenta la cantidad de pizarra en la formulación. Esta relación pone de manifiesto el impacto potencialmente significativo de conglomerados incluidos en la presente formulación de hormigón ligero y demuestra el potencial para la optimización de la cantidad de EPS y conglomerados en la formulación para maximizar la resistencia a una densidad deseada. Además, el coste de varios componentes también puede incluirse en este diseño y la formulación de hormigón ligero puede optimizarse tanto para una máxima resistencia como un coste más bajo.

Ejemplo 15

Se produjo hormigón con EPS no expandido (1037C) y sin conglomerado adicional utilizando los ingredientes que se muestran en la siguiente tabla.

	Ej. JJ	Ej. KK	Ej. LL
tamaño de la perla (mm)	0,51	0,51	0,51
Densidad (pcf)	40	40	40
Factor de expansión	1	1	1
% peso			
Cemento	38,7	33,0	28,8
Arena	0	21,6	37,8
EPS	43,9	30,4	20,4
Agua	17,4	14,9	13,0
% volumen			
Cemento	16,0	16,0	16,0
Arena	0	11,8	23,6
EPS	62,6	50,7	38,9
Pizarra	21,4	21,4	21,4
Agua	16,0	16,0	16,0
resistencia a la compresión (psi)			
	2558	2860	3100
densidad (pcf)			
	76	89	100

Los datos muestran que las perlas de resina de poliestireno no expandido (densidad aparente ~40 pcf) pueden proporcionar una composición de hormigón ligero que tiene una resistencia a la compresión sorprendentemente elevada (2500-3200 psi) a baja densidad (76 - 100 pcf).

Ejemplo 16

Se evaluaron partículas pre-expandidas a partir de perlas F271T expandidas a 1,2 lb/pie³, perlas F271C expandidas a 1,3 lb/pie³ y de perlas M97BC expandidas a 1,5 lb/pie³ mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). En las figuras 20 y 21 (F271T), 22 y 23 (F271C), y 24 y 25 (M97BC) respectivamente se muestra la superficie y las celdas interiores de cada una.

Tal como se muestra en las figuras 25, 27 y 29, la estructura externa de las partículas pre-expandidas era de forma generalmente esférica presentando una superficie exterior o piel continua. Tal como se muestra en las figuras 26, 28 y 30, la estructura celular interna de las muestras pre-expandidas es similar a una estructura de tipo nido de abeja.

5 El tamaño de las partículas pre-expandidas también se midió utilizando SEM, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

(micras)	Partículas pre-expandidas T (1,2 pcf)	Partículas pre-expandidas C (1,3 pcf)	Partículas pre-expandidas BC (1,5 pcf)
Diámetro exterior	1216	1360	1797
Tamaño de celda interna	42,7	52,1	55,9
Pared de celda interna	0,42	0,34	0,24
Pared de celda/tamaño de celda	0,0098	0,0065	0,0043
		Partículas pre-expandidas C (3,4 pcf)	Partículas pre-expandidas BC (3,1 pcf)
Diámetro exterior	--	1133	1294
Tamaño de celda interna	--	38,2	31,3
Pared de celda interna	--	0,26	0,47
Pared de celda/tamaño de celda	--	0,0068	0,0150

10 Tomados con todos los datos presentados anteriormente, los datos proporcionan una indicación de que la estructura celular interna podría afectar a la resistencia de una formulación de hormigón ligero.

15 Cuando se utilizan en composiciones de hormigón ligero, las partículas pre-expandidas pueden tener un impacto sobre la resistencia global del hormigón de dos maneras. En primer lugar, las partículas más grandes, que tienen una densidad más baja, varían la matriz de hormigón que rodea las partículas pre-expandidas y, en segundo lugar, la partícula pre-expandida de densidad más baja es menos rígida debido a la estructura de celda de la partícula de espuma. Dado que la resistencia del hormigón depende, por lo menos en cierta medida, de la resistencia de las partículas pre-expandidas, una mayor resistencia de las partículas pre-expandidas debe dar lugar a una mayor resistencia del hormigón ligero. El potencial aumento puede estar limitado por la medida en que afecta a la matriz de hormigón. Los datos de los presentes ejemplos sugieren que el tamaño de grano original de las partículas puede optimizarse para proporcionar una partícula pre-expandida de tamaño óptimo (lo cual se controla mediante la densidad de las partículas pre-expandidas), que da lugar a la resistencia del hormigón ligero más alta posible.

25 En otras palabras, dentro de un tamaño óptimo de partícula pre-expandida y una gama de densidades óptima, el grosor de pared de la partícula pre-expandida proporcionará soporte suficiente para permitir que la presente composición de hormigón ligero tenga una resistencia mejor que las composiciones de hormigón ligero de la técnica anterior.

30 Los datos presentados aquí demuestran que, a diferencia de la presunción y el enfoque adoptado en la técnica anterior, las partículas de EPS expandido pueden hacer sorprendentemente más que actuar simplemente como espacio vacío en el hormigón. Más específicamente, la estructura y el carácter de las partículas pre-expandidas utilizadas en la presente invención pueden mejorar significativamente la resistencia de la composición de hormigón ligero resultante.

35 Ejemplo 17

Este ejemplo demuestra el uso de elementos de fijación con la presente composición de hormigón ligero y la resistencia a la extracción asociada. Esta evaluación se utilizó para comparar la capacidad de carga de un tornillo instalado directamente en el presente hormigón ligero (aproximadamente 90 pcf) con elementos de fijación convencionales de hormigón instalados en un hormigón ligero de peso normal y tradicional.

45 Se llevaron a cabo unas pruebas de extracción de elementos de fijación en tres tipos de hormigón: peso normal, 143 pcf (muestra MM, hormigón normal 140 pcf), hormigón ligero utilizando pizarra expandida (123 pcf) (muestra NN, LWC de 120 pcf) y hormigón ligero con EPS (87 pcf) (muestra OO, LWC de 90 pcf) producido tal como ha descrito anteriormente de acuerdo con las formulaciones de la tabla siguiente.

ES 2 574 012 T3

	Muestra MM 140 pcf	Muestra NN 120 pcf	Muestra OO 90 pcf
Tamaño de perla de EPS (mm)	--	--	0,51
densidad (pcf)	--	--	3,37
% peso			
cemento	20,2	24,8	32,9
arena	34,6	36,4	52,7
EPS	--	--	1,86
gravilla 3/8"	37,6	--	--
pizarra expandida 1/2"	--	29,64	--
Agua	7,7	9,41	12,51
% volumen			
cemento	16,0	16	16
arena	30,9	26,5	28,9
EPS	--	--	37
gravilla 3/8"	35,0	--	--
pizarra expandida 1/2"	--	39,4	--
Agua	18,1	18,1	18,12
resistencia a la compresión (psi)	4941	9107	2137
densidad (pcf)	143	123	87

5 Se construyó un aparato que permitía colgar verticalmente pesos de cada elemento de fijación utilizando la gravedad para aplicar una carga en línea con el eje del elemento de fijación. El LWC de 90 pcf tenía tornillos para paneles de yeso de 2 y 1/2" estándar instalados directamente a una profundidad de aproximadamente 1 y 1/2". El LWC de 120 pcf tenía dos tipos de elementos de fijación instalados en unos orificios realizados previamente: unos anclajes de fijación de mampostería de tipo tornillo metálicos TAPCON® de 2 y 3/4" (Illinois Tool Works Inc., Glenview, IL) instalados aproximadamente a 2" de profundidad y unos anclajes de tornillo/tuerca de cuña expansible-clip estándar de 2 y 1/2" instalados aproximadamente a 1 y 1/2" de profundidad. El hormigón normal de 140 pcf también tenía dos tipos de elementos de fijación instalados en los orificios formados: unos anclajes TAPCON® de 2 y 3/4" instalados a aproximadamente 2" de profundidad y anclajes de tornillo/tuerca de cuña expansible-clip de 2 1/4" instalados a aproximadamente 1 y 1/4" de profundidad. Uno de los tornillos para paneles de yeso en el hormigón ligero se retiró y se volvió a instalar en el mismo orificio de sujeción para la prueba. También se retiró uno de los tornillos TAPCON® y se reinstaló para evaluar cualquier pérdida de capacidad. Las siguientes tablas muestran los datos y cargas de cada anclaje/elemento de sujeción de la prueba.

Tornillo para panel de yeso de LWC de 90 pcf

Piedra 1:	Longitud del tornillo (pulg)	Expuesto (pulg)	Extraer y reinstalar (pulg)	Resistencia (lb)
Tornillo B	2,5	0,594	1,906	700 @ 30 seg.

Tornillo para panel de yeso de LWC de 90 pcf

Piedra 2:	Longitud del tornillo (pulg)	Expuesto (pulg)	Instalado (pulg)	Resistencia (lb)
Tornillo C	2,5	1,031	1,469	> 740 > 10 min

Tornillos TAPCON® de LWC de 120 pcf

Piedra 3:	Longitud del tornillo (pulg)	Expuesto (pulg)	Extraído y reinstalado (pulg)	Resistencia (lb)
Tornillo C	2,75	0,875	1,875	> 740 > 10 min

Perno/casquillo/tuerca de LWC de 120 pcf

Piedra 4:	Longitud de anclaje (pulg)	Expuesto (pulg)	Instalado (pulg)	Resistencia (lb)
Tornillo D	2,25	0,875	1,375	> 740 > 10 min

Tornillos TAPCON para hormigón normal de 140 pcf

Piedra 5:	Longitud del tornillo (pulg)	Expuesto (pulg)	Extraer y reinstalar (pulg)	Resistencia (lb)
Tornillo C	2,75	0,906	1,844	> 740 > 10 min

Perno/casquillo/tuerca para hormigón normal de 140 pcf

Piedra 6:	Longitud de anclaje (pulg)	Expuesto (pulg)	Instalado (pulg)	Resistencia (lb)
Tornillo C	2,25	1,094	1,156	> 740 > 10 min

30 La capacidad de retención de los tornillos para paneles de yeso en el LWC de 90 pcf fue sorprendentemente elevada, ya que no se rompieron o se desgarraron fácilmente del hormigón. Los tornillos para paneles de yeso fueron fáciles de instalar, requiriéndose solamente un taladro de tamaño estándar. La fuerza de agarre de los tornillos de paneles de yeso en el LWC de 90 pcf era tal que, si el par de perforación aplicado no se detenía antes de

que la cabeza del tornillo llegara a la superficie del hormigón, la cabeza del tornillo giraba. Todos los elementos de fijación aguantaron las 740 libras de carga durante por lo menos 10 minutos, excepto el tornillo para paneles de yeso retirado y reinsertado en el LWC de 90 pcf, que aguantó 700 libras durante 30 segundos antes de desgarrarse aflojándose del hormigón. Este tornillo para paneles de yeso no se rompió en el punto de fallo, sino que se retiró del

Tomando los datos anteriores en conjunto, se ha demostrado que existe un tamaño óptimo de perla pre-expandida (como ejemplo no limitativo, perlas de resina de aproximadamente 450 - 550 μm expandidas a un factor de expansión de aproximadamente 10-20 cc/g a un diámetro pre-expandido de aproximadamente entre 750 y 1400 μm para hormigón ligero de 90 pcf) para maximizar la resistencia a la compresión de las presentes formulaciones de hormigón ligero. La resistencia a la compresión de las presentes formulaciones de hormigón ligero puede incrementarse aumentando la densidad de la presente perla pre-expandida de EPS. La resina de poliestireno no expandido (densidad aparente ~ 40 pcf) produce un LWC de alta resistencia a la compresión (2500-3200 psi) teniendo en cuenta la baja densidad (76 - 100 pcf). Pueden utilizarse conglomerados en las presentes formulaciones de hormigón ligero. Las presentes formulaciones de hormigón ligero, sin conglomerados gruesos, proporcionan una composición de hormigón que puede fijarse directamente utilizando taladros y tornillos estándar. Cuando las perlas de EPS pre-expandidas se expanden a bajas densidades aparentes (por ejemplo, <1 pcf), las perlas tienen una estructura celular interna débil, lo que crea una espuma más débil y, a su vez, proporciona una composición de hormigón ligero con una resistencia a la compresión más baja.

Ejemplo 18

Se preparó una composición de yeso ligero de acuerdo con la invención utilizando un compuesto para juntas de uso general SHEETROCK® (United States Gypsum Company Corp., Chicago, IL), una composición a base de yeso que, según se indica, presenta la siguiente fórmula:

Piedra caliza o dolomita o yeso (> 45%)
 Agua (> 38 %)
 Mica (< 5 %)
 Polímero de acetato de vinilo o polímero de etileno vinil acetato (< 5 %)
 Atapulgita (< 5 %)
 Opcionalmente talco (< 2 %)

Se mezcló una parte en volumen del compuesto para juntas y dos partes en volumen de las partículas pre-expandidas de la muestra A en un mezclador hasta que se obtuvo una composición uniforme lisa.

Se prepararon unas muestras de paneles de yeso ligero en un molde de 12" x 4,5" de 1/2" o bien de 5/8" de grosor. Se utilizó papel de recubrimiento en cada lado (papel libre de ácido de 50 lb reciclado). Una hoja de papel de recubrimiento se colocó en el molde, la mezcla descrita anteriormente se colocó en el molde para llenar el volumen del molde y se colocó una segunda lámina de papel de recubrimiento sobre la composición de yeso ligero. La composición se dejó fraguar y secar en condiciones ambiente durante varios días hasta que el peso de la muestra no variaba. Las muestras de panel resultantes presentaban propiedades físicas similares al panel de yeso Tipo X.

Las muestras de control eran un tablero de yeso SHEETROCK de 1/2" estándar producido en fábrica y un tablero de yeso SHEETROCK de 5/8" de Tipo X de US Gypsum.

El centro de las muestras (12" x 4,5") se colocó a 2,5" de la boquilla de un soplete de propano, que quemó durante 90 minutos a 1760 °C. Los tableros preparados a partir de la presente composición de yeso ligero desarrollaron una estructura de nido de abeja, con un desarrollo de grietas mínimo. Los paneles de yeso comerciales presentaban grietas significativas tanto en dirección vertical como horizontal. Se observó una quemadura similar a través de patrones en el lado sin llama de todos los tableros. Se observó una pérdida de peso similar pesando las placas antes y después de la prueba (Tipo X 140g antes, 131g después, una pérdida de un 6,4%, placas de yeso ligero de acuerdo con la invención, 113g antes, 107g después, una pérdida de un 5,3%).

Unos tornillos para paneles de yeso estándar de 1 y 1/4 " atornillados directamente en las placas de yeso ligero de la presente invención tal como se ha descrito anteriormente a una profundidad de 1/2" pudieron retirarse manualmente de las muestras de tableros.

Los ejemplos demuestran que la placa de yeso ligero de acuerdo con la invención proporciona por lo menos unas propiedades físicas y de quemado similares respecto a las placas de yeso disponibles en el mercado, a la vez que se demuestra la ventaja añadida de proporcionar una superficie de pared que no requiere el uso de anclajes de pared en algunos casos.

La presente invención se ha descrito con referencia a detalles específicos de realizaciones particulares de la misma. No se pretende que tales detalles se consideren como limitaciones del alcance de la invención excepto en que, y en la medida en que, estén incluidos en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Panel de construcción compuesto que comprende:

5 un cuerpo central (142, 342, 442), sustancialmente de forma paralelepípedica, que comprende una matriz de polímero expandido, que tiene caras opuestas, una superficie superior y una superficie inferior opuesta;

10 por lo menos una estructura de montantes de estructura embebidos (144, 146, 344, 444, 446) que se extienden longitudinalmente a través del cuerpo central (142, 342, 442) entre dichas caras opuestas, presentando un primer extremo embebido en la matriz de polímero expandido, un segundo extremo que se extiende alejándose de la superficie inferior del cuerpo central, y uno o más orificios de expansión situados en el montante embebido entre el primer extremo del montante embebido y la superficie inferior del cuerpo central (142, 342, 442), en el que el cuerpo central (142, 342, 442) comprende una matriz de polímero que se expande a través de los orificios de expansión;

15 caracterizado por el hecho de que el panel de construcción compuesto comprende, además, una capa de hormigón (202, 370, 469, 470) que comprende una composición cementosa ligera que cubre por lo menos una parte de la superficie superior y/o la superficie inferior; en el que la composición cementosa ligera comprende:

20 entre un 22 y un 90 por ciento en volumen de una composición cementosa; y entre un 10 y un 78 por ciento en volumen de partículas que tienen un diámetro de partícula medio de entre 0,2 mm y 8 mm, una densidad aparente de entre 0,03 g/cc y 0,64 g/cc, un factor de forma entre 1 y 3,

25 en el que la composición cementosa ligera, cuando fragua, presenta una resistencia a la compresión de por lo menos 1700 psi ensayado de acuerdo con ASTM C39.

2. Panel de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las partículas presentan una capa exterior sustancialmente continua.

3. Panel de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las partículas comprenden partículas de polímero expandido que presentan un grosor de pared de celda interior de por lo menos 0,15 µm.

35 4. Panel de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las partículas comprenden partículas de polímero expandido que comprenden uno o más polímeros seleccionados del grupo que consiste en homopolímeros de monómeros aromáticos de vinilo; copolímeros de por lo menos un monómero aromático de vinilo con uno o más de divinilbenceno, dienos conjugados, metacrilatos de alquilo, acrilatos de alquilo, acrilonitrilo, y/o anhídrido maleico; poliolefinas; policarbonatos; poliésteres; poliamidas; cauchos naturales; cauchos sintéticos; y combinaciones de los mismos.

40 5. Panel de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las partículas comprenden partículas de polímero expandido preparadas expandiendo una perla de polímero que tiene un tamaño medio de partícula de resina no expandida de entre 0,2 mm y 2 mm.

45 6. Panel de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las partículas comprenden partículas de polímero expandido que tienen un tamaño medio de partícula de entre aproximadamente 0,3 mm y aproximadamente 8 mm.

7. Panel de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la composición cementosa ligera es una dispersión en la que la composición de cemento comprende una fase continua y las partículas comprenden una fase dispersa de partículas dispersas en la fase continua.

50 8. Panel de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la composición cementosa ligera no contiene agentes humectantes o agentes dispersantes para estabilizar la dispersión.

9. Panel de acuerdo con la reivindicación 1, en el que por lo menos algunas de las partículas están dispuestas en un entramado cúbico o hexagonal.

55 10. Panel de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la composición de cemento comprende una composición de cemento hidráulico.

60 11. Panel de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la composición de cemento comprende uno o más materiales seleccionados del grupo que consiste en cementos Portland, cementos de puzolana, cementos de yeso, composiciones de yeso, cementos aluminosos, cementos de magnesia, cementos de sílice, y cementos de escoria.

ES 2 574 012 T3

12. Panel de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la mezcla cementosa comprende arena, conglomerado, plastificantes y/o fibras.
- 5 13. Panel de acuerdo con la reivindicación 12, en el que las fibras se seleccionan del grupo que consiste en fibras de vidrio, carburo de silicio, fibras de aramida, poliéster, fibras de carbono, fibras de material compuesto, fibra de vidrio, combinaciones de las mismas, tejido que contiene dichas fibras, y tejidos que contienen combinaciones de dichas fibras.
- 10 14. Panel de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el conglomerado se selecciona del grupo que consiste en arena, piedra, grava, escoria de alto horno granulada triturada, cenizas, vidrio, sílice, pizarra expandida, arcilla; piedra pómez, perlita, vermiculita, escoria, diatomita, pizarra expandida, arcilla expandida, escoria expandida, sílice ahumada, conglomerado peletizado, cenizas extruidas, toba, macrolita, pizarra, escoria de alto horno expandida, cenizas sinterizadas, cenizas de carbón, y sus combinaciones.
- 15 15. Panel de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la composición cementosa ligera tiene una densidad entre 641 y 2082 kg/m³ (40 a 130 lb/pie³).
- 20 16. Panel de acuerdo con la reivindicación 1, en el que un tornillo de pared de yeso de 2 y 1/2 pulgadas estándar, atornillado en la composición cementosa ligera formada y fraguada a una profundidad de 38 mm (1 y 1/2 pulgadas), no se retira al aplicar una fuerza de 2224 N (500 libras) perpendicular a la superficie a la que se rosca durante un minuto.

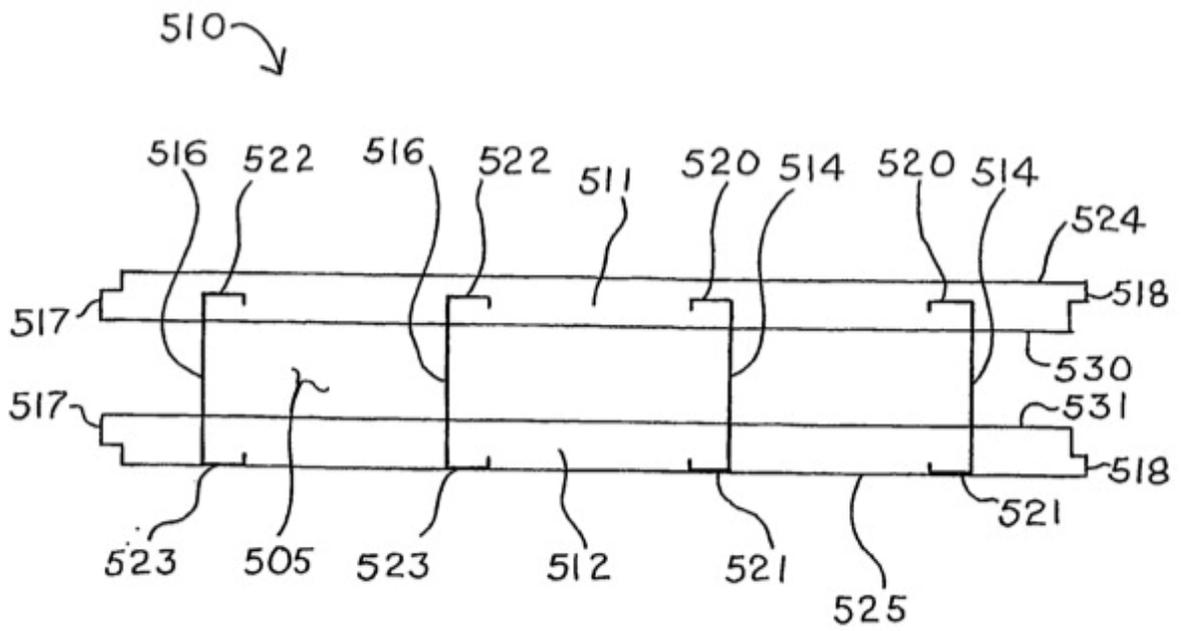


FIG. 1

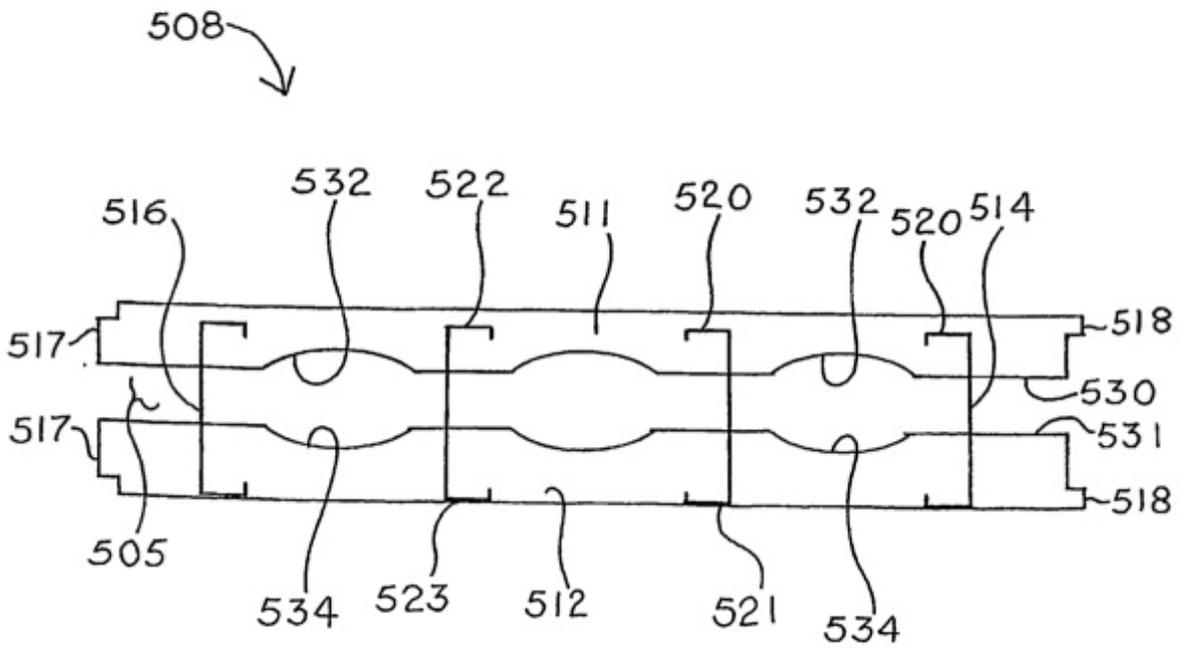


FIG. 2

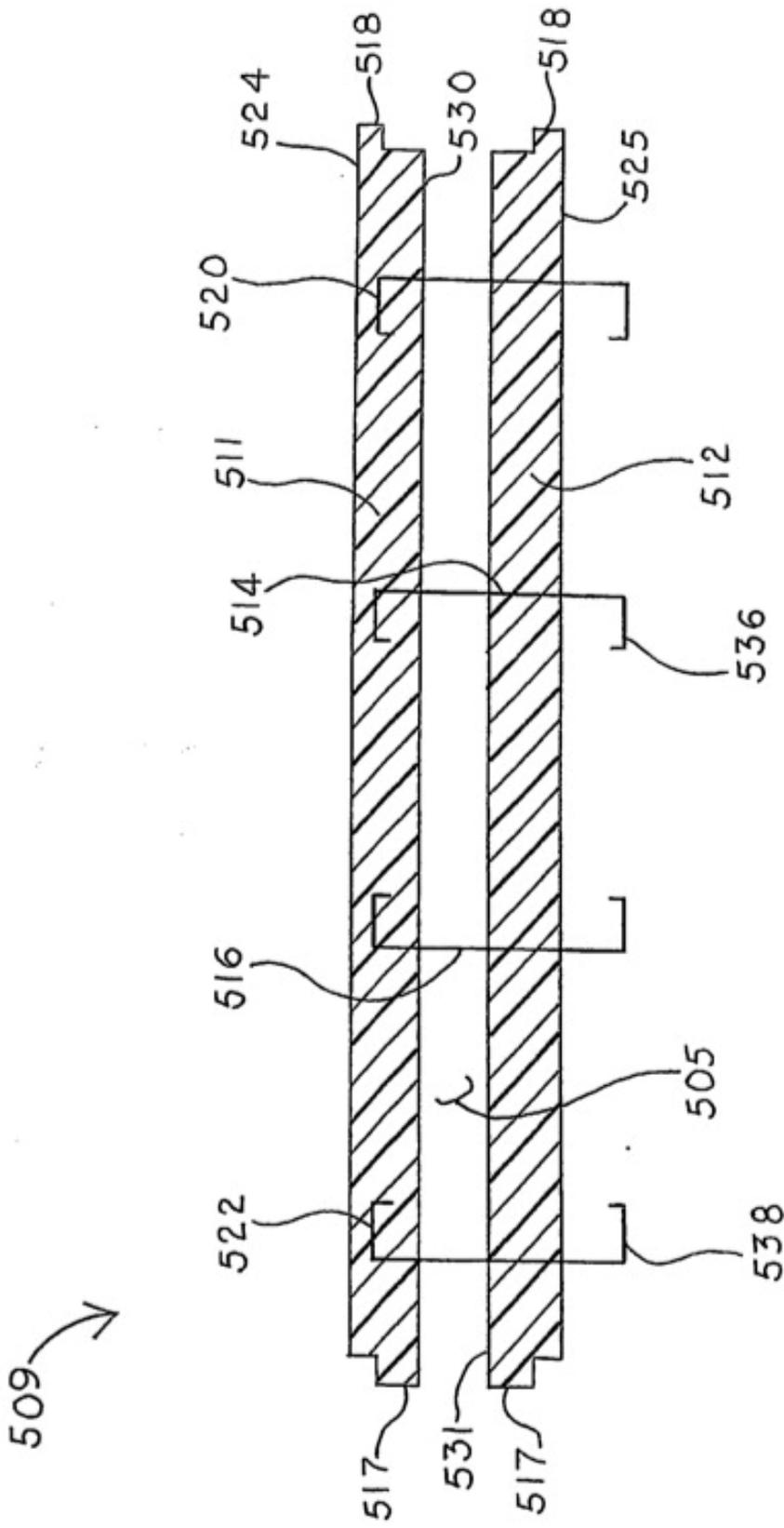


FIG. 3

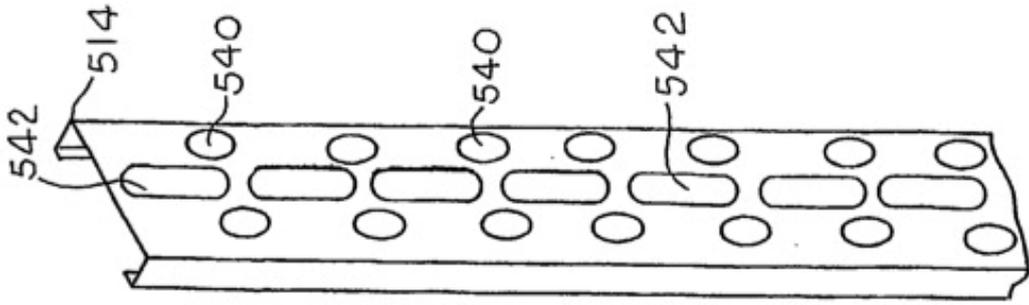


FIG. 4

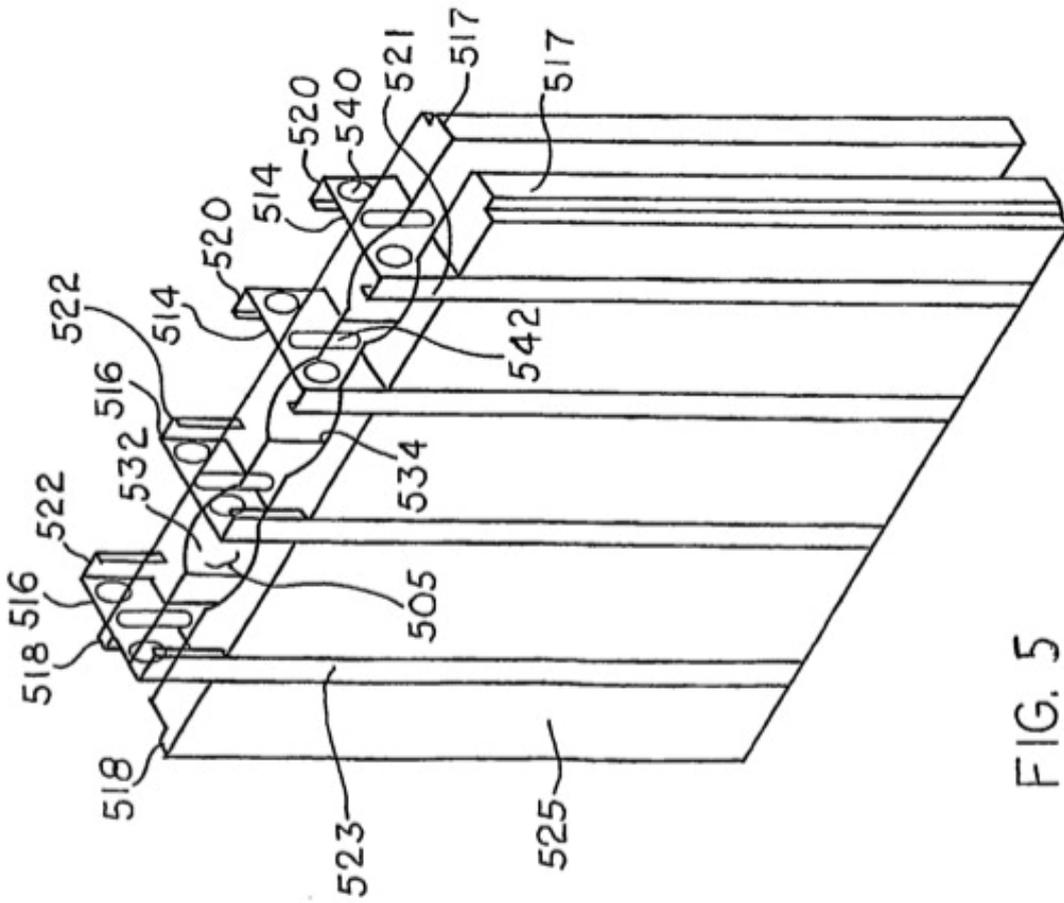


FIG. 5

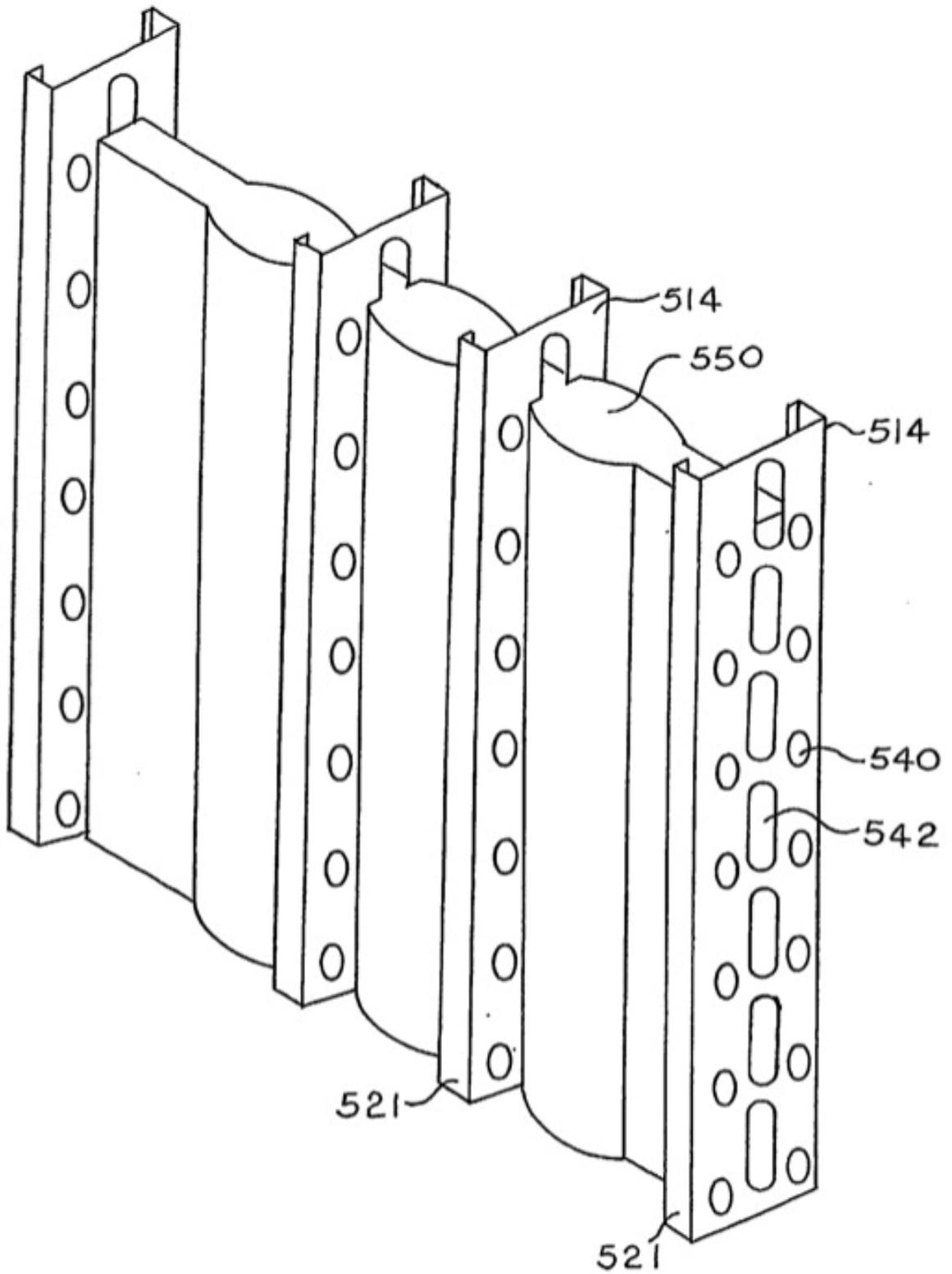


FIG. 6

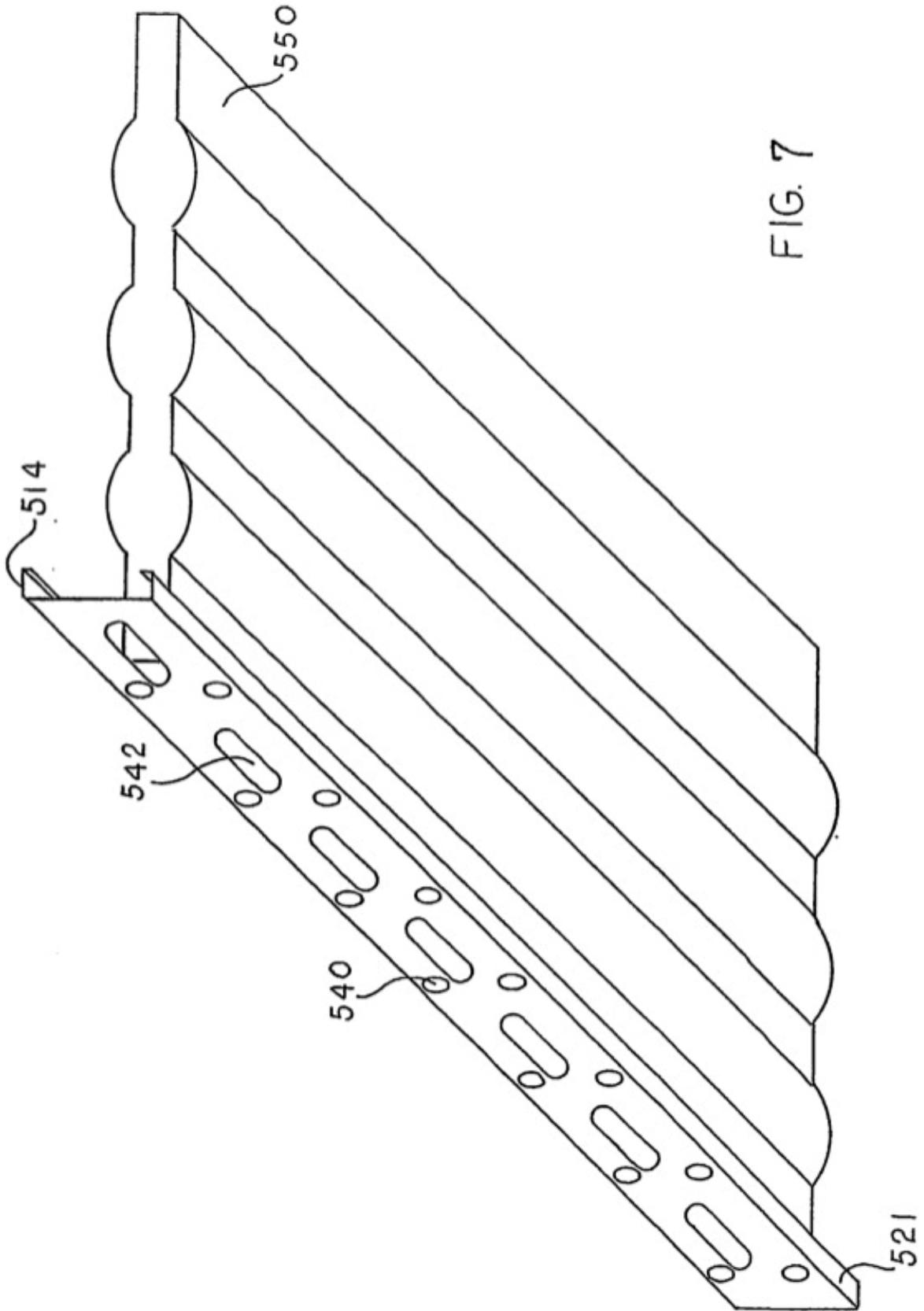


FIG. 7

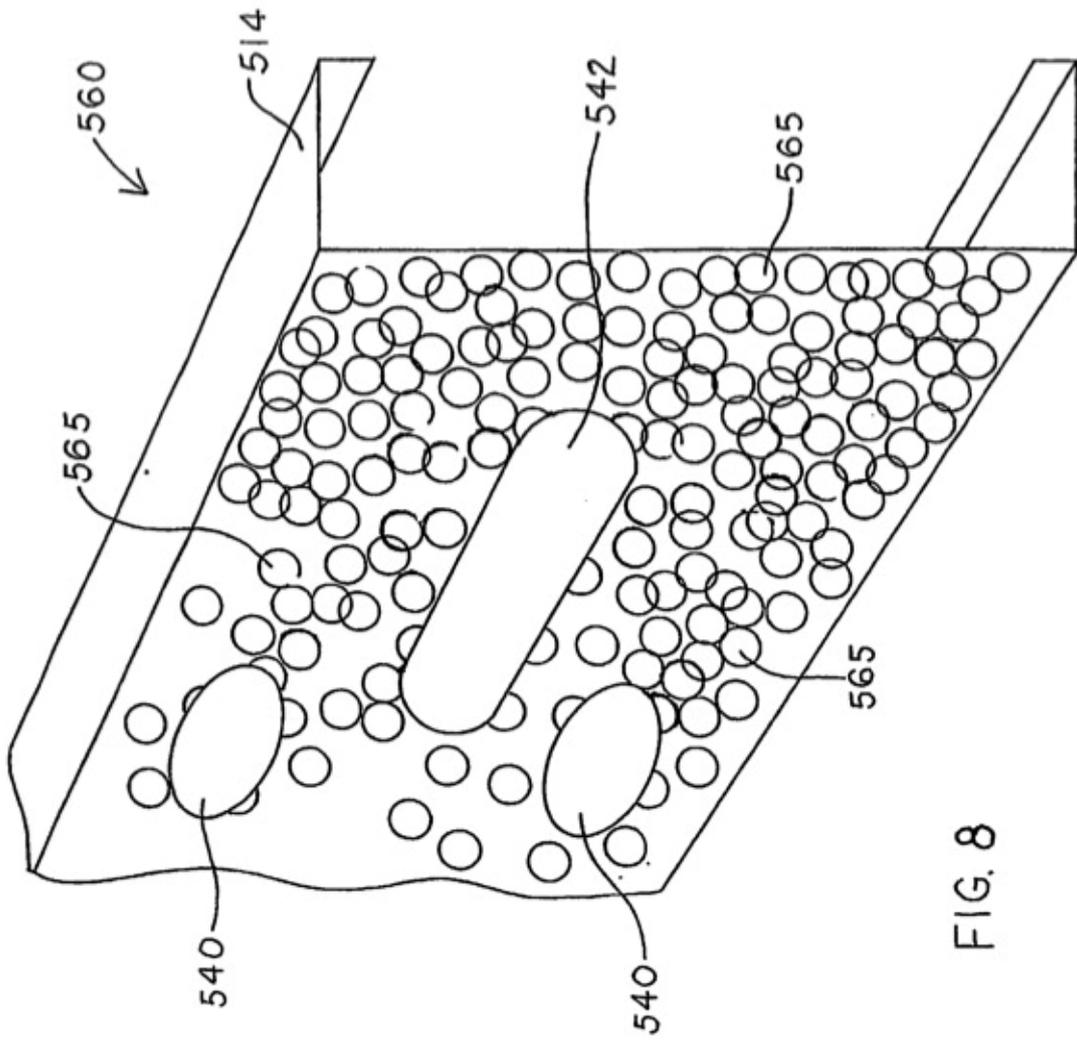


FIG. 8

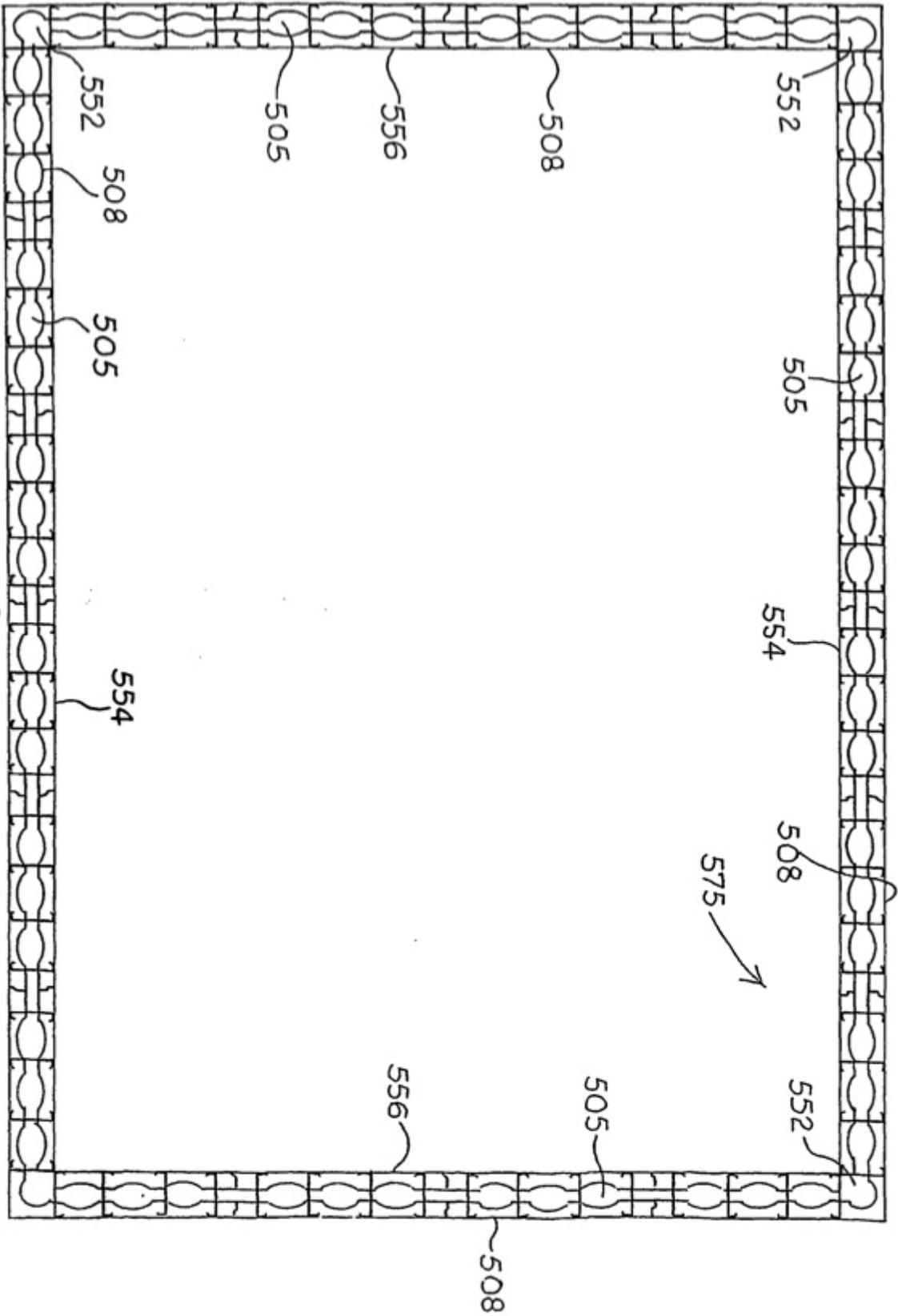


FIG. 9

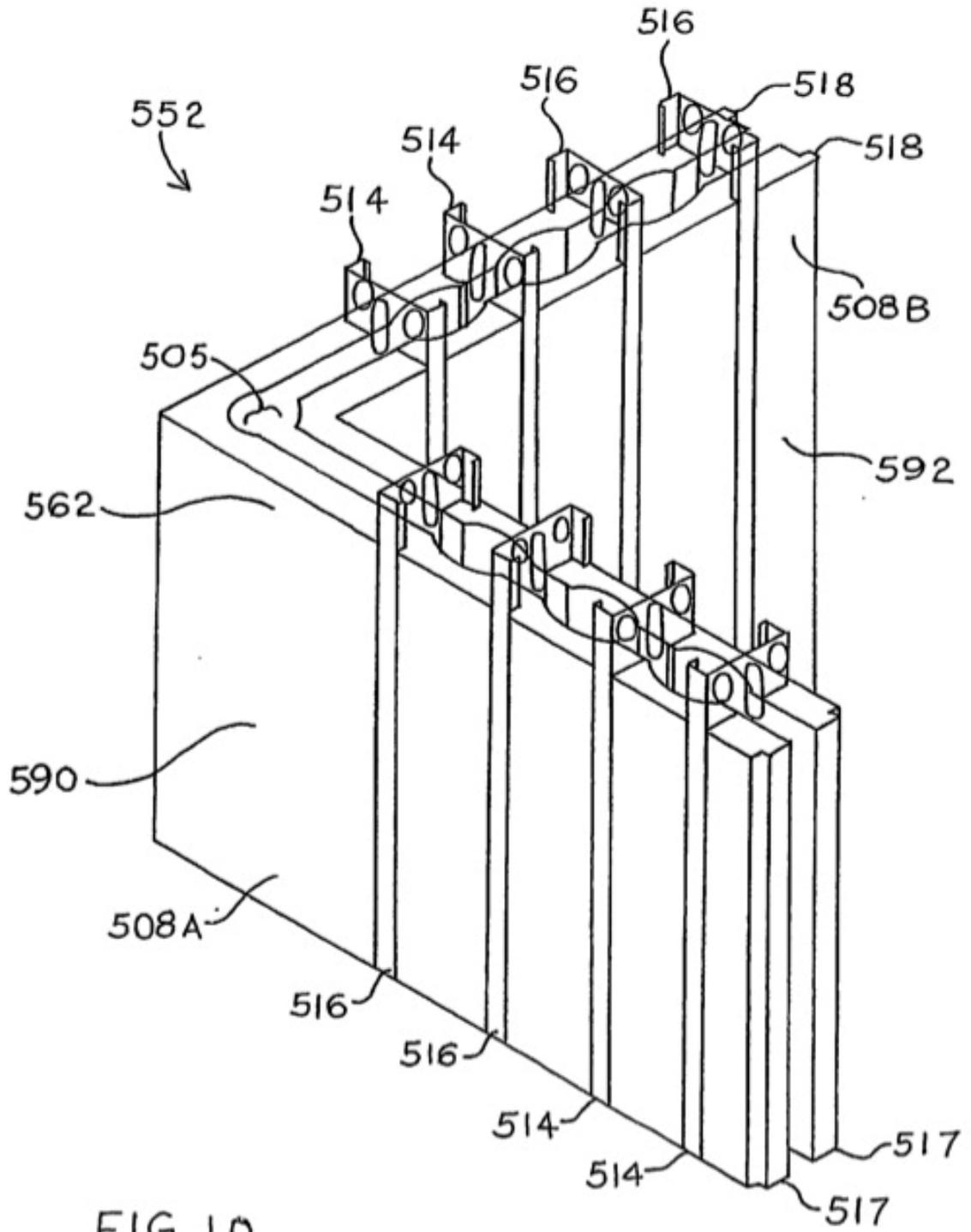


FIG. 10

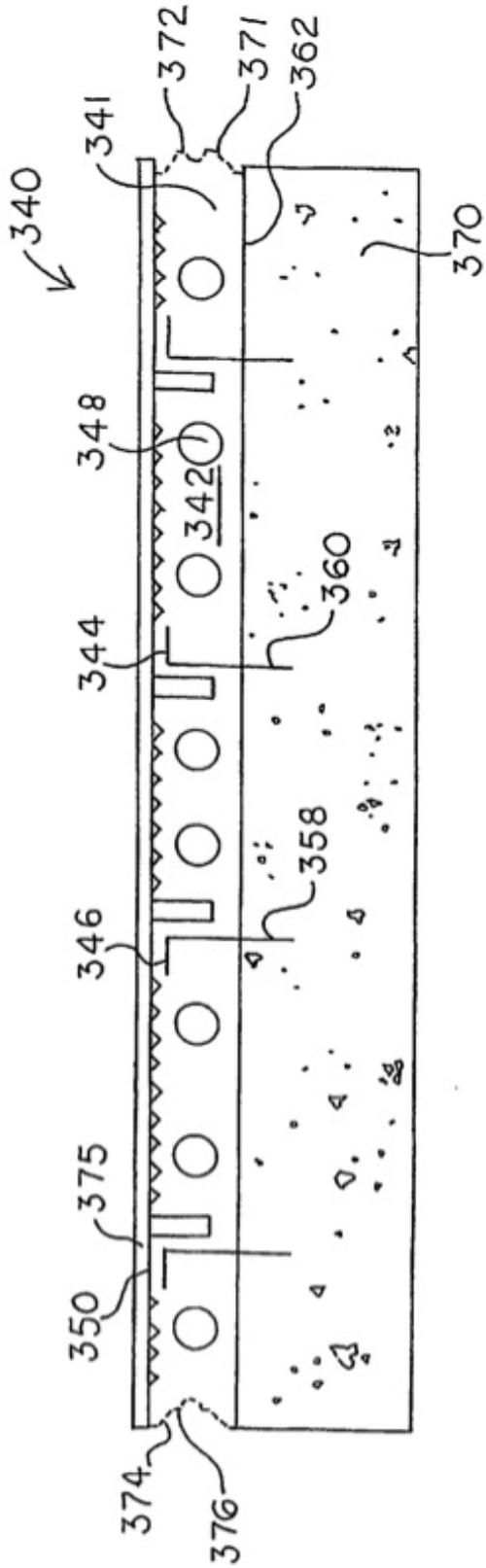


FIG. 11

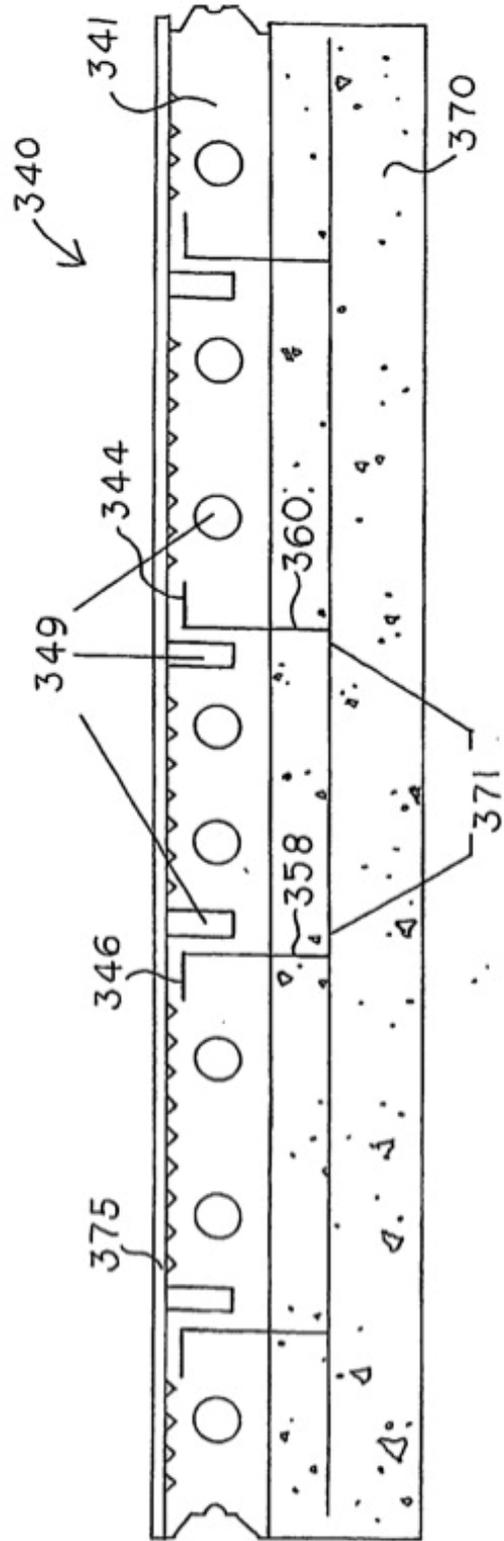


FIG. 12

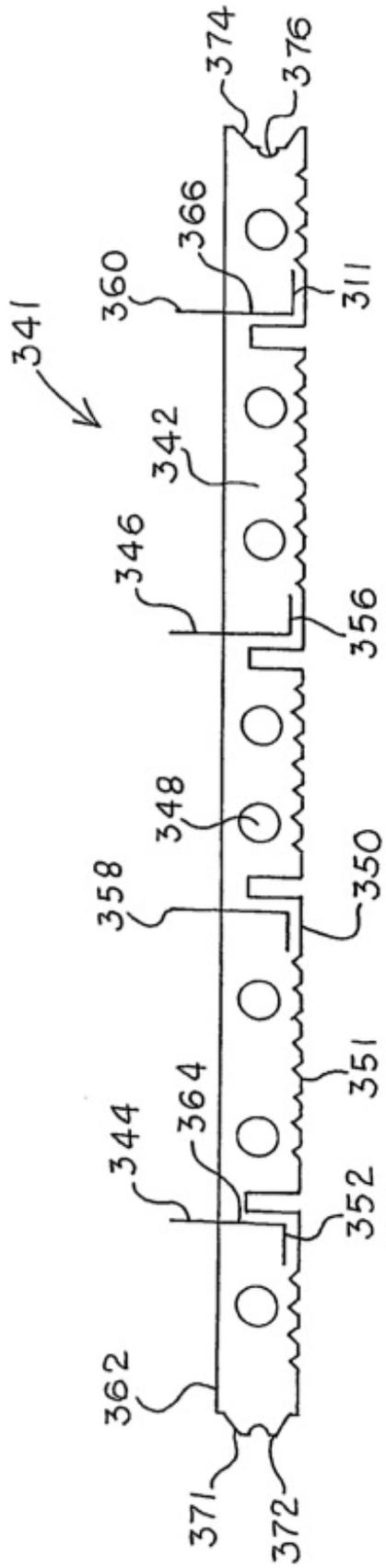


FIG. 13

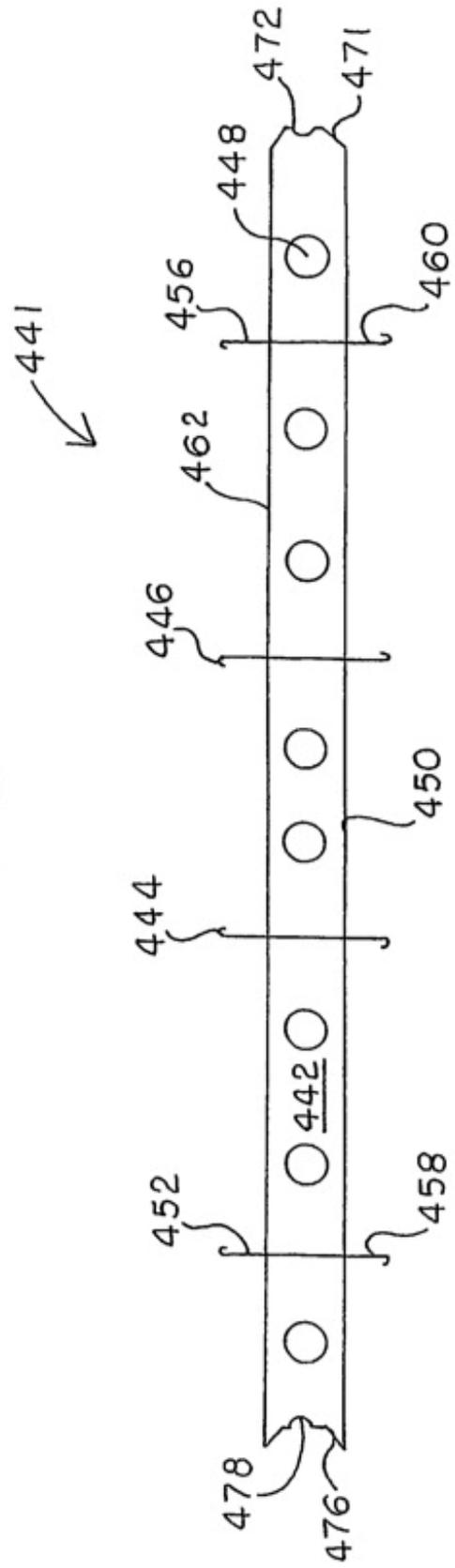


FIG. 16

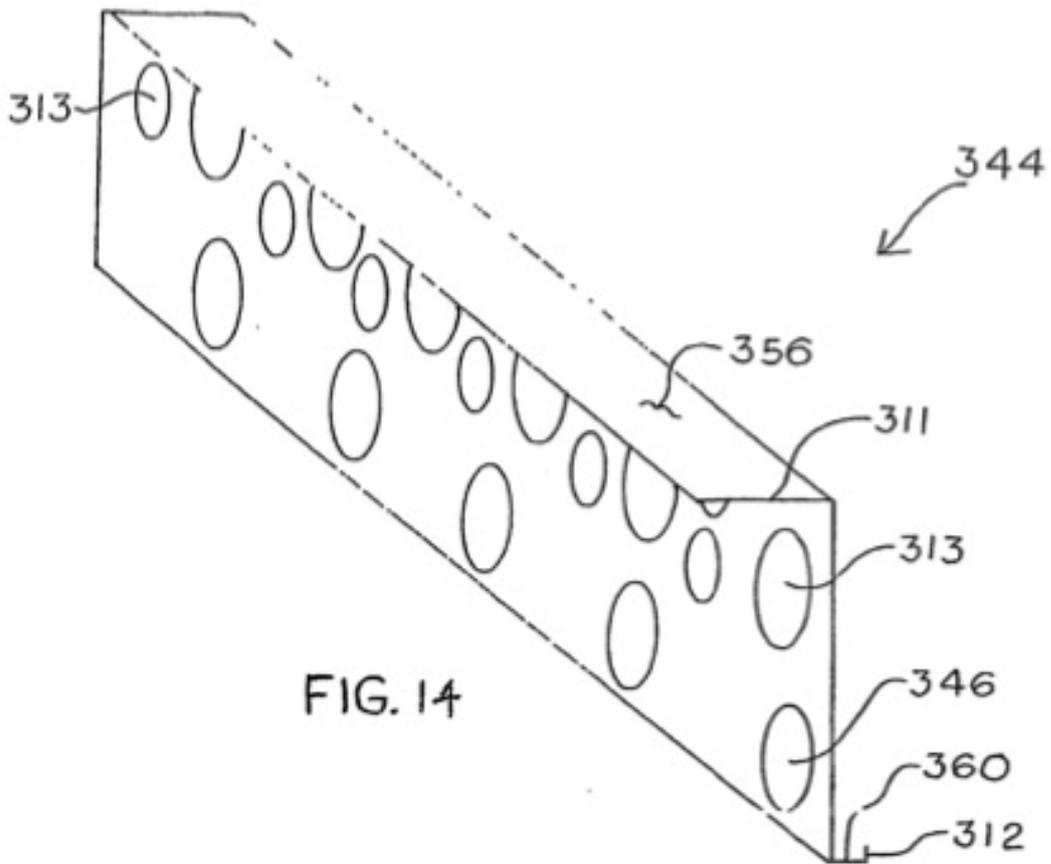


FIG. 14

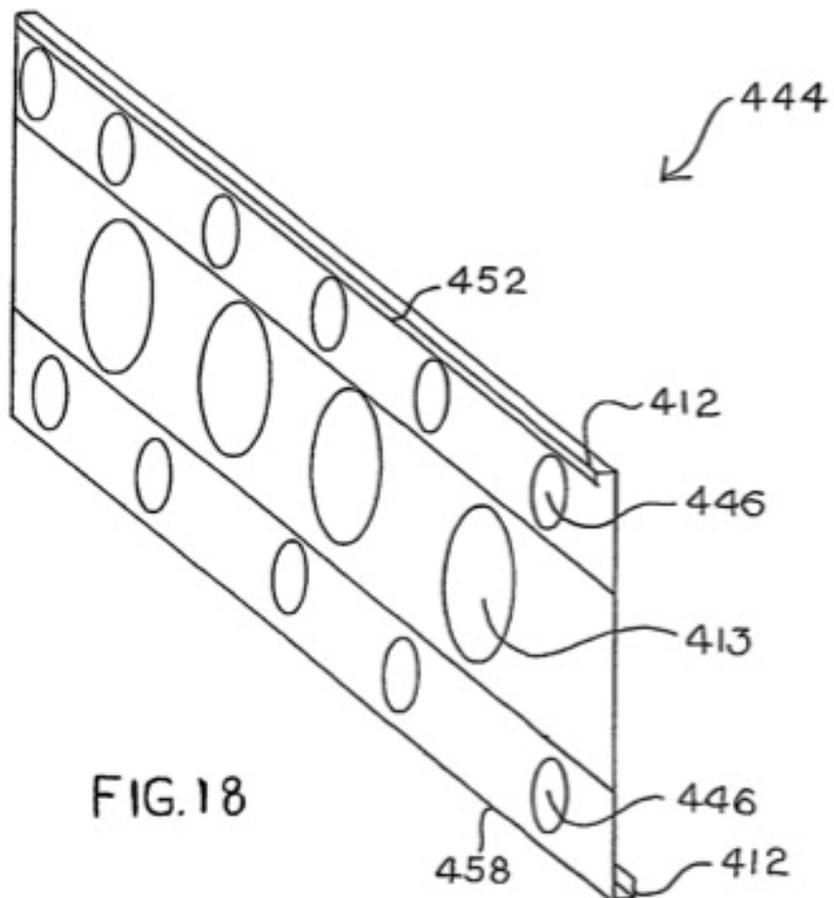


FIG. 18

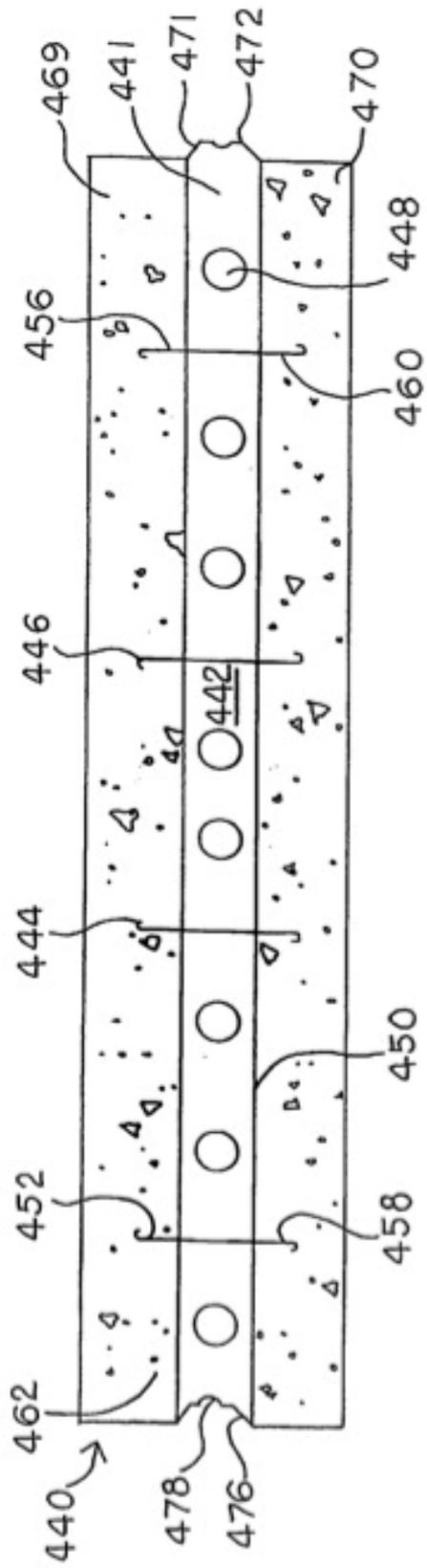


FIG. 15

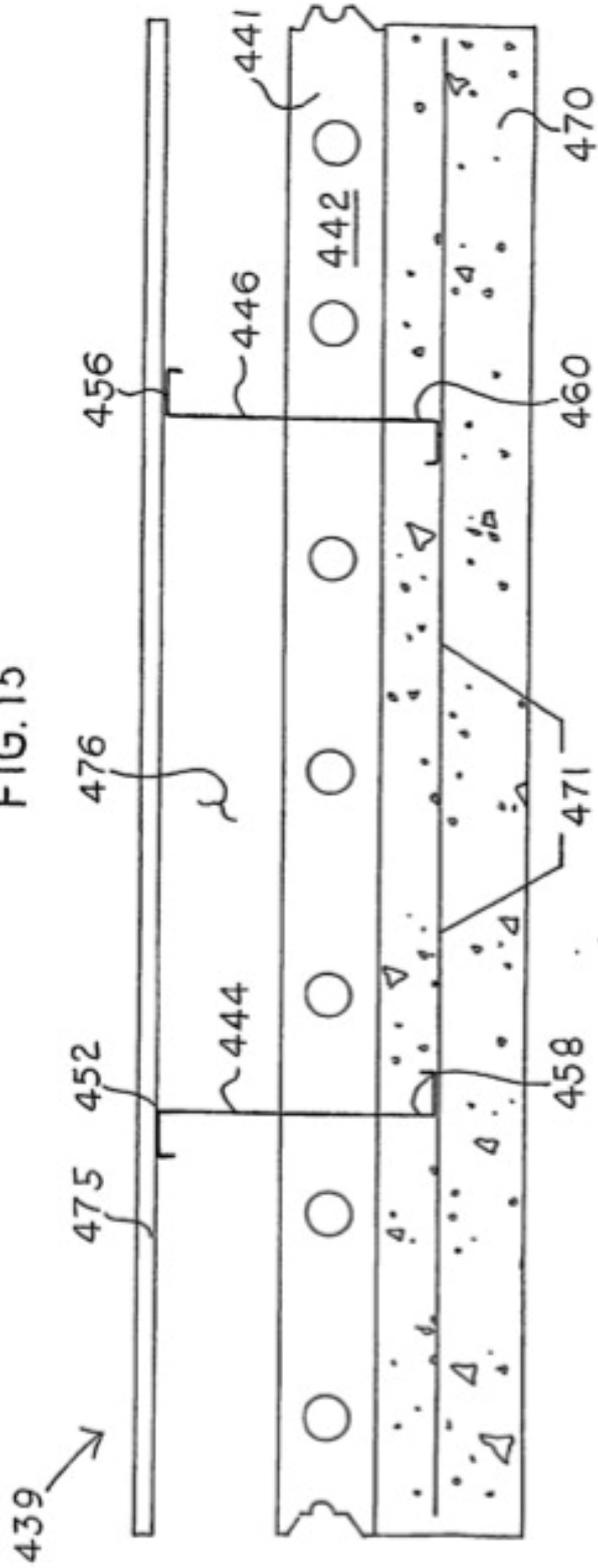


FIG. 17

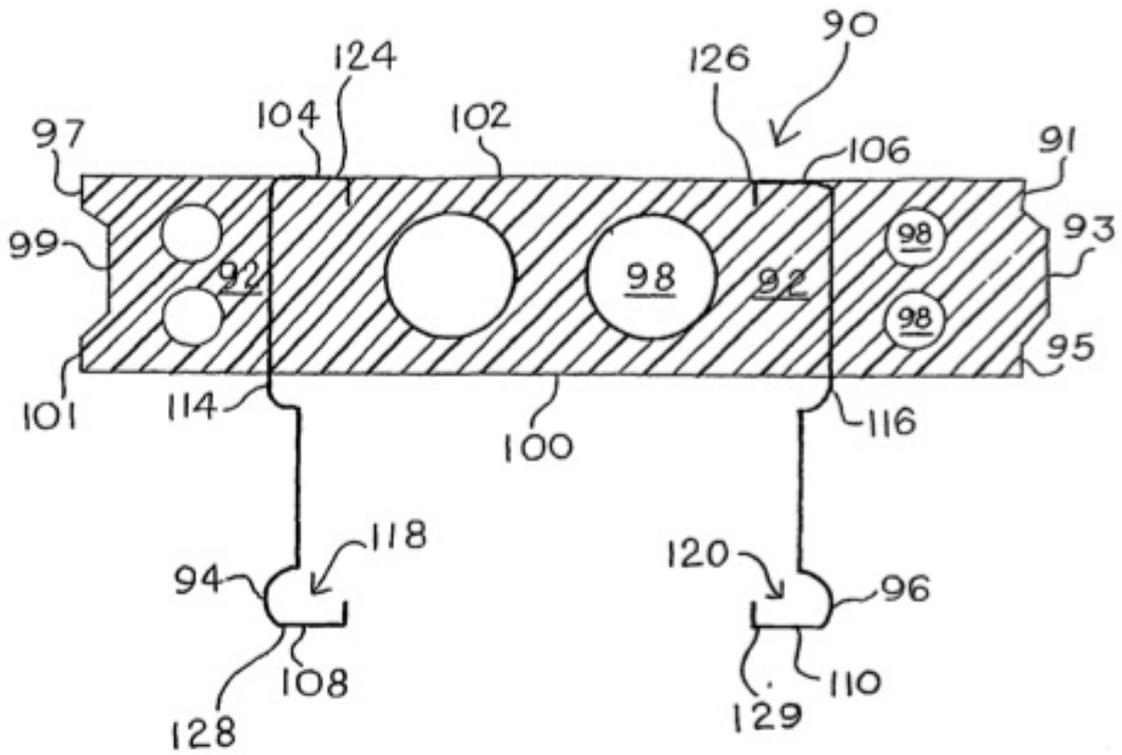


FIG. 19

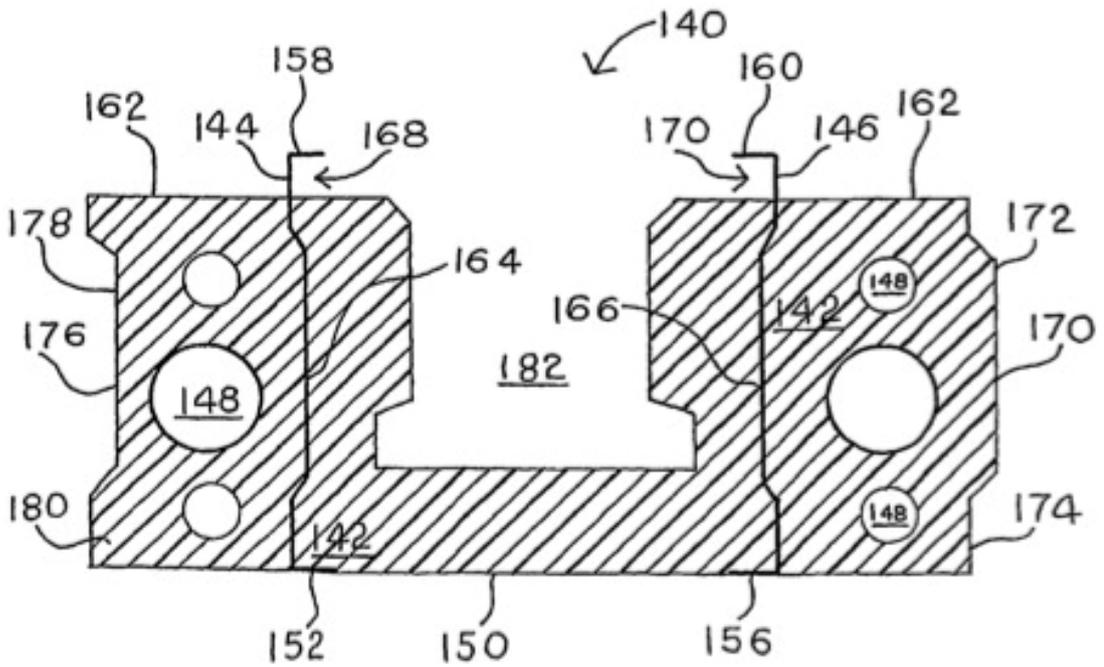


FIG. 20

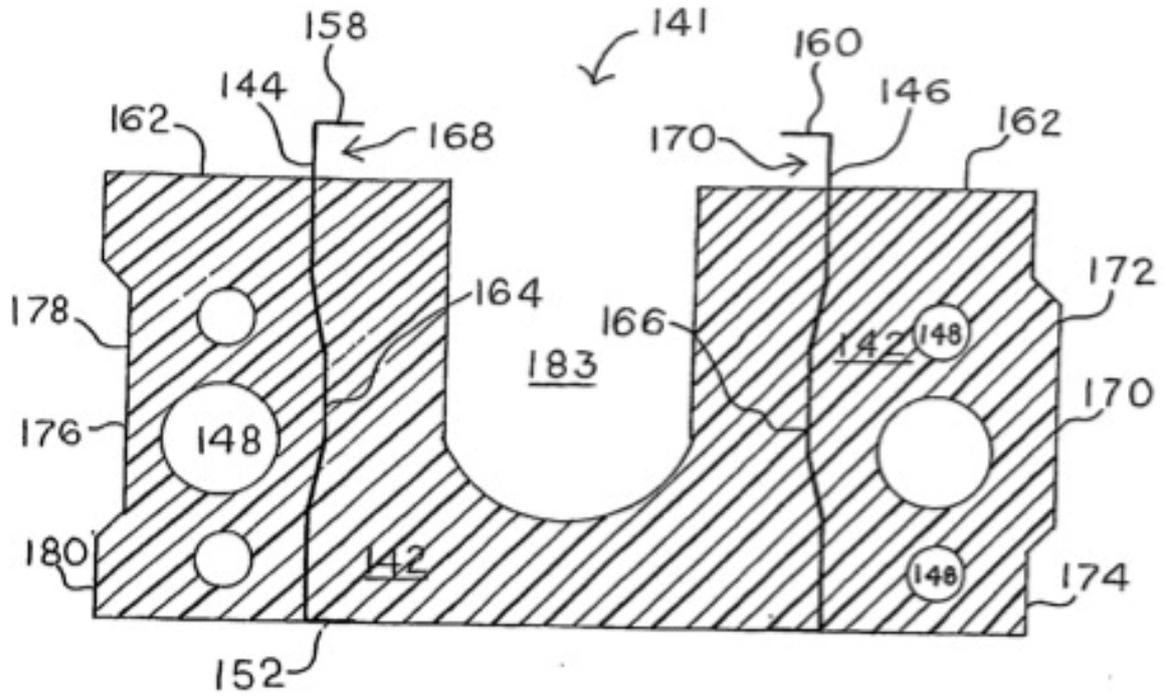


FIG. 21

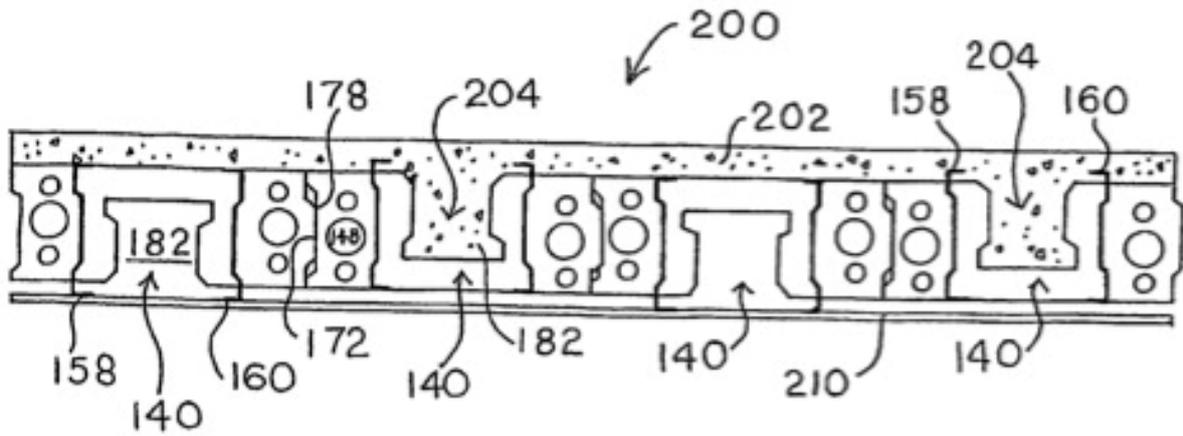


FIG. 22

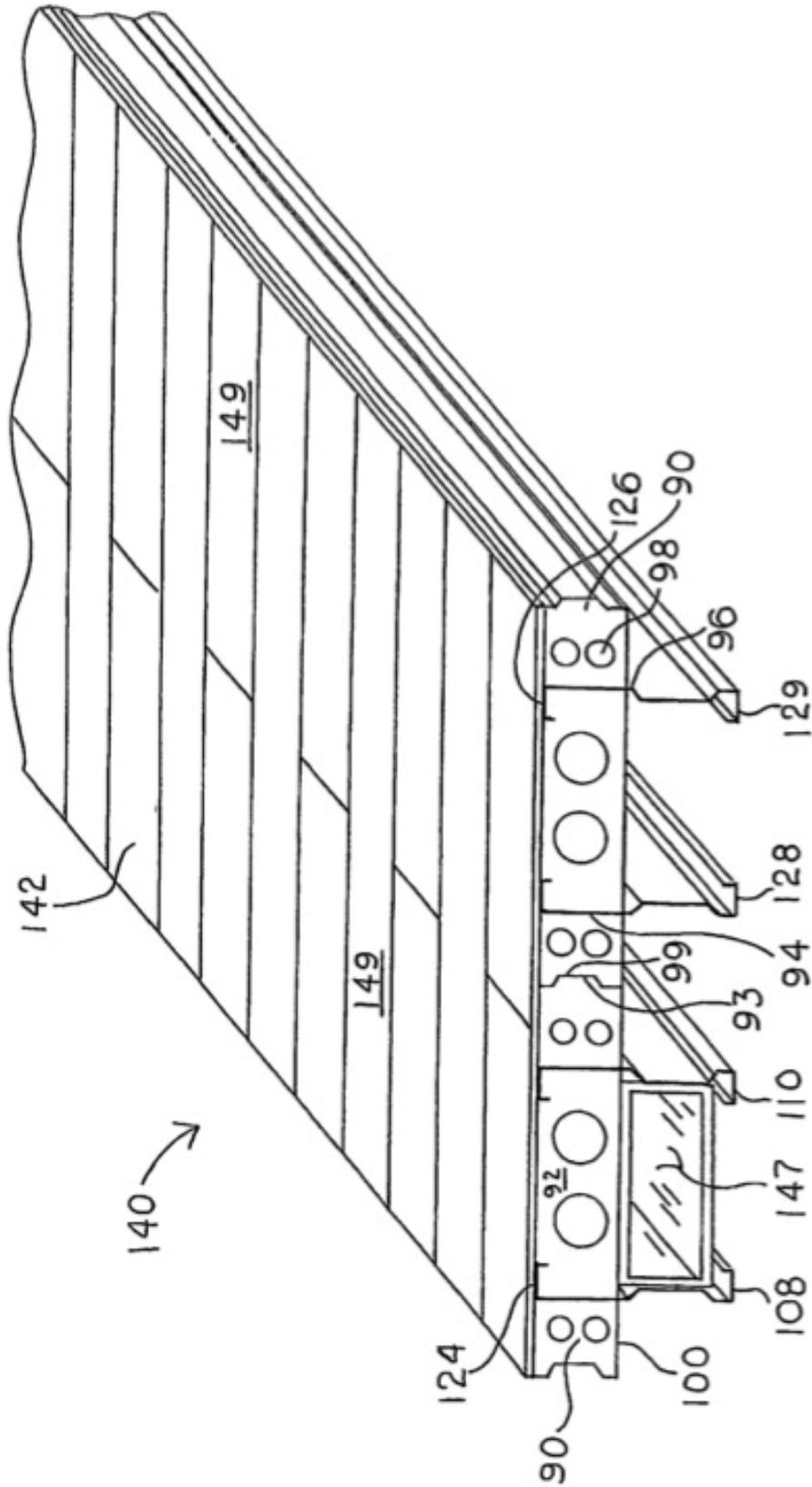


FIG. 23

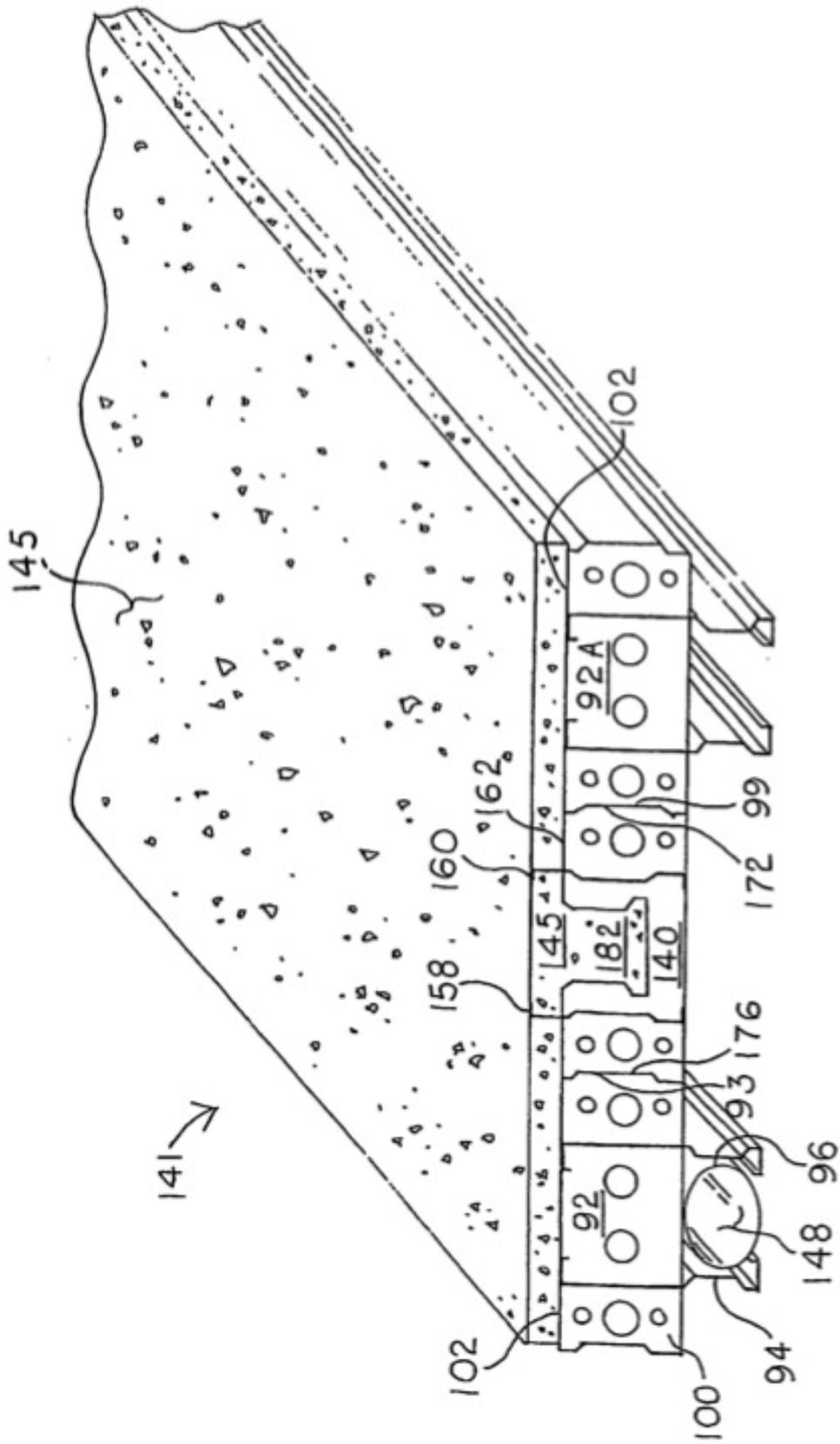
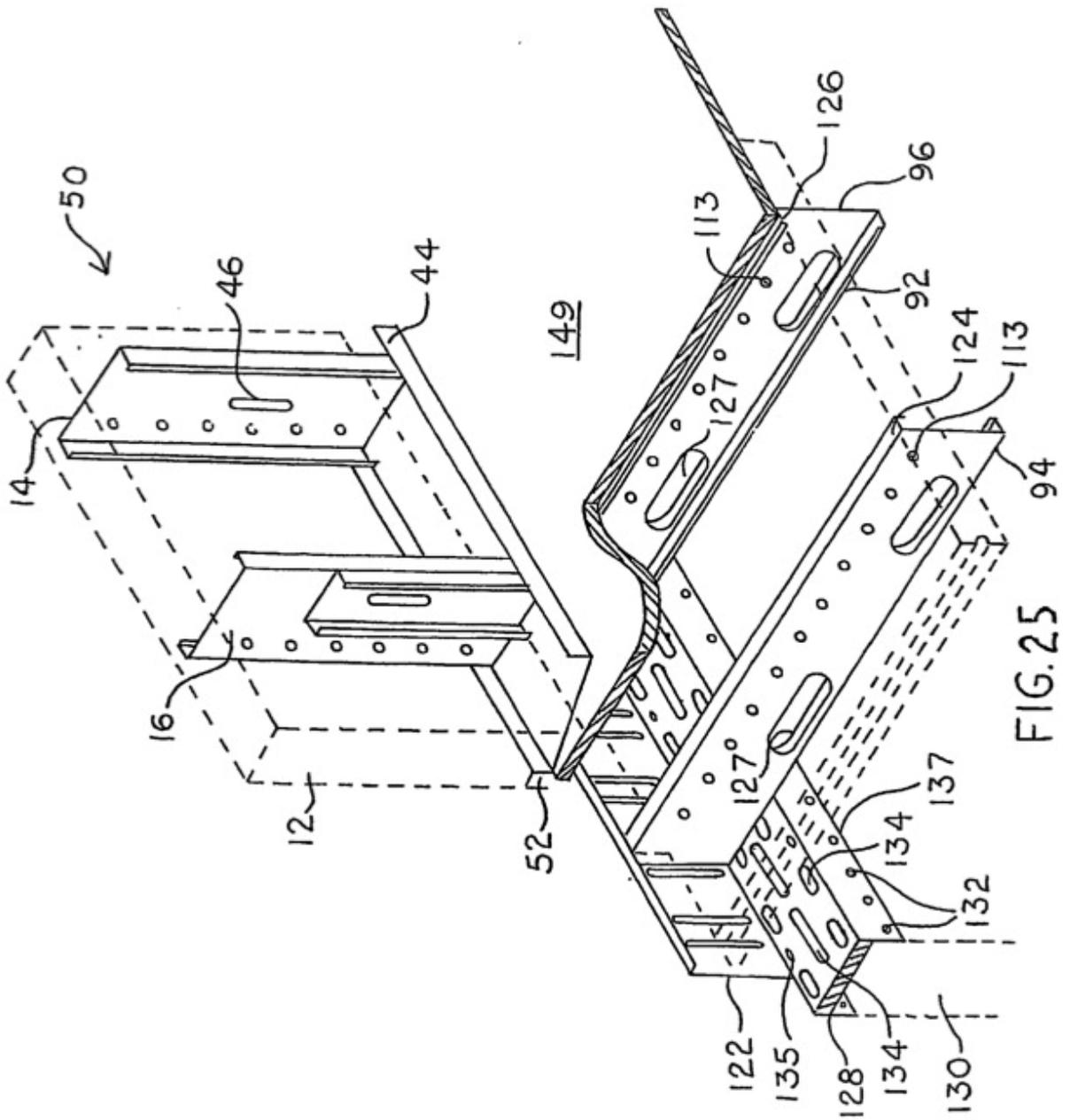


FIG. 24



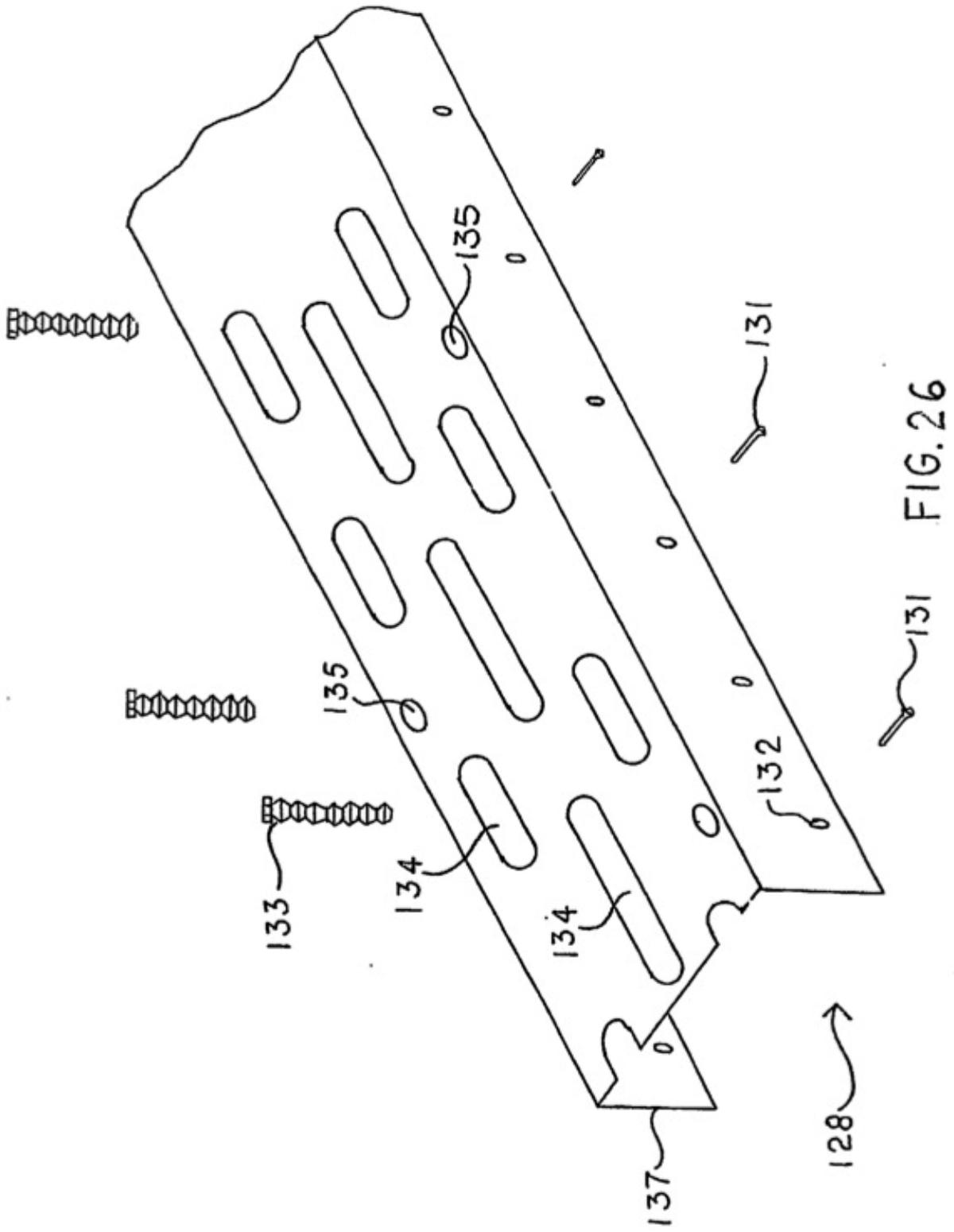




FIG. 28

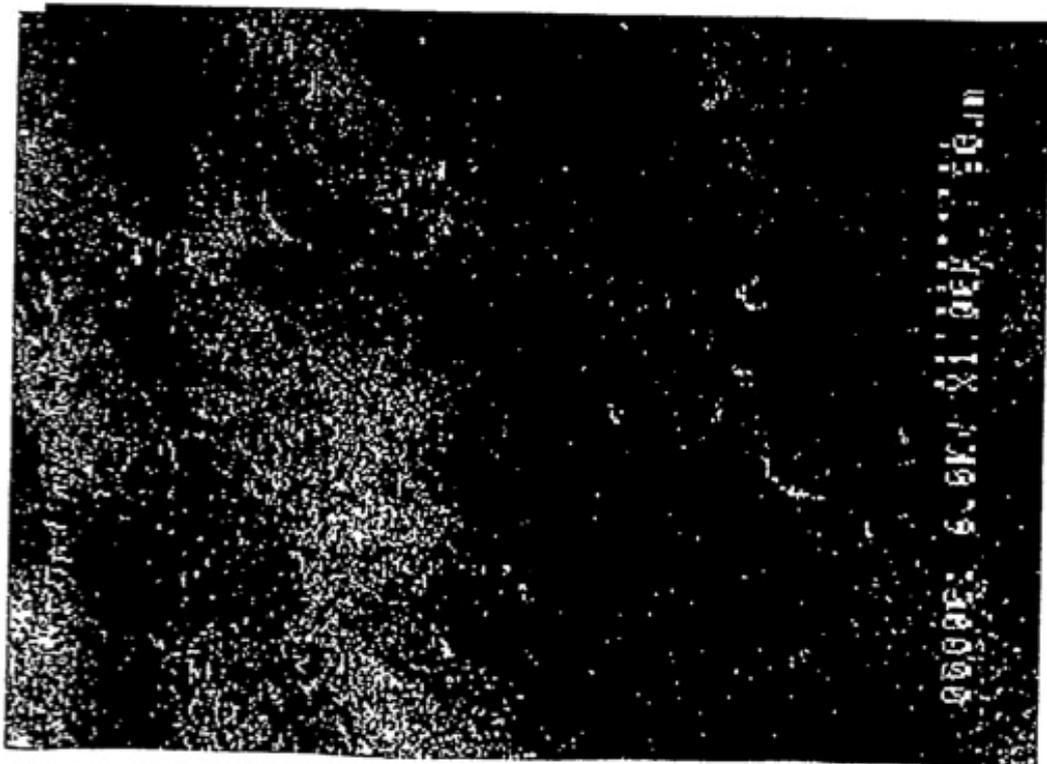


FIG. 27

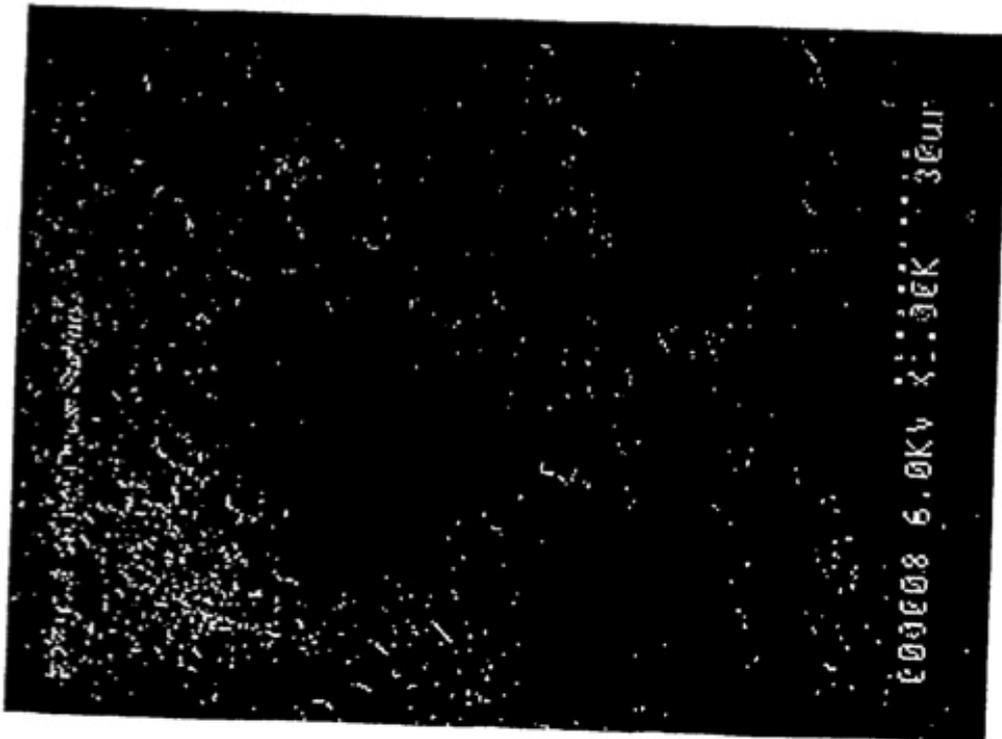


FIG. 29

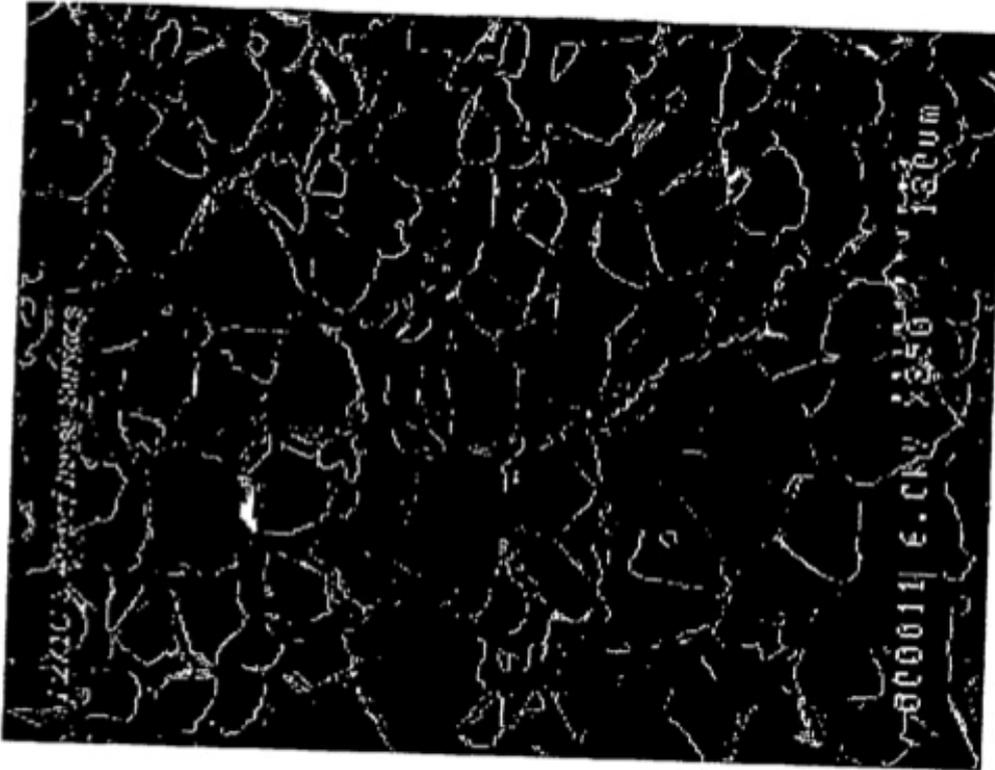


FIG. 30

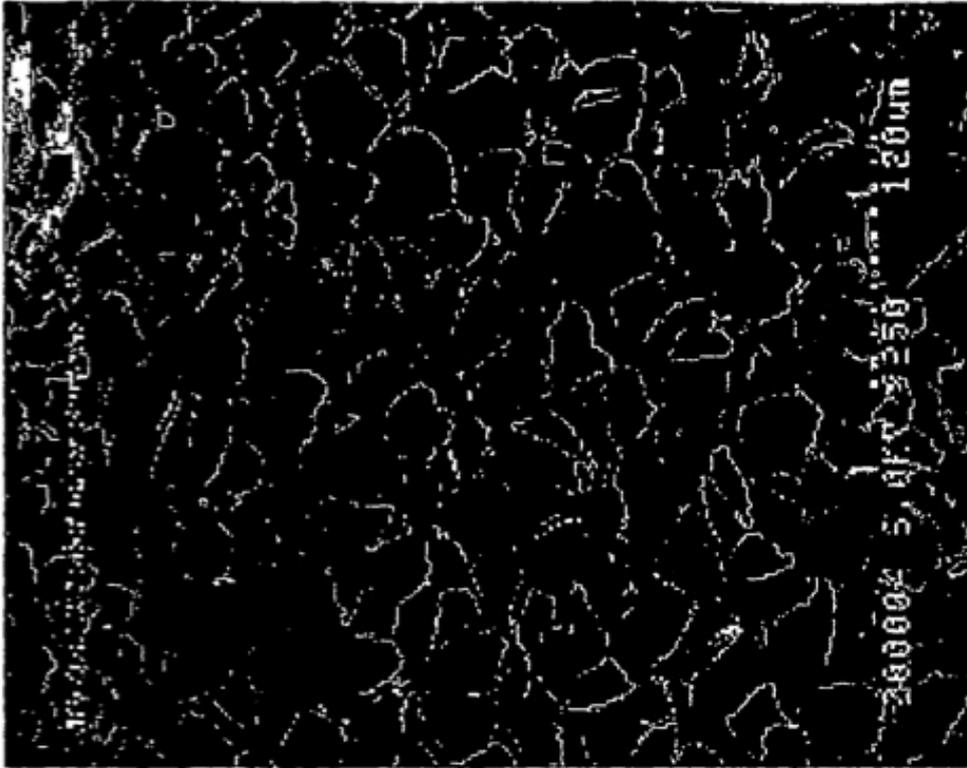


FIG. 32

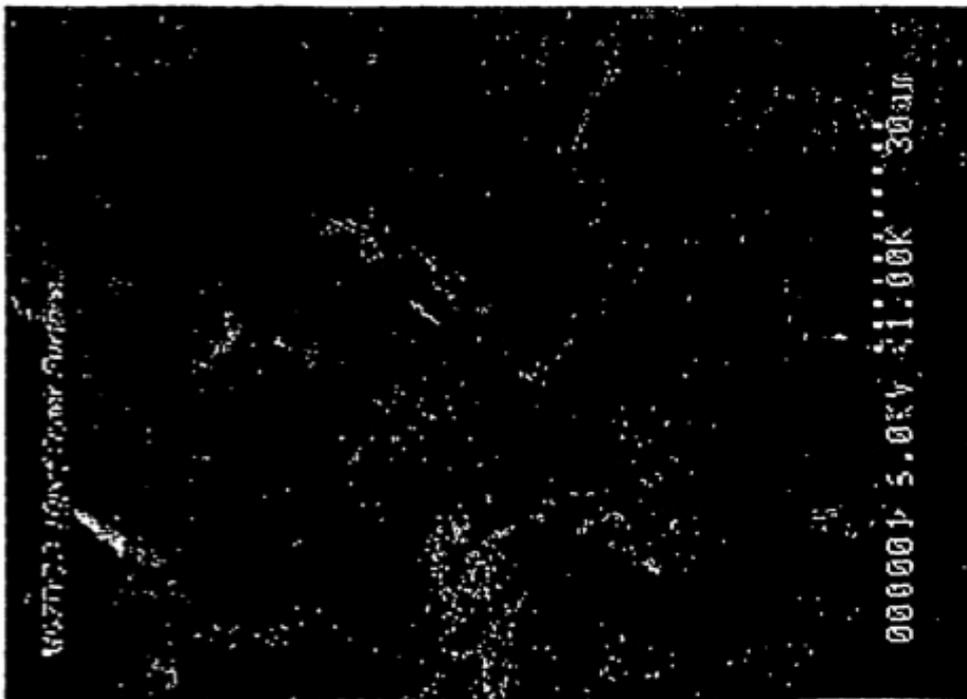


FIG. 31