



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 160**

51 Int. Cl.:

E01D 2/02 (2006.01)

E01D 19/12 (2006.01)

C08J 11/06 (2006.01)

C08J 5/06 (2006.01)

C08J 5/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09161620 .1**

96 Fecha de presentación : **21.07.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **2088242**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.08.2009**

54

Título: **Uso de plásticos reciclados para perfiles de construcción estructurales.**

30

Prioridad: **08.07.2003 US 486205 P**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.10.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.10.2011

73

Titular/es: **Rutgers, The State University
Old Queens, Somerset Street
New Brunswick, New Jersey 0890, US**

72

Inventor/es: **Nosker, Thomas J. ;
Renfree, Richard ;
Kerstein, James y
Simon, Louis**

74

Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 367 160 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

Uso de plásticos reciclados para perfiles de construcción estructurales

Campo de la invención

5 La invención se refiere a nuevos perfiles de construcción hechos de materiales compuestos resistentes a la degradación; a estructuras producidas a partir de tales nuevos perfiles; y a métodos relacionados para producir y usar tales perfiles y estructuras.

Antecedentes de la invención

10 Existen actualmente alrededor de 500.000 puentes de madera para vehículos en los Estados Unidos, ensamblados a partir de madera tratada químicamente. Un 40 por ciento estimado de ellos se encuentra en necesidad de reparación o sustitución.

Existen varios tipos de madera tratada químicamente, tales como madera tratada con creosota y madera tratada a presión. Estos materiales son relativamente económicos de fabricar y usar, y son prácticamente tan versátiles como cualquier otro perfil de madera. También presentan una resistencia incrementada a la degradación microbiana y fúngica, y al agua.

15 Sin embargo, la creciente popularidad de la madera tratada químicamente tiene algunas repercusiones negativas que están comprobándose precisamente ahora. La madera tratada químicamente toma una fuente perfectamente utilizable, reciclable y renovable, y la vuelve tóxica. Por ejemplo, la madera "tratada a presión" o "CCA" se trata con arsénico-cobre cromado muy venenoso y no se puede quemar. Si bien la madera CCA se puede enterrar, la lixiviación de productos químicos tóxicos hace indeseables tales estrategias de eliminación. La eliminación de la
20 madera creosotada requiere el uso de incineradores especiales. Estos materiales están resultando mucho más difíciles y costosos de eliminar que de utilizar. Sin embargo, debido a la larga vida útil de estos materiales, el impacto económico y medioambiental de la madera tratada químicamente está comenzando a sentirse ahora.

25 La madera de plástico reciclado para estructuras representa una posible alternativa a la madera tratada químicamente. Las patentes de EE.UU. n^{os} 6.191.228, 5.951.940, 5.916.932, 5.789.477, y 5.298.214 describen materiales compuestos de madera para estructuras de plástico reciclado hechos de plástico post-consumidor y post-industrial, en los cuales se mezclan poliolefinas con poliestireno o un material de fibra recubierto con termoplástico, tal como fibra de vidrio. Estos materiales compuestos estructurales disfrutan actualmente de éxito comercial como sustitutos para traviesas de ferrocarril creosotadas y otros materiales de sección transversal rectangular. El mercado se ha visto limitado de otro modo para la madera para estructuras de plástico reciclado, debido a que es
30 significativamente más cara que las vigas de madera tratadas sobre una base de coste instalado, a pesar del uso de plásticos de desecho reciclados.

Esta importante diferencia de costes se hizo más evidente en la construcción de estructuras de puentes, en las cuales las vigas de madera tratadas a presión se reemplazaron con vigas de material compuesto de madera para estructuras de plástico reciclado. Si bien tan resistentes como la madera sometida a tratamiento CCA, las vigas de
35 material compuesto de plástico reciclado no fueron tan rígidas, y tendían a combarse, o "correrse". Fue posible compensar esto aumentando las dimensiones de las vigas y utilizando más vigas de sección transversal rectangular. Sin embargo, esto se sumaba adicionalmente al coste ya incrementado de los materiales y la construcción en comparación con la madera tratada.

40 Se pueden preparar también vigas estructurales que no "se corren" a partir de resinas obtenidas mediante ingeniería, tales como policarbonatos o ABS. Sin embargo, estas son más caras aún que los materiales compuestos estructurales hechos de plásticos reciclados. Persiste la necesidad de materiales estructurales basados en plásticos reciclados que sean más competitivos en costes con la madera tratada sobre una base de coste instalado.

45 El documento US 6247651 propone una traviesa para vías férreas (o traviesa) hecha a partir de un material compuesto formado de plásticos reciclados (por ejemplo, polietileno de alta densidad o polipropileno), fibras de vidrio residual, y "caucho en migas" (por ejemplo, neumáticos de caucho granulado). El componente de caucho en migas comprende típicamente 20% del material compuesto.

50 Un primer aspecto de la invención proporciona un material compuesto estructural de plástico modular que tiene una sección de alma dispuesta a lo largo de un eje horizontal y al menos una sección de reborde dispuesta a lo largo de un eje horizontal paralelo a aquél y moldeada integralmente para engranar la superficie superior o inferior de dicha sección de alma, en el que:

la dimensión vertical (grosor) de la sección de reborde es la décima parte a la mitad del tamaño de la dimensión vertical de la sección de alma sin ninguna sección o secciones de reborde, y la anchura de la sección o secciones de reborde medida perpendicularmente al eje horizontal de la sección de reborde es dos a diez veces el tamaño de la dimensión de la anchura de la sección de alma medida perpendicularmente al eje horizontal de la sección de alma; y

dicho material compuesto está formado a partir de una mezcla de polímero inmisible co-continua de una poliolefina de alta densidad y un material de fibra recubierto con termoplástico.

BREVE SUMARIO DE LA INVENCION

5 Ahora se ha descubierto que las mezclas de polímeros inmiscibles de las patentes de EE.UU. n^{os} 6.191.228, 5.951.940, 5.916.932, 5.789.477, y 5.298.214 pueden moldearse en perfiles estructurales que son más eficientes en costes que las vigas estructurales de plástico reciclado tradicionales con secciones transversales rectangulares. Los perfiles estructurales de acuerdo con la presente invención se moldean como un artículo conformado de una sola pieza, e incluyen perfiles modulares tales como vigas en I, vigas en T, vigas en C, y similares, en las cuales uno o más rebordes horizontales engranan un cuerpo dispuesto axialmente conocido en la técnica de las vigas en I como un alma. El área de sección transversal reducida de tales perfiles representa un ahorro significativo en costes en términos de uso de material, sin sacrificar las propiedades mecánicas. Se obtienen ahorros adicionales en costes a través de técnicas de construcción modular permitidas por el uso de tales perfiles.

15 Por lo tanto, de acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un material compuesto estructural de plástico modular que tiene una sección de alma dispuesta a lo largo de un eje horizontal, y al menos una sección de reborde dispuesta a lo largo de un eje horizontal paralelo a aquél y moldeada integralmente para engranar la superficie superior o inferior de dicha sección de alma, en el que el material compuesto está formado por una mezcla de (A) poliolefina de alta densidad y (B) material de fibra recubierto con termoplástico. La poliolefina de alta densidad es preferiblemente polietileno de alta densidad (HDPE). El material de fibra recubierto con termoplástico es preferiblemente una fibra de carbono revestida con termoplástico, o fibras de vidrio tales como fibra de vidrio.

20 Las dimensiones del reborde con relación a las dimensiones de la sección de alma no pueden ser tan grandes como para dar como resultado la deformación por pandeo de las secciones de reborde con la aplicación de una carga. Preferiblemente, la dimensión vertical (grosor) de la sección de reborde es alrededor de la décima parte a alrededor de la mitad del tamaño de la dimensión vertical de la sección de alma sin ninguna sección o secciones de reborde, y la dimensión de la anchura de la sección de reborde total, medida perpendicularmente al eje horizontal de la sección de reborde, es alrededor de dos a alrededor de diez veces el tamaño de la dimensión de la anchura medida perpendicularmente al eje horizontal de la sección de alma.

25 Otros perfiles estructurales eficientes de acuerdo con la presente invención incluyen tableros conformados machihembrados que forman ensamblajes entrelazados. Se ha descubierto que los ensamblajes entrelazados reducen el grosor de tablero requerido debido a la manera en la que el ensamblaje distribuye las cargas entre los tableros entrelazados. Esto representa también un ahorro significativo en costes en términos de uso de material sin sacrificar las propiedades mecánicas, obteniéndose también ahorros adicionales de costes a través de las técnicas de construcción modular que permiten estos perfiles.

30 Por lo tanto, de acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un material compuesto estructural de plástico modular esencialmente plano que tiene un lado ranurado y un lado en forma de espiga moldeado integralmente, perpendiculares cada uno al plano del material compuesto, en el que el material compuesto está formado por una mezcla de (A) poliolefina de alta densidad y (B) material de fibra recubierto con termoplástico, en el que el lado ranurado define una ranura y el lado en forma de espiga está dimensionado para engranar de modo entrelazado una ranura que tiene las dimensiones de la ranura definida por el lado ranurado, y el lado ranurado y el lado en forma de espiga están dimensionados de tal manera que una pluralidad de los materiales compuestos estructurales de plástico modular esencialmente planos pueden ensamblarse de modo entrelazado para distribuir una carga recibida por un miembro del ensamblaje entre otros miembros del ensamblaje.

35 Los materiales compuestos estructurales de plástico modular planos preferidos tienen al menos un par de lados paralelos opuestos ranurados y en forma de espiga, que definen entre ellos una dimensión de anchura o longitud del material compuesto. Los materiales compuestos preferidos tienen también dimensiones semejantes a tableros, en las cuales la dimensión de longitud es cuestión de elección del diseño, y la dimensión de anchura está comprendida entre alrededor de dos y alrededor de diez veces el tamaño de la dimensión de altura, o grosor, del material compuesto.

40 Los materiales compuestos estructurales de plástico modular tienen utilidad en la construcción de ensamblajes que soportan cargas, tales como puentes. Por esta razón, de acuerdo con otro aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un puente, construido a partir de las vigas en I de la presente invención, que tiene al menos dos filas paralelas soportadas por pilares de primeras vigas en I mayores, y una pluralidad de segundas vigas en I más pequeñas dispuestas paralelamente unas a otras y sujetas perpendicularmente a y entre dos filas de las primeras vigas en I mayores, en el que las superficies superior e inferior de los segundos rebordes de viga en I están dimensionadas para encajar dentro de la abertura definida por los rebordes superior e inferior de las primeras vigas en I.

45 La distancia entre las filas de las primeras vigas en I y las filas de las segundas vigas en I dependerá de factores tales como las dimensiones del reborde y del alma, los componentes de plástico del material compuesto y la carga

que deba ser soportada por el puente. Adicionalmente, el que los ejes dispuestos horizontalmente de las primeras o segundas vigas en I se extiendan en la dirección de recorrido del puente es cuestión del diseño de elección, lo cual puede depender totalmente o en parte de los factores arriba mencionados.

- 5 Dado que las segundas vigas en I están encajadas dentro de la abertura definida por los rebordes superior e inferior de las primeras vigas en I, las superficies superiores de las segundas vigas en I están rebajadas bajo las superficies superiores de las primeras vigas en I en una distancia que es al menos la dimensión de grosor del reborde superior de la primera viga en I. Por tanto, los puentes construidos de acuerdo con este aspecto de la presente invención incluirán adicionalmente una superficie de tablero sujeta a las primeras o segundas vigas en I. Las superficies de tablero preferidas están dimensionadas para ajustarse entre los rebordes superiores de las filas paralelas de las primeras vigas en I. Las superficies de tablero aún más preferidas tienen una dimensión de grosor seleccionada para proporcionar a la superficie de tablero una superficie superior que está nivelada esencialmente con las superficies superiores de las filas paralelas de las primeras vigas en I. Otras superficies de tablero preferidas se forman a partir de los materiales compuestos estructurales de plástico modular esencialmente planos de la presente invención que tienen lados ranurados y en forma de espiga entrelazados.
- 10
- 15 Los componentes modulares de la presente invención permiten la construcción de ensamblajes que soportan carga con menos sujetadores requeridos, reduciendo el coste inicial del puente, así como el coste a largo plazo de mantenimiento y sustitución de estos componentes sensibles a la corrosión. El material compuesto de plástico supera también en duración a la madera tratada y requiere significativamente menos mantenimiento que la madera a lo largo de su vida útil, contribuyendo adicionalmente a ahorros de costes.
- 20 Los objetos, características y ventajas de la presente invención que anteceden y otros, resultan evidentes más fácilmente a partir de la descripción detallada de las realizaciones preferidas que se exponen a continuación, tomadas en asociación con los dibujos adjuntos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS.

- La FIG. 1 representa una vista en sección transversal de una viga en I de acuerdo con la presente invención;
- 25 la FIG. 2 es una vista lateral de la viga en I de la FIG. 1, perpendicular a la vista en sección transversal;
- la FIG. 3 representa una vista en sección transversal de una viga en C de acuerdo con la presente invención;
- la FIG. 4 es una vista lateral de la viga en C de la FIG. 3, perpendicular a la vista en sección transversal;
- la FIG. 5 representa una vista en sección transversal de una viga en T de acuerdo con la presente invención;
- la FIG. 6 es una vista desde el fondo de la viga en T de la FIG. 5;
- 30 la FIG. 7 representa una vista en sección transversal de paneles de cubierta machihembrados de acuerdo con la presente invención;
- la FIG. 8 representa una vista lateral de un puente de acuerdo con la presente invención ensamblado a partir de las vigas en I de la presente invención;
- la FIG. 9 es una vista en corte desde arriba del puente de la FIG. 8; y
- 35 la FIG. 10 es una vista en corte desde arriba que representa la sujeción perpendicular de una viga en I más pequeña de acuerdo con la presente invención a una viga en I más grande de acuerdo con la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

- Los materiales compuestos estructurales de plástico modular de la presente invención se preparan utilizando la tecnología de mezcla co-continua de polímeros descrita en las patentes de EE.UU. n^{os} 5.298.214 y 6.191.228 para mezclas de una poliolefina de alta densidad y poliestireno, y en la patente de EE.UU. n^o 5.916.932 para mezclas de una poliolefina de alta densidad y materiales de fibra con recubrimiento termoplástico. Las descripciones de las tres patentes se incorporan aquí como referencia.
- 40

- Como se describe en la patente de EE.UU. n^o 6.191.228, se pueden emplear materiales compuestos que contienen desde alrededor de 20 hasta alrededor de 50% en peso de un componente de poliestireno que contiene al menos alrededor de 90% en peso de poliestireno y desde alrededor de 50 hasta alrededor de 80% en peso de un componente de poliolefina de alta densidad que contiene al menos alrededor de 75% en peso de polietileno de alta densidad (HDPE). Se prefieren materiales compuestos que contienen alrededor de 25% a alrededor de 40% en peso de un componente de poliestireno, y son aún más preferidos materiales compuestos que contienen alrededor de 30 a alrededor de 40% en peso de un componente de poliestireno. Se prefieren componentes poliolefinicos que contienen al menos alrededor de 80% en peso de HDPE, siendo aún más preferido un contenido de HDPE de al menos alrededor de 90% en peso.
- 45
- 50

De acuerdo con el proceso descrito por la patente de EE.UU. n° 5.916.932, este material compuesto puede mezclarse ulteriormente con fibras recubiertas de termoplástico que tienen una longitud mínima de 0,1 mm, de tal modo que el producto acabado contiene desde alrededor de 10 hasta alrededor de 80% en peso de las fibras recubiertas de termoplástico. La patente de EE.UU. n° 5.916.932 describe materiales compuestos que contienen desde alrededor de 20 hasta alrededor de 90% en peso de un componente polímero que está constituido al menos en un 80% en peso por HDPE y desde alrededor de 10 hasta alrededor de 80% en peso de fibras recubiertas de termoplástico.

Los materiales compuestos de poliolefina-poliestireno adecuados para uso con la presente invención exhiben un módulo de compresión de al menos $1,17 \times 10^9$ Pa (170.000 psi) y una resistencia a la compresión de al menos $17,2 \times 10^6$ Pa (2500 psi). Materiales compuestos de poliolefina-poliestireno preferidos exhiben un módulo de compresión de al menos $1,28 \times 10^9$ Pa (185.000 psi) y una resistencia a la compresión de al menos $20,7 \times 10^6$ Pa (3000 psi). Materiales compuestos de poliolefina-poliestireno más preferidos exhiben un módulo de compresión de al menos $1,38 \times 10^9$ Pa (200.000 psi) y una resistencia a la compresión de al menos $24,1 \times 10^6$ Pa (3.500 psi).

Los materiales compuestos que contienen fibras recubiertas de termoplástico de acuerdo con la presente invención exhiben un módulo de compresión de al menos $2,41 \times 10^9$ Pa (350.000 psi). El módulo de compresión exhibido por los materiales que contienen fibras preferidos es al menos $2,75 \times 10^9$ Pa (400.000 psi). Los materiales compuestos que contienen fibras recubiertas de termoplástico exhiben una resistencia a la compresión de al menos $27,5 \times 10^6$ Pa (4000 psi). La resistencia a la compresión exhibida por los materiales preferidos que contienen fibras es al menos $34,4 \times 10^6$ Pa (5.000 psi).

En la FIG. 1 se representa una vista en sección transversal de una viga en I 10 de acuerdo con la presente invención, mostrándose una vista lateral de la misma viga en I en la FIG. 2. La viga en I tiene una estructura tradicional consistente en una sección central de "alma" o "cuerpo" 20, un reborde superior 30, y un reborde inferior 40. Las secciones de reborde incluyen una sección saliente 50 que se extiende más allá de la anchura del alma 20. El frente del alma 60 forma una estructura que puede engranar con otras estructuras (v.g., vigas más pequeñas), como se describe adicionalmente más adelante. La anchura A de las secciones de reborde es significativamente mayor que la anchura B de la sección de alma. La altura C de las secciones de reborde es menor que la altura de las secciones de alma. A pesar de la poca altura de la sección de reborde y la anchura estrecha de la sección de alma, la viga en I es capaz de soportar estructuras pesadas y puede utilizarse en estructuras que soportan cargas, tales como puentes y similares.

En la FIG. 3 se representa una vista en sección transversal de una viga en C 12 de acuerdo con la presente invención, mostrándose una vista lateral de la misma viga en C en la FIG. 4. La viga en C tiene también una sección central de alma 20, un reborde superior 30 y un reborde inferior 40. Las secciones de reborde incluyen también una sección saliente 50 que se extiende más allá de la anchura del alma 20. El frente del alma 60 forma también una estructura que puede engranar con otras estructuras (v.g. vigas más pequeñas), como se describe adicionalmente más adelante.

En la FIG. 5 se representa una vista en sección transversal de una viga en T 15 de acuerdo con la presente invención, mostrándose una vista desde abajo de la misma viga en T en la FIG. 6. La viga en T tiene una estructura constituida por una sección central de alma 20 y un reborde superior 30, pero carece de reborde inferior. La sección de reborde incluye también una sección saliente 50 que se extiende más allá de la anchura del alma 20. El frente del alma 60 forma también una estructura que puede engranar con otras estructuras (v.g. vigas más pequeñas), como se describe adicionalmente más adelante.

La FIG. 7 muestra paneles de cubierta machihembrados ensamblados 100 y 150. El panel 100 incluye un extremo 110 que tiene un miembro en forma de espiga 120 y un extremo opuesto 130 que define una ranura 140. El panel 150 incluye un extremo 160 que tiene un miembro 170 en forma de espiga y un extremo opuesto 180 que define una ranura 190. El miembro 120 en forma de espiga del panel 100 se representa engranando de modo entrelazado la ranura 190 del panel 150. La ranura 140 del panel 100 es capaz también de engranar de modo entrelazado con un miembro en forma de espiga de otro panel.

Análogamente, el miembro 170 en forma de espiga del panel 150 es capaz de engranar con una ranura de otro panel. El extremo superior plano 125 del panel 100 y el extremo superior plano 175 del panel 150 pueden servir como superficie que soporta cargas o barrera cuando dichos paneles están ensamblados en una estructura.

La FIG. 8 ilustra una vista lateral y la FIG. 9 una vista en corte parcial desde arriba de una porción de un puente 200 para vehículos ensamblado a partir de los perfiles de construcción arriba descritos. En la estructura del puente, los extremos 211 y 212 de los rieles de vigas en I mayores respectivos 213 y 214 están asegurados a pilotes respectivos 216 y 217 por sujetadores (no representados). Los extremos opuestos respectivos de las vigas en I 220 y 221 están asegurados análogamente a pilotes respectivos 223 y 224. Los extremos 225, 226 y 227 de las viguetas en I más pequeñas 228, 229 y 230 están asegurados al frente 260 de la viga en I 213, estando los extremos respectivos opuestos 231, 232 y 233 de las tres vigas en I más pequeñas sujetos al frente 261 de la viga en I 214. Análogamente, los extremos 234, 235 y 236 de las viguetas en I más pequeñas 237, 238 y 239 están sujetos al frente 262 de la viga en I 214.

- La FIG. 10 es una vista en corte desde arriba que representa la sujeción del extremo 225 de la vigueta en I más pequeña 228 al frente 260 de la viga en I mayor 213 utilizando abrazaderas en forma de L 243 y 244 y sujetadores 245, 246, 247 y 248. La abrazadera 243 y los sujetadores 245 y 246 que sujetan el extremo 225 de la viga en I 228 al frente 260 de la viga en I 213 se representan también en la FIG. 8. La FIG. 8 muestra también la abrazadera 247 y los sujetadores 248 y 249 que sujetan el extremo 231 de la viga en I 228 al frente 261 de la viga en I 214.
- Las FIG. 8 y 9 muestran también el tablero del puente 270 formado por los paneles entrelazados 271 y 272 en los cuales la espiga 274 del panel 271 engrana de modo entrelazado la ranura 275 del panel 272. La espiga 276 del panel 272 engrana de modo entrelazado con la ranura 277, etc. Las superficies superiores respectivas 279 y 280 de los paneles 271 y 272 comprenden la superficie 290 de la cubierta 270 del puente.
- Los sujetadores adecuados son esencialmente convencionales, e incluyen, sin limitación, clavos, tornillos, espigas, pernos, y similares.
- Los procesos de moldeo descritos en las patentes de EE.UU. n^{os} 5.298.214, 5.916.932 y 6.191.228 pueden emplearse para formar los perfiles de materiales compuestos estructurales de plástico modular de la presente invención. Sin embargo, dado que los artículos que se forman tienen una sección transversal irregular en comparación con las vigas que tienen secciones transversales rectangulares que se moldearon anteriormente, las mezclas de material compuesto se extruyen preferiblemente en moldes en un extrusor forzado, por ejemplo de alrededor de $6,2 \times 10^6$ a alrededor de $8,3 \times 10^6$ Pa (alrededor de 900 a alrededor de 1200 psi), para compactar sólidamente los moldes y prevenir la formación de huecos. Análogamente, puede ser necesario aplicar fuerza a lo largo del eje horizontal de la viga, utilizando por ejemplo un cilindro hidráulico que se extienda a lo largo del eje horizontal, a fin de retirar de sus moldes los perfiles modulares enfriados.
- Las vigas en I de material compuesto de poliolefina y poliestireno de acuerdo con la presente invención que tienen un área de sección transversal de 61 pulgadas cuadradas (393 cm^2) exhiben un momento de inercia de 900 in^4 (37.500 cm^4). Las vigas en I de material compuesto de poliolefina-poliestireno de acuerdo con la presente invención que tienen un área de sección transversal de 119 pulgadas cuadradas (768 cm^2) exhiben un momento de inercia de 4628 in^4 (192.617 cm^4). Esto representa el mayor momento de inercia producido jamás por un material termoplástico para cualquier estructura, y es comparable con los momentos de inercia medidos entre 257 y 425 in^4 (10.696 y 17.688 cm^4) para vigas de madera de sección transversal rectangular que tengan un área de sección transversal de 63 pulgadas cuadradas (406 cm^2) y momentos de inercia medidos entre 144 y 256 in^4 (5.993 y 10.655 cm^4) para vigas de madera de sección transversal rectangular que tengan un área de sección transversal de 48 pulgadas cuadradas (310 cm^2). El resultado final es que un puente de material compuesto de poliolefina-poliestireno que habría pesado 54.431 kg (120.000 libras) para la tasa de carga requerida si se preparase a partir de materiales compuestos de sección transversal rectangular, pesa en su lugar apenas 13.607 kg (30.000 libras) cuando se prepara a partir de las vigas en I de la presente invención.
- Los materiales compuestos estructurales de plástico modular de la presente invención representan por tanto los materiales estructurales no degradables más eficaces en costes preparados hasta la fecha, teniendo propiedades mecánicas satisfactorias. La presente invención hace posible la preparación de subestructuras con tasas de carga dadas a partir de cantidades de materiales reducidos a niveles desconocidos hasta ahora.

REIVINDICACIONES

1. Un material compuesto estructural de plástico modular que comprende una sección de alma dispuesta a lo largo de un eje horizontal y al menos una sección de reborde dispuesta a lo largo de un eje horizontal paralelo a aquél y moldeado integralmente para engranar con la superficie superior o inferior de dicha sección de alma, en el que:
- 5 la dimensión vertical (grosor) de la sección de reborde es la décima parte a la mitad del tamaño de la dimensión vertical de la sección de alma sin ninguna sección o secciones de reborde, y la anchura de la sección o secciones de reborde medida perpendicularmente al eje horizontal de la sección de reborde es dos a diez veces el tamaño de la dimensión de la anchura de la sección de alma medida perpendicularmente al eje horizontal de la sección de alma; y
- 10 dicho material compuesto está formado a partir de (A) una mezcla de polímero inmiscible co-continua de una poliolefina de alta densidad y (B) un material de fibra recubierto de termoplástico.
2. El material compuesto de plástico modular de la reivindicación 1, caracterizado por ser una viga en I, una viga en C o una viga en T.
3. Un material compuesto estructural de plástico modular esencialmente plano que comprende un lado ranurado y un lado en forma de espiga moldeado integralmente, siendo cada lado perpendicular al plano del material compuesto, en el cual el material compuesto está formado por una mezcla co-continua inmiscible de polímeros de una poliolefina de alta densidad y un material de fibra recubierto de termoplástico; en el que el lado ranurado define una ranura y el lado en forma de espiga está dimensionado para engranar de modo entrelazado con una ranura que tiene las dimensiones de la ranura definidas por el lado ranurado, y el lado en forma de espiga
- 15 están dimensionados de tal manera que una pluralidad de los materiales compuestos estructurales de plástico modular esencialmente planos pueden estar ensamblados de modo entrelazado para distribuir una carga recibida por un miembro del ensamblaje entre otros miembros del ensamblaje.
- 20 4. El material compuesto de plástico modular plano de la reivindicación 3, que comprende al menos un par de lados paralelos opuestos ranurados y en forma de espiga, que definen entre ellos una dimensión de anchura o longitud del material compuesto.
- 25 5. El material compuesto de plástico modular plano de la reivindicación 4, en el que dicha dimensión de anchura tiene entre dos y diez veces el tamaño de la dimensión de altura del material compuesto.
6. El material compuesto estructural de plástico modular de la reivindicaciones 1 a 5, en el que dicha poliolefina de alta densidad es polietileno de alta densidad (HDPE).
- 30 7. El material compuesto de plástico modular de la reivindicaciones 1 a 6, en el que dicho material de fibra recubierto de termoplástico es una fibra de carbono o de vidrio recubierta de termoplástico.
8. El material compuesto de plástico modular de la reivindicaciones 1 a 7, en el que dicho material compuesto comprende de 20 a 90% en peso de un componente polímero que tiene al menos 80% en peso de HDPE y de 10 a 80% en peso de fibras recubiertas de termoplástico.
- 35 9. El material compuesto de plástico modular de la reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por exhibir un módulo de compresión de al menos $2,41 \times 10^9$ Pa (350.000) y una resistencia a la compresión de al menos $27,6 \times 10^6$ Pa (4000 psi).
10. Un puente construido a partir de las vigas en I de la reivindicación 2, que comprende una pluralidad de filas paralelas soportadas por pilares de primeras vigas en I mayores, y una pluralidad de segundas vigas en I más pequeñas dispuestas paralelamente entre sí y sujetas perpendicularmente a y entre las filas adyacentes de las primeras vigas en I mayores, en el que las superficies superior e inferior de los segundos rebordes de las vigas en I están dimensionadas para encajar dentro de la abertura definida por los rebordes superior e inferior de las primeras vigas en I.
- 40 11. Un puente de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende adicionalmente una superficie de tablero sujeta a las primeras o segundas vigas en I.
- 45 12. Un puente de acuerdo con la reivindicación 11, en el que dicha superficie de tablero está dimensionada para ajustarse entre los rebordes superiores de las filas paralelas de las primeras vigas en I, y dicha superficie de tablero tiene una dimensión de grosor seleccionada para proporcionar a la superficie de tablero una superficie superior que está nivelada esencialmente con las superficies superiores de las filas paralelas de las primeras vigas en I.
- 50 13. Un puente de acuerdo con la reivindicación 11 o reivindicación 12, en el que dicha superficie de tablero está formada por una pluralidad de paneles estructurales de material compuesto de plástico modular esencialmente planos que comprenden un lado ranurado y un lado en forma de espiga moldeado integralmente paralelo al lado ranurado, siendo cada lado perpendicular al plano del panel de material compuesto y a la dirección de recorrido, en el que cada panel de material compuesto está formado por una mezcla co-continua inmiscible de polímeros de poliolefina de alta densidad y un material de fibra recubierto de termoplástico; y para cada panel de material

- 5 compuesto, el lado ranurado define una ranura, y el lado en forma de espiga está dimensionado para engranar de modo entrelazado con una ranura que tiene las dimensiones de la ranura definida por el lado ranurado, de tal modo que dicha pluralidad de paneles de material compuesto forman un ensamblaje entrelazado en el cual los paneles adyacentes están unidos de modo machihembrado; y el lado ranurado y el lado en forma de espiga de cada panel están dimensionados de tal manera que una pluralidad de materiales compuestos estructurales de plástico modular esencialmente planos se ensamblan de modo entrelazado para distribuir una carga recibida por un miembro del ensamblaje entre otros miembros de ensamblaje.

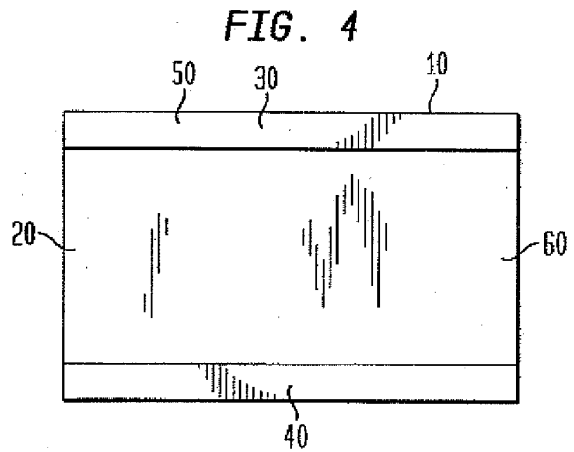
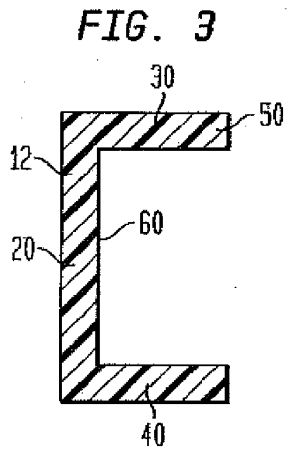
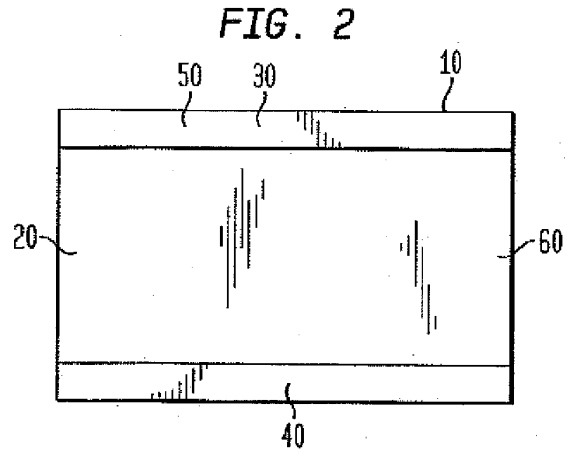
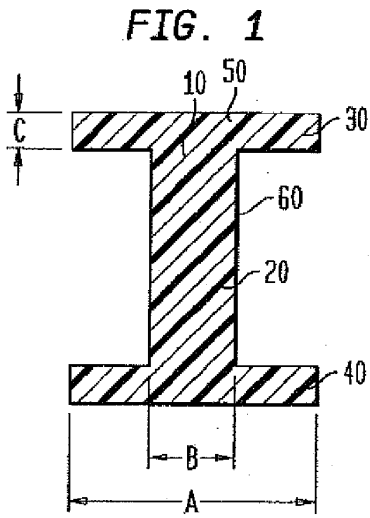


FIG. 5

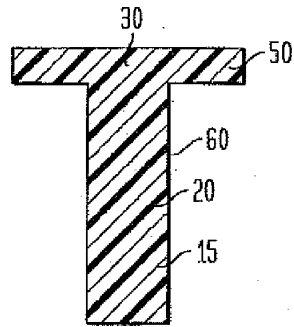


FIG. 6

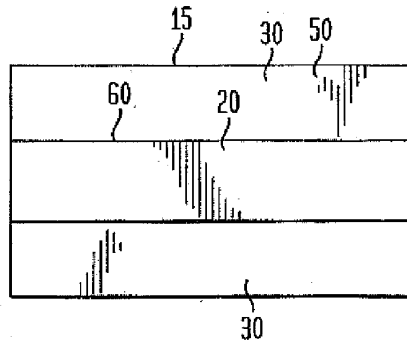


FIG. 7

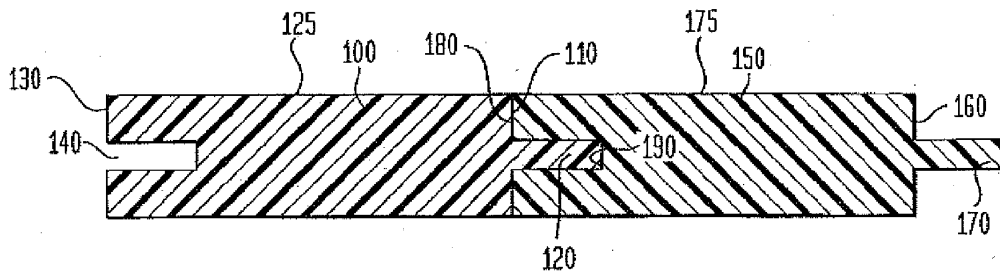
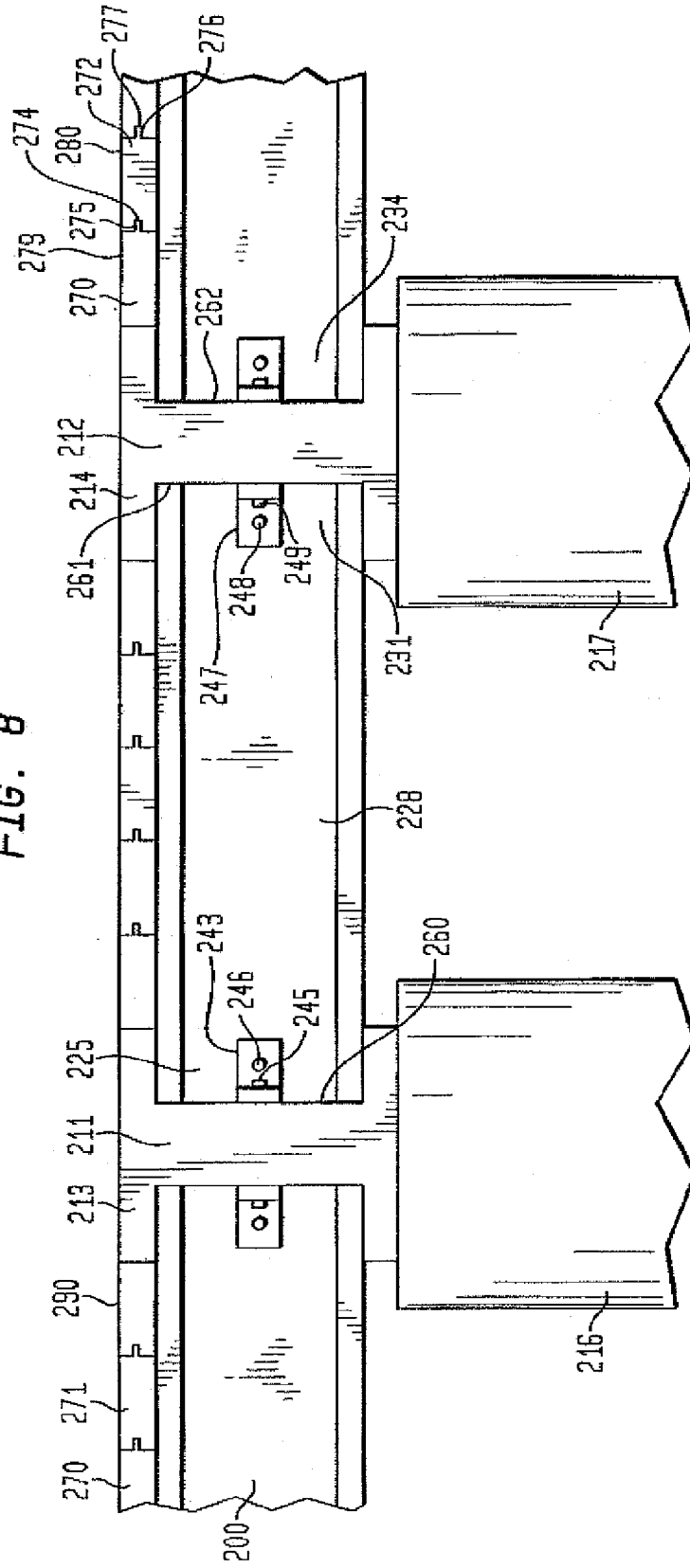


FIG. 8



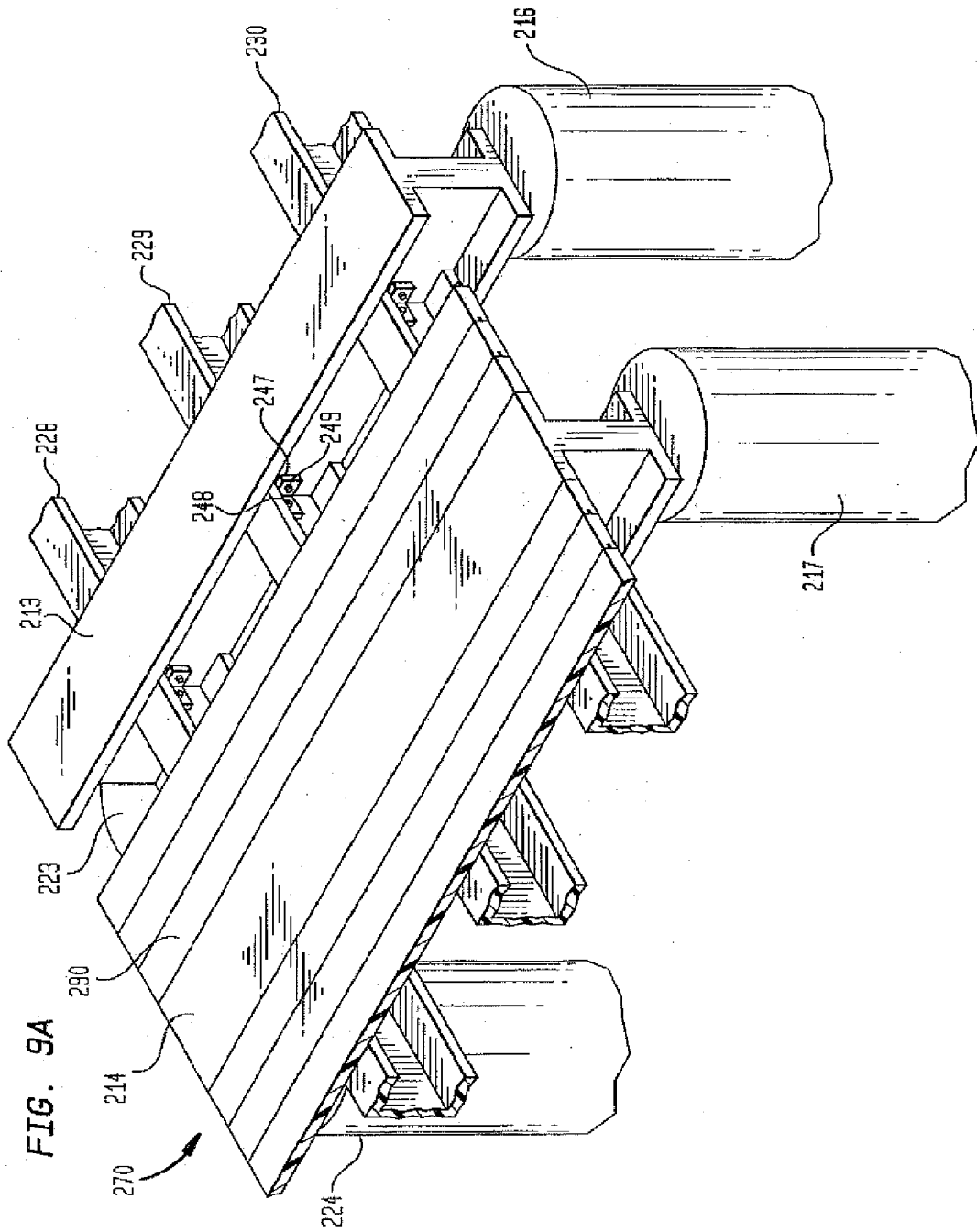


FIG. 9A

FIG. 9B

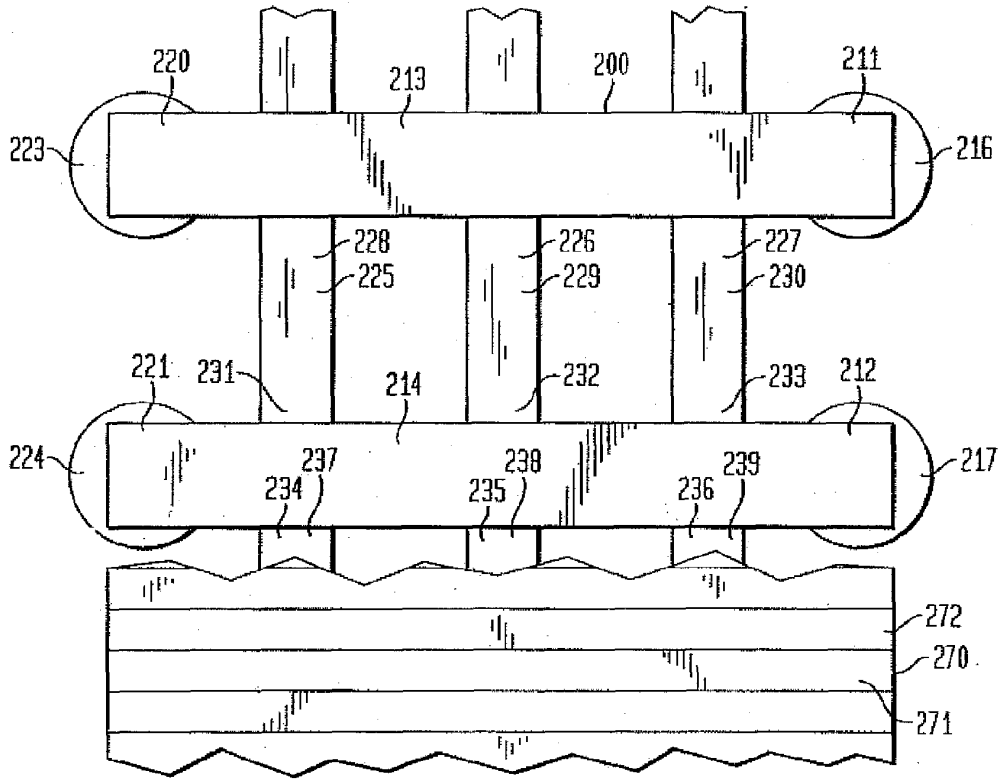


FIG. 10

