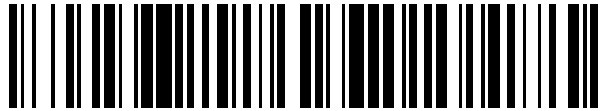


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 465 579**

51 Int. Cl.:

B32B 3/26

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2004 E 04801885 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.05.2014 EP 1617993**

54 Título: **Núcleos y paneles compuestos reforzados con fibras**

30 Prioridad:

28.03.2003 US 458475 P

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

06.06.2014

73 Titular/es:

**MILLIKEN & COMPANY (100.0%)
920 Milliken Road
Spartanburg, SC 29303 , US**

72 Inventor/es:

**DAY, STEPHEN, W.;
CAMPBELL, G., SCOTT;
TILTON, DANNY, E.;
STOLL, FREDERICK;
SHEPPARD, MICHAEL y
GALLOWAY, PAUL, L.**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 465 579 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

Núcleos y paneles compuestos reforzados con fibras

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere a estructuras compuestas de panel emparedado o sándwich que comprenden material celular de baja densidad reforzado con fibras, resina, refuerzos de revestimiento fibrosos y no fibrosos, y en particular a configuraciones estructurales mejoradas, métodos mejorados de impregnación de resina y métodos de producción.

Antecedentes de la invención

10 Paneles estructurales emparedados que tienen núcleos compuestos de material de células cerradas de baja densidad, tales como material de espuma de plástico de células cerradas, y revestimientos opuestos compuestos de esterillas o tejidos de refuerzo fibrosos en una matriz de resina curada, han sido utilizados durante muchas décadas en la construcción de una amplia variedad de productos, por ejemplo cascos de barcos y remolques refrigerados. El núcleo de espuma sirve para separar y estabilizar los revestimientos estructurales, resistir cargas de cizallamiento y de compresión y proporcionar aislamiento térmico.

15 El comportamiento estructural de paneles de emparedamiento que tienen núcleos de espuma puede ser claramente mejorado proporcionando una estructura de miembros de refuerzo fibrosos dentro del núcleo de espuma tanto para reforzar el núcleo como mejorar la unión de núcleo a los revestimientos del panel, por ejemplo como se describe en la Patente U. S. No. 5.834.082 del solicitante. Cuando los refuerzos porosos y fibrosos se introducen dentro del núcleo de espuma de células cerradas y se aplica un tejido o esterilla de refuerzo de revestimiento poroso y fibroso a cada cara del núcleo, se puede hacer fluir resina adhesiva, tal como poliéster, éster de vinilo o resina epoxídica, a través de la totalidad del revestimiento poroso y de los refuerzos del núcleo por medio de presión diferencial, por ejemplo bajo una bolsa de vacío. Mientras se impregnan los refuerzos fibrosos, la resina no satura el núcleo de espuma de plástico debido a su composición de células cerradas. Entonces la resina se cura conjuntamente a través de toda la estructura reforzada para proporcionar un panel monolítico robusto.

25 Es deseable producir paneles emparedados de rendimiento o comportamiento estructural mejorado aumentando las conexiones estructurales y el soporte entre miembros de refuerzo dentro del núcleo de espuma y entre el núcleo y los revestimientos del panel. Esto es deseable con el fin de resistir las cargas de alabeo en los miembros de refuerzo, para evitar el desprendimiento prematuro de los miembros de refuerzo uno de otro y de los revestimientos bajo carga, y proporcionar múltiples trayectorias de carga para la distribución de las fuerzas aplicadas al panel. A este respecto, los productos existentes de núcleos reforzados con fibras ofrecen importantes mejoras sobre la espuma no reforzada, pero fracasan al pretender integrar completamente los elementos de refuerzo separados del núcleo en una estructura unificada e interiormente soportada. Por ejemplo, en una configuración a modo de parrilla de bandas del tipo de láminas de refuerzo fibrosas, en las cuales un conjunto de bandas continuas es intersectado por un segundo conjunto de bandas interrumpidas o discontinuas, las bandas se soportan entre sí contra el alabeo. Sin embargo, bajo severas condiciones de carga, las bandas discontinuas tienden a fallar en la unión de resina adhesiva a las bandas continuas a lo largo de su estrecha línea de intersección. Esta tendencia puede ser notablemente reducida disponiendo ranuras en chaflán llenas de resina, en la espuma, a lo largo de las líneas de intersección según se describe en la patente anteriormente mencionada. Además, puesto que las fibras de refuerzo de bandas interrumpidas terminan en cada intersección con una banda continua, la contribución estructural de esas fibras es esencialmente menor que la de las fibras de las bandas continuas.

40 En el caso de refuerzos de núcleo del tipo de puntal o barra que comprenden mechas de fibras de vidrio o de fibra de carbono que se extienden entre las caras del núcleo, los puntales individuales dentro de una fila dada de puntales pueden intersectarse entre sí en una configuración de red. Esto proporciona soporte para alabeo a cada puntal, pero sólo en el plano de la fila de puntales. Para conseguir soporte bidireccional, los puntales de una primera fila deben extenderse a través de los filamentos de puntales de una fila de intersección. Esto requiere dificultad y niveles costosos de exactitud y control en el tratamiento con máquina, ya que todos los puntales deben estar posicionados con precisión en tres dimensiones.

45 Como un documento más de la técnica anterior, US 2001/0031350 A1 se refiere a un núcleo reforzado con fibras que tiene bandas porosas y fibrosas alargadas y/o mechas que se extienden a través del interior de la espuma. En una realización, una tira de espuma de refuerzo comprende una pluralidad de bloques o piezas de plástico en espuma separadas por láminas de material de refuerzo fibroso a modo de banda, tal como tejido o esterilla de fibras de vidrio o fibras de carbono. Los trozos de espuma y bandas de refuerzo se conectan adhesivamente entre sí para facilitar el tratamiento y el manejo.

Sumario de la invención

55 La presente invención proporciona un panel de núcleo reforzado con fibras de acuerdo con la reivindicación 1. Realizaciones preferidas adicionales se mencionan en las reivindicaciones dependientes.

Los paneles emparedados que comprenden mechas arrolladas helicoidalmente que se superponen y retienen mechas axiales que han sido sustituidas por refuerzos de tejido de revestimiento son efectivos y resisten la exfoliación del revestimiento, incluso si los revestimientos no están cosidos a través del núcleo. Esto es muy útil en zonas de espesores de núcleo no uniformes, por ejemplo en escalonamientos descendentes y estrechamientos de los bordes del panel, los cuales están expuestos a exfoliación debido a las cargas de pandeo o de tracción en los revestimientos.

La presente invención incluye varias variantes útiles del panel de núcleo reforzado que tienen resistencia de núcleo bidireccional y en el que todos los miembros de refuerzo del núcleo son proporcionados por medio de un proceso de arrollamiento helicoidal. En la mayoría de las realizaciones económicas, un panel de núcleo unidireccional compuesto de tiras de espuma arrolladas paralelas es cortado en una dirección perpendicular al eje de las tiras en segundas tiras uniformes, que son a continuación giradas 90 grados y consolidadas para formar un segundo panel de núcleo unificado. Las mechas originales arrolladas helicoidalmente se extienden a continuación entre las caras del panel de núcleo como segmentos de mecha separados a modo de puntales cuyas partes extremas terminan adyacentes a las caras del núcleo. Esta estructura de núcleo proporciona resistencia al cizallamiento bidireccional y elevada resistencia a la compresión, pero resistencia reducida a la unión del núcleo a los revestimientos del panel. La unión de los revestimientos puede ser mejorada arrollando helicoidalmente las segundas tiras antes de su consolidación, para proporcionar capas de refuerzos arrolladas que se extienden continuamente entre las tiras de espuma y a través de las caras del panel de núcleo adyacentes a los revestimientos. Dependiendo de las propiedades estructurales deseadas, las segundas tiras arrolladas pueden ser orientadas, antes de la consolidación, para proporcionar capas duplicadas de mechas ya sea entre, o adyacentes a, los revestimientos. Los paneles de núcleo bidireccionales pueden estar también provistos de filas paralelas de mechas continuas que estén insertadas en hendiduras en las caras de los paneles de núcleo para formar miembros de soporte entre las bandas de refuerzo del núcleo para revestimientos de panel delgados. El soporte de revestimiento entre bandas de refuerzo arrolladas puede ser dispuesto en núcleos unidireccionales arrollando pares de tiras de espuma que hayan sido provistos de bandas de refuerzo entre las tiras antes del arrollamiento.

Una importante ventaja de todos los núcleos bidireccionales descritos aquí es que las bandas de refuerzo que se intersecan se estabilizan entre sí contra pandeo bajo carga hacia tiras de espuma adyacentes de baja densidad y baja resistencia. Se puede mejorar la resistencia al pandeo de las bandas en núcleos unidireccionales aumentando la anchura efectiva de la banda disponiendo una tira espaciadora, por ejemplo plástico de espuma de elevada densidad, entre tiras de espuma adyacentes arrolladas. En una forma económica de panel de núcleo unidireccional, tiras de espuma arrollada con mechas alternan con tiras de espuma planas, permitiendo de ese modo duplicar la producción del panel para una cantidad dada de producción de la máquina de arrollamiento. Para estabilizar las bandas contra el pandeo en esta realización, la tira espaciadora está dispuesta entre las capas arrolladas opuestas en lados opuestos de cada tira arrollada. Las tiras unidireccionales pueden ser modificadas para proporcionar resistencia bidireccional proporcionando tiras en serpentina o de otra configuración en la que los bordes de las tiras no sean paralelos y proporcionen de ese modo propiedades estructurales en direcciones distintas a la dirección general de la tira. Pueden ser producidos económicamente paneles de núcleo que comprendan tiras de todas las configuraciones y que incorporen resina termoplástica aplicando fibras de refuerzo y materiales termoplásticos de bajo coste a las tiras como componentes separados para subsiguiente consolidación bajo calor y presión.

Se puede mejorar el comportamiento estructural de las tiras arrolladas helicoidalmente disponiendo mechas que se extiendan axialmente a lo largo de las esquinas de las tiras y por debajo de las mechas arrolladas. Esta adición hace que la banda de refuerzo a cada lado de cada tira de espuma adopte la forma general de una vigueta de celosía que tiene cordones superior e inferior que están separados por miembros de cizallamiento a modo de barras. Esta estructura es más resistente al impacto, y las mechas axiales pueden permitir el uso de menos fibra de refuerzo en los revestimientos de panel. Las tiras individuales así construidas pueden ser usadas como miembros estructurales discretos, por ejemplo columnas o vigas de caja, cuyo comportamiento puede ser mejorado adicionalmente proveyendo a las tiras de miembros de refuerzo transversales y disponiendo mechas axiales adicionales entre las esquinas de las tiras.

La eficacia estructural de ciertos paneles que comprenden tiras arrolladas se puede mejorar variando el régimen de velocidad de la tira a través del aparato de arrollamiento de mechas, con el fin de variar el ángulo y la densidad de los refuerzos arrollados a lo largo de la longitud de las tiras de espuma. Esto puede proporcionar resistencia mejorada a la compresión para el panel en puntos de soporte de carga, o resistencia al cizallamiento del núcleo que está proyectado para contrarrestar las cargas de cizallamiento previstas a lo largo de la longitud del panel.

Las cargas de cizallamiento en paneles de núcleo que comprenden tiras de espuma arrolladas unidireccionalmente pueden ser transferidas a los extremos de las tiras, y por lo tanto a los refuerzos de panel que se intersecan, espaciando continuamente tiras de espuma durante el proceso de arrollamiento o plegando las tiras hacia atrás y adelante antes de consolidarlas para formar un panel de núcleo. Esto posiciona las mechas arrolladas de los segmentos espaciados a través de extremos opuestos de las tiras de espuma y proporciona una conexión estructural robusta a los refuerzos de los bordes del panel o a paneles de núcleo adyacentes. También puede ser deseable producir paneles emparedados de configuración generalmente cilíndrica u otra y que tengan refuerzos de panel de núcleo continuos que no terminen en juntas de núcleo y eviten por ello discontinuidades estructurales. Esta realización puede ser utilizada, por ejemplo, para formar carcasas de motor de reacción a chorro, que están

5 diseñadas para resistir impactos de energía muy elevada mientras mantienen la integridad general de la carcasa. El panel de núcleo es producido arrollando helicoidalmente mechas de refuerzo alrededor de una tira de espuma continua, envolviendo a continuación la tira helicoidalmente alrededor de un mandril cilíndrico. Se pueden disponer mechas axiales continuas por debajo de las mechas arrolladas para resistencia de zuncho o circunferencial adicional y resistencia al impacto.

10 En una realización útil de la presente invención, tubos de pared delgada sustituyen a las tiras de espuma sobre las que están arrolladas mechas de refuerzo. Los tubos pueden consistir en material de bajas propiedades estructurales, por ejemplo, papel hecho rígido, o de elevadas propiedades estructurales, por ejemplo rollo formado de aluminio extrudido, preferiblemente tratado para fuerte adherencia a las resinas usadas como la matriz para los refuerzos fibrosos. Esta realización es útil cuando es deseable disponer de una estructura hueca, o eliminar el peso del núcleo macizo de baja densidad, o incorporar las propiedades estructurales del material tubular al panel.

15 Otros medios de mejorar la resistencia al impacto de paneles emparedados que comprenden núcleos arrollados helicoidalmente y resinas termoendurecibles es incorporar resinas termoplásticas, que son en general esencialmente menos quebradizas que las resinas curables por calor o termoendurecibles, en las partes exteriores de los revestimientos del panel. Esto puede realizarse mediante diversos medios. Puede ser calentada una película termoplástica para que fluya hacia la parte exterior de la esterilla o tejido de refuerzo fibroso, dejando la parte interior porosa, para impregnación subsiguiente con la resina curable por calor usada para impregnar los refuerzos del núcleo. Si se desea, puede ser sustituida por la película termoplástica una capa de tejido compuesta de fibras de vidrio y fibras termoplásticas mezcladas. El tejido mezclado es calentado para formar una superficie exterior termoplástica reforzada y para que fluya la resina termoplástica parcialmente a través del espesor de la esterilla de refuerzo interior. Todavía en otra realización, se puede colocar revestimiento de tejido mezclado adyacente al núcleo reforzado e impregnarlo sin la aplicación de calor, de manera que tanto la fibra de vidrio como las fibras termoplásticas del revestimiento sean impregnadas por la resina curable por calor utilizada para impregnar el núcleo.

20

Breve descripción de los dibujos

- 25 La figura 1 es una vista fragmentada en perspectiva de un panel compuesto de núcleo de espuma reforzado.
- La figura 2 es una sección fragmentada de un panel compuesto de núcleo de espuma reforzado, construido de acuerdo con otra realización.
- La figura 3 es una sección fragmentada de otra realización de un panel compuesto de núcleo de espuma reforzado.
- La figura 4 es una sección fragmentada de otra realización de un panel compuesto de núcleo de espuma reforzado.
- 30 La figura 5 es una sección fragmentada de otra realización de un panel compuesto de núcleo de espuma reforzado.
- La figura 6 es una sección fragmentada de otra realización de un panel compuesto de núcleo de espuma reforzado, con una parte central arrancada;
- La figura 7 es una sección fragmentada tomada generalmente por la línea 7-7 de la figura 6 y con una parte central arrancada;
- 35 La figura 8 es una sección fragmentada de otra realización de un panel compuesto de núcleo de espuma reforzado.
- La figura 9 es una vista fragmentada en perspectiva de un panel compuesto de núcleo de espuma reforzado, construido de acuerdo con otra realización.
- La figura 10 es una vista fragmentaria en perspectiva de un panel compuesto de núcleo de espuma reforzado, construido de acuerdo con otra realización.
- 40 La figura 11 es una vista fragmentada en perspectiva de un panel compuesto de núcleo de espuma reforzado, construido de acuerdo con una modificación.
- La figura 12 es una vista esquemática de un aparato para producir tiras de espuma envueltas con fibras arrolladas.
- La figura 13 es una vista fragmentada en perspectiva de una tira de espuma envuelta con fibras arrolladas.
- La figura 14 es una vista fragmentada en perspectiva de un panel compuesto de núcleo de espuma reforzado.
- 45 La figura 15 es una vista esquemática de un aparato para producir paneles de núcleo de espuma reforzado con fibras.
- La figura 16 es una vista fragmentada en perspectiva de un componente de espuma reforzado construido.
- La figura 17 es una vista fragmentada en perspectiva de un componente de espuma reforzado que utiliza el componente de la figura 16;

La figura 18 es una vista fragmentada en perspectiva de un núcleo de espuma reforzado y que utiliza el componente de la figura 17;

La figura 19 es una vista fragmentada en perspectiva de otra realización de un núcleo de espuma reforzado construido;

5 La figura 20 es una vista fragmentada en perspectiva de un panel de núcleo construido de acuerdo con una modificación;

La figura 21 es una parte fragmentada ampliada de la figura 20;

La figura 22 es una vista fragmentada en perspectiva de una sección cortada del panel mostrado en la figura 20;

10 La figura 23 es una vista fragmentada en perspectiva de un panel de núcleo formado con las tiras mostradas en la figura 22 y parcialmente en despiece ordenado;

La figura 24 es una vista en perspectiva de la tira mostrada en la figura 22 con mechas arrolladas helicoidalmente, de acuerdo con la presente invención;

La figura 25 es una vista en perspectiva ampliada de una parte de la tira arrollada mostrada en la figura 24;

15 La figura 26 es una vista fragmentada en perspectiva de un panel de núcleo construido con tiras como se muestra en la figura 24;

La figura 27 es una vista fragmentada en perspectiva de un panel de núcleo construido con tiras mostradas en la figura 24 de acuerdo con una modificación;

La figura 28 es una vista fragmentada en perspectiva de una tira de núcleo formada de acuerdo con otra modificación;

20 La figura 29 es una vista en perspectiva ampliada de una parte de la tira de núcleo mostrada en la figura 28;

La figura 30 es una vista fragmentada en perspectiva de un panel de núcleo construido usando tiras de núcleo como se muestra en la figura 28;

La figura 31 es una vista fragmentada en perspectiva de un panel de núcleo formado de acuerdo con otra modificación;

25 La figura 32 es una vista fragmentada en perspectiva de un panel de núcleo construido de acuerdo con otra modificación;

La figura 33 es una vista fragmentada en perspectiva de una tira de núcleo formada de acuerdo con una modificación;

30 La figura 34 es una vista fragmentada en perspectiva de otro panel de núcleo formado de acuerdo con una modificación;

La figura 35 es una vista fragmentada en perspectiva de un conjunto de núcleo anular formado arrollando helicoidalmente una tira de núcleo construida;

La figura 36 es una vista fragmentada en perspectiva de un panel de núcleo formado de tiras de núcleo tubulares, cada una de las cuales tiene mechas arrolladas helicoidalmente y formadas de acuerdo con una modificación;

35 La figura 37 es una vista fragmentada en perspectiva de una tira de núcleo construida de acuerdo con otra modificación más;

La figura 38 es una vista fragmentada en planta de un panel de núcleo formado con la tira de núcleo mostrada en la figura 37;

40 La figura 39 es una vista fragmentada en perspectiva de un panel de núcleo formado de acuerdo con otra modificación; y

La figura 40 es una vista fragmentada en perspectiva de un panel formado de acuerdo con otra modificación.

Descripción de las realizaciones preferidas

45 La figura 1 ilustra un panel estructural 30 emparedado, compuesto, que puede ser utilizado, por ejemplo, como el suelo de una cabina de camión de carretera, el casco o cuaderna de un barco, el techo de un edificio de fábrica, o como cubierta de puente para vehículos o peatones. El panel 30 comprende un núcleo 31 de espuma de plástico de células cerradas, reforzado con fibras, y revestimientos opuestos 32 reforzados con fibras. El núcleo 31 de espuma

comprende una pluralidad de tiras 33 de espuma, cuyas propiedades estructurales son insuficientes para resistir cargas en el núcleo que corresponderían a cargas para las cuales están diseñados los revestimientos 32.

5 Las fibras de refuerzo del núcleo, que son seleccionadas para comunicar al núcleo las propiedades estructurales requeridas, son fibra de vidrio o fibra de carbono u otras fibras de refuerzo. En una dirección, las fibras de refuerzo comprenden una pluralidad de láminas o bandas paralelas 34, de tejido o esterilla porosa, fibrosa, que se extienden entre las caras del núcleo 31 y que han sido unidas adhesivamente a una cara de cada tira 33 de espuma mientras mantienen porosidad notable en el material de banda. Si se desea, las bandas 34 pueden incorporar refuerzos que comprendan una pluralidad de mechas individuales aplicadas adhesivamente a placas de espuma (no mostradas) de las cuales se cortan las tiras 33. En una dirección cruzada, generalmente perpendicular a las bandas 34, las fibras de refuerzo del núcleo comprenden una pluralidad de filas paralelas de barras o puntales separados 35, que se extienden entre las caras del núcleo y están hechos de haces o manojos de mechas de filamentos de refuerzo porosos.

15 Cada fila de puntales comprende una pluralidad de puntales 35 inclinados según ángulos agudos opuestos, por ejemplo de +58 grados y -58 grados o +45 grados y -45 grados, con respecto a los revestimientos del panel. Los dos conjuntos de puntales opuestos de cada fila se sitúan en el mismo plano y se intersecan entre sí para formar una estructura de tipo triangulado o de celosía. El diámetro y la separación de los puntales 35 dentro de una fila de puntales se determinan mediante consideraciones estructurales, pero están comúnmente en el intervalo de 0,25 mm a 3,05 mm (0,01 pulgadas a 0,12 pulgadas) de diámetro y de 6,35 mm a 50,8 mm (0,25 pulgadas a 2,0 pulgadas) de separación. En algunos casos los puntales exceden de 12,7 mm (0,50 pulgadas) de diámetro y de 177,8 mm (7,0 pulgadas) de separación. Las filas de puntales 35 están generalmente espaciadas por 12,7 mm a 25,4 mm (0,5 pulgadas a 1,0 pulgadas). Las tiras o piezas 33 de espuma de células cerradas pueden ser de poliuretano, poli(cloruro de vinilo), poliestireno, fenólicas, de polietileno, polimetacrilimida o de otro material de espuma que tenga las propiedades deseadas para una aplicación concreta. Normalmente, la densidad de la espuma es pequeña, en el intervalo de 33,55 kilogramos a 117,44 kilogramos por metro cúbico (de 2 a 5 libras por pie cúbico), pero se pueden utilizar densidades mucho mayores cuando sea apropiado.

30 Como se muestra en la figura 1, los puntales 35 intersecan las bandas 34, y las fibras que comprenden los puntales se extienden a través de las fibras que comprenden las bandas. Puesto que las mechas fibrosas que comprenden los puntales son insertadas en el núcleo de espuma y a través de las bandas en una operación de cosido, los filamentos se comprende los puntales pasan a través de los filamentos de las bandas sin romper ningún conjunto de filamentos, de manera que permanece intacta la continuidad de todos los elementos de la estructura de refuerzo del núcleo. En una realización preferida, los revestimientos 32 del panel comprenden revestimientos interiores 36 y revestimientos exteriores 37. Las partes extremas 38 de los puntales de refuerzo 35 se extienden también a través de los revestimientos interiores 36 y se doblan lateralmente para superponerse a los revestimientos interiores 36. Los revestimientos interiores 36 son cubiertos por revestimientos exteriores 37 antes de moldear al panel 30 con resina. Los puntales se unen de ese modo mecánicamente a los revestimientos, proporcionando elevada resistencia a la exfoliación o separación de los revestimientos 32 del núcleo 31 bajo carga. Si se desea, las partes extremas de mechas de puntales pueden terminar adyacentes a las caras del núcleo reforzado 31.

40 Los refuerzos porosos y fibrosos tanto del núcleo como de los revestimientos están impregnados o infundidos con resina adhesiva que fluye, preferiblemente bajo presión diferencial, a través de la totalidad de materiales de refuerzo y se cura para formar una estructura rígida, de soporte de carga. Antes de que el panel 30 sea moldeado y curado, los revestimientos interiores 36 y las tiras de espuma 33, con sus bandas unidas 34, son retenidos juntos como una estructura unitaria por la fricción causada por la presión de la espuma de plástico y de las fibras de revestimiento contra las fibras de mecha que forman los puntales 35, así como por los segmentos o partes extremas de mechas que se superponen a los revestimientos del panel. Aunque las dimensiones del núcleo 30 pueden variar ampliamente para aplicaciones concretas, tamaños de núcleo prácticos incluyen, por ejemplo, de 6,275 mm a 127 mm (0,25 pulgadas a 5,0 pulgadas) de grosor y de 60 cm a 240 cm (2 pies a 8 pies) de anchura x 60 cm a 1200 cm (2 pies a 40 pies) de longitud. Los núcleos son generalmente producidos en longitudes continuas y cortados a la longitud deseada. Para moldear paneles emparedados que sean de área mayor que un único núcleo reforzado construido de acuerdo con la presente invención, se pueden disponer dos o más núcleos uno junto a otro en el molde antes de la introducción de resina.

55 Las cargas de cizallamiento en el núcleo 31 son resistidas en una dirección principalmente por los puntales 35 y en la dirección transversal principalmente por las bandas 34. Además, se consigue una integración compleja de bandas y puntales por medio de la unión de resina rígida en cada punto de intersección de puntal y banda y por medio de la continuidad de fibras de refuerzo a través de la totalidad de tales puntos de intersección. Bandas y puntales se soportan mutuamente contra cargas de pandeo, lo que permite el uso de miembros de refuerzo más ligeros en paneles gruesos, en los que la esbeltez de los miembros de refuerzo del núcleo los hace propensos a fallo por pandeo. La configuración mostrada en la figura 1 permite resistir grandes cargas de compresión perpendiculares a los revestimientos, ya que las bandas 34 están orientadas en ángulo recto con respecto a los revestimientos 32 y su pandeo está limitado debido a los puntales 35. La integración estructural de bandas y puntales proporciona múltiples trayectorias de cargas para aumentar la distribución de cargas de compresión localizadas entre los elementos de refuerzo del núcleo y proporciona resistencia notable a la iniciación y propagación de planos de separación de fallos de cizallamiento dentro del núcleo. La unión adhesiva y mecánica de los miembros de refuerzo del núcleo a los

revestimientos proporciona elevada resistencia a la tracción de sujetadores en los revestimientos del panel.

Los refuerzos de fibras del núcleo de espuma y revestimientos son comúnmente impregnados o infundidos con resina haciendo fluir la resina a través de las fibras de refuerzo porosas bajo presión diferencial en procesos tales como moldeo de bolsa de vacío, moldeo de transferencia de resina o moldeo por transferencia de resina ayudado por vacío (VARTM). En el moldeo VARTM, el núcleo y los revestimientos son obturados en un molde hermético al aire que tiene normalmente una cara de molde flexible, y es evacuado el aire desde el molde, lo que aplica presión atmosférica a través de la cara flexible para adaptar el panel 30 al molde y compactar las fibras de los revestimientos 32. La resina catalizada es impulsada por el vacío hacia el interior del molde, generalmente a través de un medio de distribución de resina o red de canales practicados en la superficie del panel, y se le permite curar. La presente invención puede, si se desea, incorporar un método mejorado de impregnación de VARTM.

El núcleo reforzado 31 puede estar provisto de ranuras 39 para resina, mecanizadas en tiras 33 de espuma y situadas adyacentes a las bandas 34 en el interior del núcleo 31 de espuma. Las ranuras 39 terminan en un canal 40 de alimentación de resina (figura 1) que es usualmente de área de sección transversal mayor que las ranuras individuales 39, pero puede ser del mismo tamaño. El canal 40 sirve para distribuir la resina a las ranuras 39 bajo presión diferencial. Se pueden situar canales 40 de alimentación ya sea a lo largo de un borde o de ambos bordes del núcleo de refuerzo 31 en el que terminan las bandas de refuerzo 34. Alternativamente, el canal 40 puede estar situado completamente en el interior del núcleo. Para fines de ilustración, la figura 1 muestra el canal 40 en el borde del núcleo, y la figura 7 muestra el canal de alimentación en el interior del núcleo. Si el canal 40 está dispuesto sólo en el borde del núcleo 31, las ranuras 39 pueden extenderse hasta el borde opuesto del núcleo 31 o, alternativamente, pueden terminar dentro de la tira 33 de espuma, dependiendo de la dinámica del flujo de resina dentro del núcleo de espuma de refuerzo y de los refuerzos de revestimiento del panel.

La resina catalizada fluye hacia el canal 40 a través de un tubo (no mostrado) conectado a una fuente de resina, comúnmente un tambor de resina. La abertura del tubo puede estar situada en cualquier punto a lo largo del canal 40. En un método preferido de impregnación de los núcleos reforzados de la presente invención que usan una bolsa de vacío, el molde es obturado y evacuado antes de la unión de cualquier aparato de fontanería de resina al molde. Un tubo de conexión o inserción de resina rígido está provisto de un extremo afilado, puntiagudo y es introducido a continuación a través de la membrana de la bolsa de vacío y de los revestimientos 36 y 37 del panel, o a través de la bolsa de vacío en los bordes del panel 30, y hacia el interior del núcleo reforzado 31, intersectando el canal de alimentación 40. El tubo de inserción ha sido provisto de aberturas en su circunferencia que permiten el flujo de resina al canal 40. Se aplica un obturador de cinta en el punto de inserción para evitar la pérdida de vacío, se conecta el tubo de inserción al suministro de resina y se extrae resina por vacío a través del tubo de inserción y hacia el canal 40.

En adición a la velocidad, la simplicidad y bajo coste del material de este método de introducir resina dentro del panel, se pueden insertar tubos adicionales de conexión de resina dentro del panel en otros lugares, mientras la impregnación está en progreso, para llevar resina adicional a zonas concretas del panel. El método de inserción del tubo puede ser utilizado también para impregnar paneles 30 que están encerrados completamente dentro de un molde rígido, practicando en una superficie del molde uno o más orificios a través de los cuales se pueden insertar los tubos de conexión de resina. A medida que la resina llena las ranuras 39, fluye hacia y a través de las bandas porosas y fibrosas 34, hacia y a través de los puntales porosos y fibrosos 35 que intersecan, y hacia y a través de los revestimientos 32 del panel que intersecan, después de lo cual se cura para formar una estructura de panel emparedado reforzada y rígida. Los núcleos reforzados 31 que han sido provisto de canales 40 puede ser situados en un molde con canales 40 adyacentes entre sí y que formen un canal único, mayor. La resina que fluye hacia este canal mayor se cura para formar una lengüeta estructural que es enchavetada en las partes de borde de bandas 34 y resiste las fuerzas de cizallamiento entre los núcleos adyacentes 31.

El sistema de distribución de resina incorporado en el núcleo reforzado 31 tiene ventajas significativas sobre procesos de VARTM existentes. La resina llena las ranuras 39 rápidamente y fluye a través de la estructura de refuerzo de banda y puntal hasta los revestimientos 32 del panel a través de numerosas conexiones distribuidas de manera relativamente uniforme con los revestimientos mediante las bandas y los puntales, minimizando con ello la probabilidad de zonas no impregnadas en los revestimientos. No se requieren micro-ranuras o material de medio de distribución en la periferia del núcleo 31. La resina es introducida en la pluralidad de ranuras 39 situadas en el plano medio del panel y se desplaza en una distancia relativamente corta hacia ambos revestimientos 32. Se puede aplicar vacío a cualquier lugar o lugares deseados en revestimientos exteriores 37 o tejidos de borde del panel. Si se desea, se pueden disponer múltiples filas de tuberías de vacío perforadas, medios de flujo de drenaje fibrosos u otros medios de introducir vacío, contra a superficie de revestimientos exteriores 37 para asegurar que las zonas pequeñas de refuerzos porosas secas del revestimiento no queden aisladas del vacío rodeando el flujo de resina. Los paneles que tienen usualmente núcleos o revestimientos gruesos pueden estar provistos de conjuntos adicionales de ranuras 39 para resina y de canales de alimentación asociados 40 situados en planos paralelos a los revestimientos 32 del panel. La resina introducida en el centro del panel se desplaza en una distancia relativamente corta hacia ambos revestimientos 32. El sistema interno de impregnación del núcleo que se acaba de describir es también efectivo en núcleos que comprenden bandas que se extienden entre los revestimientos sin intersección con puntales fibrosos. Puede ser requerida separación menor para la distribución uniforme de resina.

Las superficies del molde en contacto con el panel de núcleo reforzado pueden ser rígidas o flexibles sin perjudicar el rápido flujo de resina a través de la estructura o revestimientos de refuerzo del núcleo. Por ejemplo, un núcleo reforzado con revestimientos porosos y fibrosos asociados puede estar situado entre una meseta de molde rígida y una placa de redicilla rígida, con la placa de redicilla cubierta por una bolsa de vacío obturada con respecto a la meseta del molde. Evacuando la bolsa desde un borde del panel se aplica presión atmosférica al panel, y la resina introducida en el borde opuesto del panel fluye rápidamente a través de la estructura de refuerzo del núcleo y del revestimiento, sin que tenga que fluir longitudinalmente a través de toda la longitud o anchura de los revestimientos del panel como en los procesos convencionales de VARTM, en los que ambas caras del molde son rígidas.

El panel reforzado 30 puede ser construido para permitir la impregnación simultánea del núcleo con dos resinas de propiedades diferentes. Por ejemplo, el revestimiento exterior del panel puede ser impregnado con resina fenólica resistente al fuego, y el revestimiento interior y la estructura de refuerzo del núcleo pueden ser impregnados con resina de éster de vinilo estructuralmente superior, pero menos resistencia al fuego. Si se desea, en tal estructura el panel es provisto, antes de la impregnación de la resina, de películas de barrera 41 adhesivas, situadas entre los revestimientos interiores 36 y los revestimientos exteriores 37. La película de barrera 41 está compuesta de un material adhesivo, por ejemplo, epoxi, que impide el paso de resina líquida desde un lado de la película al otro y que, bajo la aplicación de calor y presión moderada, se cura para formar una unión estructural entre las revestimientos interiores 36 y los revestimientos exteriores 37.

Para impregnar el panel, el núcleo reforzado 31, junto con los revestimientos interiores 36, películas de barrera adhesivas 41 y revestimientos exteriores 37, unidos, son colocados en un molde cerrado que es a continuación evacuado por medio de una bomba de vacío. Una primera resina es introducida en el interior del núcleo 31 a través de los canales 40 y 39 y se le permite fluir a través de la estructura de refuerzo del núcleo y de los revestimientos interiores, como se ha descrito anteriormente. De manera simultánea, una segunda resina, de composición diferente, es introducida directamente en el revestimiento exterior a través de la superficie del molde o del borde del revestimiento exterior. La película de barrera adhesiva 41 sirve para evitar la mezcladura de las dos resinas diferentes, y el calor generado por el curado de las dos resinas también acelera el curado de la película adhesiva, proporcionando de ese modo una unión estructural entre los revestimientos interiores y exteriores. Si la película adhesiva se aplica ambos lados del panel 30, se pueden introducir tres resinas individuales en el panel. Si la película adhesiva 41 se aplica a un lado del panel 30 solamente, la resina que se introduce en el núcleo 31 impregnará también ambos revestimientos interior y exterior en el lado opuesto del panel.

Las realizaciones de la presente invención ilustradas en las figuras 1, 2, 6, 7, 13, 14 y 18 han sido mostradas como provistas de ranuras internas de distribución de resina adyacentes a las bandas de refuerzo del núcleo y con un canal de alimentación de resina asociado. Se ha de entender que esta característica puede, si se desea, ser omitida de las realizaciones de las figuras 1, 2, 6, 7, 13, 14 y 18 y que la característica puede ser añadida a las realizaciones mostradas en las figuras 3, 4, 5, 9 y 19 o en cualquier otra realización que tenga láminas de banda porosas y fibrosas dentro del núcleo de espuma.

Un panel emparedado 50 (figura 2) utiliza un núcleo de espuma reforzado 52 que puede ser producido a tasas mejoradas de producción en comparación con la realización mostrada en la figura 1, debido a que los puntales de refuerzo sólo necesitan ser insertados en el núcleo de espuma según un ángulo único, en lugar de en dos ángulos opuestos. Bandas paralelas 51 reforzadas con fibras se extienden entre las caras del núcleo 52 de espuma según un ángulo agudo, por ejemplo de 58 grados o 45 grados, con respecto a las caras del núcleo. Las filas de bandas 51 se intersecan, generalmente en ángulo recto, mediante un conjunto de filas paralelas de puntales 53 reforzados con fibras, cuyas fibras se extienden a través de las bandas 51 y de los revestimientos 54 de la manera descrita en relación con la figura 1.

En la realización mostrada en la figura 2, todos los puntales están inclinados según cierto ángulo con respecto a los revestimientos del panel, y el ángulo coincide con el ángulo de las bandas 51, pero de sentido opuesto. Las bandas 51 y los puntales 53 se soportan mutuamente contra el pandeo y cooperan para resistir las cargas de cizallamiento en una dirección, y las bandas resisten también las cargas de cizallamiento en la dirección transversal. Aunque se puede seleccionar cualquier número de tejidos o esterillas de refuerzo de banda, la función estructural de doble dirección de las bandas se puede mejorar mediante el uso de tejido de refuerzo de banda que tenga una parte de sus fibras orientadas según un ángulo opuesto al ángulo de los puntales 53. La resistencia al cizallamiento transversal se puede conseguir eficazmente orientando las fibras restantes de las bandas 51 según ángulos de +45 grados y -45 grados con respecto a los revestimientos del panel, ya que las fuerzas de cizallamiento en el núcleo se orientan por sí mismas generalmente en estos ángulos. Las bandas 34 de refuerzo del núcleo de la figura 1 y 51 de la figura 2 terminan adyacentes a los revestimientos 32 y 54 del panel, respectivamente. De ese modo, la conexión estructural directa entre bandas y revestimientos es proporcionada por la unión adhesiva de la matriz de resina que rodea todas las fibras de refuerzo del panel. La resistencia de esta conexión banda-a-revestimiento puede ser mejorada proveyendo las bandas 34 y 51 de fibras sobresalientes y desviadas en sus partes de borde o con filetes de resina de los bordes de la banda formados rasurando tiras de espuma 55 adyacentes a las partes de borde de las bandas, como se describe en la Patente U.S. 5.834.082.

Las bandas 34 y 51 tienen también una conexión estructural indirecta con los revestimientos 32 y 54 a través los puntales 35 y 53, respectivamente, que están unidos tanto a las banda como a los revestimientos y de ese modo

soportan una parte de la carga entre bandas y revestimientos. Los revestimientos de panel son también sujetos conjuntamente por la configuración de los puntales de mechas mostrados en la figura 2, que comprenden filas de grapas continuas inclinadas, separadas, cada una de las cuales tiene partes extremas de puntal acampanadas. La forma de grapa inclinada de la construcción de puntal puede ser proporcionada también en paneles que tengan puntales opuestos y se describe con más detalle en relación con la figura 8.

Si se desea aumentar más la resistencia y la rigidez de paneles compuestos que tienen bandas y puntales que se intersecan, las bandas de refuerzo del núcleo pueden comprender una esterilla o tejido reforzado de fibras simples continuas, en lugar de una pluralidad de tiras de banda discretas. Esta realización se ilustra en las figuras 3, 4 y 5. En referencia a la figura 3, el panel emparedado compuesto 60 comprende revestimientos 61 reforzados con fibras y un núcleo de 62 de espuma reforzado con fibras. El núcleo 62 de espuma comprende piezas o tiras 63 de espuma, filas separadas de puntales 64 de mechas fibrosas separados, y una lámina de banda fibrosa 65 que ha sido transformada en una pluralidad de configuraciones rectangulares que se extienden entre los revestimientos del panel y transversales a las filas de puntales. Como en la figura 1, los puntales 64 están inclinados según ángulos iguales opuestos con respecto a los revestimientos e intersecan y se extienden a través de puntales opuestos y revestimientos 61. Los puntales intersecan y se extienden a través de segmentos ondulados 66 de la banda, que se extienden entre los revestimientos y a través de segmentos 67 de la banda que se sitúan junto a los revestimientos. La estructura mostrada en la figura 3 ofrece varias mejoras estructurales con respecto a la mostrada en la figura 1. Los segmentos de banda ondulados 67 proporcionan un área expandida de unión adhesiva a los revestimientos 61, y los puntales 64 proporcionan una unión mecánica cosida entre los segmentos 67 de la banda y los revestimientos 61. Así mismo, las ondulaciones de la estructura de banda proporcionan resistencia y rigidez adicionales notables en la dirección transversal a las filas de puntales.

El panel emparedado reforzado 70, mostrado en la figura 4, proporciona también las ventajas de la unión banda-a-revestimiento y resistencia y rigidez de ondulación descritas en relación con la figura 3. En la figura 4, las tiras 71 de espuma son de sección transversal en paralelogramo, y los segmentos 72 de banda de una lámina 73 de banda, ondulada y continua, se extienden entre las caras del núcleo 76 según un ángulo agudo con respecto a los revestimientos 74. Una pluralidad de filas paralelas de puntales fibrosos 75 de mecha separados se extienden también entre las caras del núcleo reforzado 76, y los puntales 75 están inclinados según un ángulo igual, pero opuesto, al ángulo de los segmentos 72 de banda. Los puntales intersecan y se extienden a través de segmentos de banda ondulados 72, a través de segmentos 76 de lámina de banda adyacentes a revestimientos 74, y se extienden preferiblemente a través de una o más capas de los revestimientos. La orientación de las fibras en las bandas se puede optimizar para conseguir propiedades estructurales globales del núcleo, como se describe con más detalle en relación con la figura 2. Así mismo como en el caso de la figura 2, la orientación de los puntales según un ángulo único permite la producción rápida y eficaz del núcleo reforzado debido a que sólo se requiere un paso único de inserción de puntal.

Otro panel emparedado reforzado 80 está mostrado en la figura 5 y también utiliza una lámina 81 de banda, ondulada y continua, como parte del refuerzo del núcleo 82 de espuma. Las piezas o tiras 83 de espuma son de sección transversal triangular, y los segmentos 84 y 85 de banda, que se extienden entre los revestimientos 87, están inclinados en ángulos opuestos con respecto a los revestimientos. Una pluralidad de filas de puntales 86 de mechas fibrosas, espaciados, están inclinados según ángulos iguales, pero opuestos entre sí e intersecan y se extienden a través de segmentos 84 y 85 de banda. Los puntales intersecan también y preferiblemente se extienden a través de una o más capas de revestimientos 87.

En contraposición a la configuración mostrada en las figuras 3 y 4, la estructura de banda triangulada de la figura 5 proporciona resistencia y rigidez notables al panel 80, tanto longitudinal como transversalmente, incluso en ausencia de puntales de refuerzo 86. Los puntales mejoran estas propiedades estabilizando los segmentos 84 y 85 de banda y sujetando los revestimientos 87 conjuntamente. Los puntales 86 proporcionan también resistencia y rigidez adicionales en la dirección de las filas de puntales. El ángulo de los puntales es seleccionado sobre la base de consideraciones estructurales globales y no precisa corresponder al ángulo de segmentos 84 y 85 de banda. Por ejemplo, los puntales 86 pueden, si se desea, ser perpendiculares a los revestimientos. Esto no sólo proporciona resistencia aumentada a la compresión al panel 80, sino que también requiere sólo un ángulo único de inserción de puntal, simplificando de ese modo la producción del panel.

Las figuras 6 y 7 ilustran un panel emparedado 90 que tiene en el núcleo 91 de espuma reforzado una pluralidad de filas paralelas de puntales 92 de mechas de refuerzo separados, una pluralidad de filas paralelas que se intersecan de puntales 93 de mechas de refuerzo separados, y una lámina 94 de banda de refuerzo continua que es paralela a los revestimientos 95. El núcleo 91 de espuma comprende placas de espuma 96 apiladas, separadas por la banda 94. Si se requiere, mediante diseño estructural, los puntales 92 pueden diferir de los puntales 93 en separación, diámetro, composición de fibras y ángulo. Los puntales pueden ser proporcionados como un conjunto único de filas paralelas de puntales si los requisitos estructurales del panel son principalmente unidireccionales. Las propiedades de compresión y cizallamiento del panel 90 son proporcionadas principalmente por puntales 92 y 93. A medida que aumenta el espesor del núcleo 91, o disminuye el diámetro de los puntales, los puntales son cada vez más susceptibles de fallo por pandeo bajo condiciones estructurales de carga. Los puntales 92 y 93 se cada fila se intersecan entre sí en una configuración a modo de celosía, proporcionado soporte contra el pandeo cada uno al otro en el plano de las filas de puntales. Sin embargo, sólo es proporcionado soporte transversal débil y con

frecuencia insuficiente contra el pandeo por la espuma de baja densidad 96. La banda 94 reforzada con fibras continuas, a través de la cual se extienden la totalidad de los puntales 92 y 93, proporciona el soporte adicional requerido contra el pandeo. Si es necesario, se pueden disponer una o más bandas de soporte adicionales 94, todas separadas entre sí y paralelas a los revestimientos 95 del panel.

5 La figura 6 muestra también partes extremas 97 de puntal y partes 98 de borde de banda que sobresalen de las placas 96 de espuma para proporcionar medios de continuidad estructural mejorada de seguridad entre los miembros de refuerzo del núcleo 91 y los miembros de refuerzo de núcleos de espuma adyacentes moldeados como componentes de un panel emparedado único, o para otras estructuras compuestas adyacentes (no mostradas). Si se desea la unión estructural de núcleos adyacentes dentro de un panel emparedado dado, partes de borde de las
10 placas 96 de espuma y de placas de espuma de núcleos reforzados adyacentes (no mostrados) se erosionan o eliminan de otro modo para exponer partes extremas 97 de puntales fibrosos y partes 98 de borde de banda, antes de introducir resina en los refuerzos del núcleo y del revestimiento. Los núcleos reforzados son entonces presionados conjuntamente, por ejemplo en un molde, y las partes extremas y de borde expuestas de núcleos adyacentes resultan mezcladas y a continuación empotradas o embebidas en resina que ha fluido al interior de los
15 refuerzos de panel bajo presión diferencial y se curan para formar una unión adhesiva robusta con partes extremas de puntales y partes de borde de banda. Preferiblemente, una tira de esterilla o tejido de refuerzo fibroso que se extiende entre los revestimientos 95 está dispuesta en el molde entre núcleos adyacentes para mejorar las propiedades de soporte de carga de la unión entre núcleos.

También se puede conseguir una conexión estructural fuerte entre núcleos reforzados adyacentes 31, o entre
20 núcleos 31 y revestimientos de borde de panel emparedado, proporcionando núcleos 31 con bandas fibrosas 34 que se extiendan más allá de su intersección con los bordes del núcleo 31. Las extensiones de bandas 31 son dobladas en ángulo recto contra las tiras de espuma 33 en la forma de una lengüeta. Estas lengüetas de extremo de banda proporcionan una zona expandida de contacto para unir adhesivamente los miembros de refuerzo de la banda a refuerzos adyacentes cuando el panel 30 es impregnado con resina. Si se desea conseguir una unión estructural
25 fuerte entre un panel 90 impregnado con resina y curado y una estructura compuesta adyacente, se erosionan las placas de espuma 91 para exponer partes extremas 97, endurecidas y rígidas, del puntal y partes de borde 98 de la banda, y la zona adyacente a las partes extremas y de borde se llenan con resina adhesiva, masilla o compuesto cerámico y presiona contra el panel al cual se ha de unir el panel 90 mientras cura la resina.

El núcleo reforzado 91 mostrado en las figuras 6 y 7 ha sido provisto de un sistema integral de impregnación de
30 resina, según se ha descrito en general anteriormente en relación con la figura 1. El panel emparedado 90 comprende refuerzos porosos y fibrosos de revestimiento y de núcleo y se sitúa en un molde cerrado del cual ha sido evacuado el aire. A continuación se introduce resina en el canal de alimentación 99 en el extremo del canal o a través de un orificio practicado desde la cara del panel (no mostrado). La resina llena a continuación el canal 99 de alimentación de resina, situado en el interior del núcleo reforzado 91, y llena las ranuras de conexión 100 para
35 resina, separadas, situadas en el interior o núcleo 91 y adyacentes a la banda porosa y fibrosa 94. La resina fluye a continuación desde las ranuras 100 a través de la banda porosa 94, desde la banda 94 a través de los puntales porosos 92 y 93, y desde los puntales a través de los revestimientos porosos 95, después de lo cual la resina se cura para formar un panel estructural. Si el núcleo se ha de usar para producir un panel circular, las ranuras 100 para resina pueden estar dispuestas radialmente desde el centro del panel y ser suministrada la resina desde la
40 cara del panel hacia el centro.

La estructura de puntales de refuerzo de núcleo mostrada en las figuras 1, 3, 5, 6 y 7 adopta la forma de filas planas de puntales opuestos que se intersecan entre sí dentro del núcleo de espuma. El número de tales intersecciones y la densidad de la estructura a modo de celosía resultante son dependientes del espesor del núcleo, de la separación entre puntales y de la inclinación del ángulo de los puntales con respecto a los revestimientos del panel. Una
45 disposición de puntales alternativa se muestra en la figura 8 y puede sustituir a la de las figuras 1, 3, 5, 6 y 7, pero es más apropiada en el caso de paneles relativamente delgados o puntales relativamente gruesos. La estructura de refuerzo del núcleo de la figura 8 comprende ya sea filas unidireccionales de puntales, como se muestra, o conjuntos de filas que se intersecan y se pueden utilizar con o sin bandas de refuerzo de núcleo, dependiendo de los requisitos estructurales.

Haciendo referencia a la figura 8, un panel emparedado 110 comprende revestimientos opuestos 111 y núcleo de
50 espuma reforzado 112 que tiene una pluralidad de filas de puntales 113 de mecha fibrosa que se extienden entre los revestimientos 111 del panel y que están inclinados según ángulos iguales pero opuestos con respecto a los revestimientos. Los puntales opuestos 113 se intersecan entre sí junto a los revestimientos 111 del panel en una configuración triangulada única y se extienden a través de los revestimientos. En la producción del núcleo reforzado
55 110, hay cosidas mechas fibrosas continuas 114 a través de los revestimientos 111 y el núcleo de espuma 112 desde caras opuestas del núcleo de espuma. Si se desea, ambos conjuntos de puntales de mechas pueden ser cosidos a través de los revestimientos y el núcleo de espuma desde la misma cara del núcleo. En el proceso de cosido, mechas continuas 114 salen de los revestimientos 111 y sobresalen en la forma de bucles 115 (mostrados en líneas discontinuas). Las mechas se doblan entonces hacia atrás a lo largo de la línea de inserción para formar
60 puntales 113 compuestos de segmentos de mecha dobles.

A medida que el panel 110 avanza a través del aparato de coser, los segmentos de mecha 116 se superponen a los

revestimientos 111. Los bucles de mecha sobresalientes 115 formados durante el proceso de cosido se cortan a una distancia deseada, por ejemplo de 5,08 mm (0,2 pulgadas), de la superficie de los revestimientos para formar partes extremas 117 sobresalientes de los puntales (mostradas en líneas discontinuas). Cuando se aplica presión a los revestimientos de panel durante el proceso de moldeo de resina, las partes extremas sobresalientes 117 de los puntales se desvían hacia fuera y forman partes extremas aplanadas 118 contra los revestimientos 111, formando una unión adhesiva fuerte a los revestimientos y una resistencia mecánica para tirar de los extremos aplanados 118 de los puntales a través de los revestimientos 111.

La unión mecánica se puede mejorar mediante la adición de revestimientos exteriores como se muestra en relación con la figura 1. Los extremos cortados y desviados 118 de los puntales proporcionan también propiedades notablemente mejoradas de características de revestimiento, en comparación con las conseguidas con bucles intactos, que tienden a formar trozos adyacentes a los revestimientos o que impiden que el panel se ajuste apretadamente contra la superficie del molde, permitiendo que el exceso de resina se acumule en la superficie del revestimiento. El carácter plano de la superficie puede ser mejorado adicionalmente aplicando presión suficiente al panel 110 para adaptar el núcleo 112 de espuma a cualesquiera segmentos de mecha que sobresalgan más allá de la superficie de los revestimientos 111 y proveyendo al núcleo de espuma de ranuras o estrías en las cuales se pueden introducir a presión los segmentos de mecha bajo presión de moldeo moderada.

La configuración de grapas inclinada que comprende puntales 113, partes extremas 118, cortadas y desviadas, de los puntales, y segmentos de mecha 116 que se superponen a los revestimientos, como se muestra en la figura 8, proporciona unos medios efectivos y eficaces para asegurar la unión estructural entre puntales de refuerzo del núcleo y revestimientos de panel y un método preferido de producir la totalidad de los núcleos reforzados que son el objeto de la presente invención. Se ha de entender que se pueden utilizar también otros métodos de coser y otros tratamientos de segmentos de mecha que son exteriores a las caras del núcleo de espuma, por ejemplo patrones convencionales de cosido en bucle o cosido en cadeneta de fibras continuas.

Los paneles de emparedado y núcleos ilustrados en las figuras 1-8 tienen normalmente una anchura mayor que su profundidad. Pueden ser también incorporados miembros de refuerzo de núcleo que comprendan bandas y puntales porosos y fibrosos en paneles de emparedado que tengan una profundidad mayor que su anchura. La figura 9 ilustra un panel del tipo de viga o viga 120 que incorpora una estructura de refuerzo de núcleo de tipo de puntal y diseñada para utilizar como un soporte de techo en edificios resistentes a la corrosión. La viga 120 comprende revestimientos de plástico opuestos 121 reforzados con fibras de vidrio o fibras de carbono, y un núcleo de espuma reforzado 122 que comprende placas o piezas de espuma 123 y puntales 124 de miembros de refuerzo porosos opuestos de fibras de vidrio o fibras de carbono que se extienden a través del núcleo 122 de espuma en ángulos agudos con respecto a los revestimientos 121 en la forma general de vigueta de celosía. Si se requiere por diseño estructural, se pueden añadir puntales adicionales a los puntales 124 que se intersecan para formar una configuración a modo de celosía, como se ilustra en las figuras 6 y 7, o se pueden incorporar una o más filas paralelas adicionales de puntales de refuerzo en el panel o viga 120. Los revestimientos 121 funcionan como bridas de cuerda estructurales, cuyas fibras están orientadas principalmente en dirección longitudinal. Los revestimientos 121 comprenden revestimientos interiores 125 y revestimientos exteriores 126 que tienen refuerzos fibrosos, con las partes extremas 127 de los miembros de refuerzo 124 desviadas de forma ensanchada o acampanada y emparedadas entre las capas de revestimiento como se ha descrito en relación con la figura 8. Si se desea, los revestimientos 125 y 126 pueden ser unidos más fuertemente a las partes extremas acampanadas 127 cosiendo los revestimientos a las partes extremas usando fibras flexibles o barras delgadas rígidas que se extiendan a través de las fibras de las partes extremas 127 y revestimientos adyacentes 125 y 126.

Si se requiere, para estabilizar los puntales 124 contra pandeo bajo carga, se pueden incorporar una o más bandas de soporte porosas y fibrosas 128 en la viga 120. Las caras de las placas 123 de espuma que se extienden entre revestimientos opuestos 121 están provistas de un segundo conjunto de revestimientos 129 de tejido de refuerzo poroso, fibroso, tal como fibras de vidrio, para estabilizar la viga 120 contra flexión lateral bajo carga. Como se ha descrito anteriormente, una resina curable introducida bajo presión diferencial impregna todos los materiales de refuerzo porosos y fibrosos que forman la viga 120 y se cura para formar una viga rígida de soporte de carga. Si se requiere por consideraciones estructurales, la viga puede ser de sección transversal no uniforme, es decir, de profundidad variable desde los extremos de la viga hacia el centro de la viga, y puede ser también curvada en forma de arco. Si se desea, los revestimientos 120 pueden ser de espesor notablemente reducido, y la función estructural de la cuerda atirantada puede ser proporcionada por haces de mechas insertados en ranuras en las placas de espuma adyacentes a los revestimientos, como se describe con más detalle a continuación en relación con la figura 10.

La estructura de refuerzo del núcleo de paneles emparedados en los que la anchura del panel es mayor que la profundidad puede adoptar la forma de una pluralidad de estructuras paralelas del tipo de verdaderas cerchas, en las que los miembros de refuerzo del tipo de puntales se extienden en ángulos opuestos en una configuración triangulada entre miembros de cuerda superior e inferior, a los cuales están ancladas partes extremas de los puntales. Esta disposición proporciona sujeción superior de las partes extremas de los puntales. También se utilizan, como miembros de cuerda de cercha, materiales de refuerzo fibrosos, por ejemplo fibra de carbono o fibra de vidrio, en su forma de mechas de coste relativamente bajo para sustituir una parte esencial de los refuerzos de revestimientos de tejido más caros. Como se muestra en la figura 10, el panel emparedado 140 comprende un

núcleo reforzado 141 de espuma de celdas cerradas y revestimientos de refuerzo fibrosos opuestos 142. El núcleo reforzado 141 está provisto de una pluralidad de filas paralelas de cerchas 143 que se extienden entre los revestimientos 142. Cada cercha 143 comprende una pluralidad de haces de mechas de refuerzo fibrosas 144, tal como fibra de vidrio o fibra de carbono, que están situadas en ranuras formadas en el núcleo 141 de espuma y que sirven como miembros de cuerda superior e inferior para cada cercha 143. Las barras o puntales de refuerzo fibrosos 145 penetran en los miembros de cuerda y están anclados en miembros de cuerda 143, y se extienden entre los revestimientos 142 del panel según ángulos agudos opuestos, que penetran y se superponen preferiblemente a una o más capas de revestimientos 142. Una resina curada impregna la totalidad de los materiales de refuerzo, según se ha descrito anteriormente. La estructura de cercha, que comprende puntales 145 y miembros de cuerda 143, se puede incorporar también en núcleos que tengan bandas de refuerzo que se extiendan entre o paralelamente a los revestimientos de panel, como se muestra por ejemplo en las figuras 1 y 7.

Haciendo referencia a la figura 11, el uso de mechas fibrosas relativamente económicas en lugar de tejidos de refuerzo fibrosos tejidos o tricotados puede ser extendido para formar la totalidad de la estructura de revestimiento del panel. Un panel emparedado 150 comprende un núcleo reforzado 151 de espuma de celdas cerradas y revestimientos fibrosos opuestos 152. El núcleo 151 comprende una placa 153 de espuma y miembros o puntales de refuerzo fibrosos 154 que se extienden entre los revestimientos. Cada uno de los revestimientos 152 comprende una primera capa de mechas de refuerzo paralelas 155 adyacentes al núcleo 153 de espuma y que cubren esencialmente las caras de la espuma. Una segunda capa de mechas de refuerzo paralelas 156 se superpone y cruza la primera capa 155 de mechas y cubre esencialmente la superficie de la primera capa 155. Si se desea, una capa de esterilla o velo fibroso 157 puede superponerse a la segunda capa 156 de mechas.

En la producción del panel 150, los extremos de las mechas que comprenden la primera capa 155 de revestimiento están asegurados en una línea a través del borde delantero de la placa 153 de espuma. La placa avanza a través del aparato de coser tal como se muestra en la figura 15, y el movimiento de avance de la placa tira de las mechas para formar la capa de revestimiento 155 desde filetas de suministro para cubrir las caras opuestas de la placa. Antes de la inserción de puntales 154 por medio del aparato de coser, se aplican una pluralidad de mechas de revestimiento paralelas 156 a través de la primera capa de mechas 155 mediante un mecanismo de movimiento alternativo que tiene guías que mantienen la separación y tensión deseadas de las mechas 156. La segunda capa 156 de revestimiento es a continuación cubierta por un velo fibroso 157 extraído de un rollo de suministro. Los puntales 154 de refuerzo del núcleo son cosidos a través del velo 157, de las capas de mechas 156 y 155 del revestimiento y de la placa 153 de espuma para producir el panel emparedado 150.

Si se requiere por consideraciones estructurales, se pueden aplicar capas adicionales a las caras del panel según varios ángulos antes del cosido. Alternativamente, fibras de mechas orientadas o no orientadas pueden ser troceadas en longitudes deseadas y aplicadas a las caras del núcleo en lugar de mechas continuas. La superposición de segmentos 158 de las mechas cosidas 154 de puntales mantienen todas las mechas 155 y 156 del revestimiento en posición hasta que se sitúa el panel 150 en un molde en el que se hace fluir una resina curable o endurecible a través de todos los refuerzos fibrosos para producir el panel estructural. Este método de formación de revestimientos de panel directamente a partir de mechas se puede incorporar a cualquiera de las realizaciones mostradas en las figuras 1-10.

En una realización preferida de la invención, se consiguen ahorros sustanciales de coste produciendo los miembros de refuerzo del núcleo del tipo de bandas directamente a partir de mechas fibrosas, en lugar de utilizar como bandas telas tejidas o cosidas, que son significativamente más caras que las mechas. En este método, las mechas son arrolladas circunferencialmente alrededor de una tira de espuma continua para crear una estructura de refuerzo de tubo estructural alrededor de la tira. Unos medios particularmente favorables al coste de formar la estructura arrollada son mediante arrollamiento espiral o helicoidal. La tira arrollada se corta a la longitud deseada y se alimenta a una máquina de coser mechas de la manera descrita en relación con la figura 15.

Haciendo referencia a la figura 12, tiras 170 de espuma de plástico de longitud conveniente son alimentadas extremo con extremo a través de un aparato de arrollamiento helicoidal 171, ilustrado esquemáticamente. El arrollamiento helicoidal de refuerzos del núcleo ofrece mayores ventajas económicas en comparación con los procedimientos existentes. Las fibras en forma de mechas cuestan aproximadamente del 50 a 60 por ciento de las incorporadas en tejidos de doble bias a 45 grados, y las tasas de producción de la máquina de arrollamiento son de cinco a diez veces las de las máquinas de trenzado. Si se desea, la tira de espuma puede ser provista de una o más ranuras 39 como se describe en relación con la figura 1, para facilitar el flujo de resina en una operación de moldeo subsiguiente. La tira de espuma 170 tiene un espesor igual al espesor del núcleo del panel emparedado que se ha de producir a partir de la tira y una anchura igual a la separación deseada de las bandas de refuerzo dentro del núcleo.

A medida que la tira 170 avanza a través del aparato de arrollamiento 171, pasa a través de los ejes de una rueda 172 de bobinas rotativa en un sentido y una rueda 173 de bobinas rotativa en sentido opuesto. Cada rueda está cargada con cierto número de bobinas 174 en las que están arrolladas mechas de refuerzo fibrosas 175. La rueda 172 de bobinas rotativa arrolla una capa 176 de mechas sobre la tira de espuma según un ángulo único que está determinado por la velocidad de avance de la tira 170 a través del aparato 171 y por la velocidad de rotación de la rueda 172 de bobinas. La tira arrollada de manera única avanza a continuación a través de la rueda 173 de bobinas

en rotación de sentido contrario, la cual arrolla una segunda capa 177 de mechas sobre la capa de mechas arrolladas 176.

El aparato de arrollamiento 171 puede ser graduado para tratar eficazmente una amplia gama de tamaños, por ejemplo de 6,35 mm a 30 cm (u cuarto de pulgada a un pie) o más de espesor. Las mechas pueden ser de diferentes espesores y pueden estar estrechamente espaciadas, de manera que cubran la superficie de la tira de espuma, o más ampliamente espaciadas, dependiendo de los requisitos estructurales de la tira arrollada acabada y del panel compuesto en el cual se ha de incorporar. Las mechas aplicadas a las superficies de la tira de espuma pueden tener un peso en total tan pequeño como 31,83 gramos o menos por metro cuadrado (0,1 onzas por pie cuadrado) y tanto como 1578,3 gramos o más por metro cuadrado (5,0 onzas por pie cuadrado). Las mechas mostradas en las figuras 12-14 son más gruesas que lo normal, para que se puedan entender los detalles de construcción. Las mechas pueden ser arrolladas según ángulos de +45 grados y -45 grados para resistencia máxima a los esfuerzos de cizallamiento en aplicaciones en las que la tira es sometida a cargas de flexión, o las mechas pueden ser aplicadas según otros ángulos dictados por los requisitos estructurales de productos finales concretos en los cuales serán incorporadas.

La tira continua 170 de espuma con capas arrolladas superpuestas 176 y 177, se corta a su longitud por medio de un aparato de corte desplazable, tal como una sierra circular (no mostrada) para formar las tiras arrolladas acabadas 178. Puesto que las tiras arrolladas 178 de espuma se usan como los elementos de espuma y de banda de un panel emparedado híbrido, tal como el mostrado en la figura 14, su longitud es igual a la anchura deseada del panel emparedado de núcleo. Antes de ser cortadas, las mechas arrolladas 174 son aseguradas contra desenredamiento, por ejemplo al ser envueltas en cualquier lado del corte con hilo 179 impregnado con adhesivo fundido en caliente, o aplicando cinta adhesiva alrededor del lugar del corte, o aplicando adhesivo a las mechas. Si se desea, las tiras 170 de espuma pueden ser arrolladas con una película de barrera aplicada antes de las capas de mecha para proteger la espuma de la humedad, ataque por resina o similares.

Las tiras acabadas 178 se hacen avanzar hacia el extremo de alimentación del aparato 200 de formación de núcleos ilustrado en la figura 15 y son insertadas en el aparato como se ha descrito en relación con la figura 15, o son hechas avanzar hacia un aparato (no mostrado) para unir las tiras conjuntamente con un velo adhesivo 241, como se muestra en la figura 18. El coste del trabajo por unidad de superficie del núcleo producido es muy bajo. En una variante del procedimiento de arrollamiento descrito en relación con la figura 12 se aplica a la superficie de la tira 170 de espuma una capa 180 de mechas fibrosas longitudinales, en una dirección paralela al eje longitudinal de la tira y antes de que las mechas 174 sean arrolladas alrededor de la tira de manera que la capa 180 sea mantenida en posición por las mechas arrolladas 174. Las mechas de la capa longitudinal 180 son suministradas desde paquetes 181 de mechas estacionarios y son impulsadas a través del aparato de arrollamiento 171 por el movimiento de avance de la tira 170 de espuma que avanza. Las mechas longitudinales pueden ser aplicadas a dos caras opuestas de la tira, como se muestra en la figura 12, para servir como elementos de revestimiento de panel emparedado, como se describirá en relación con la figura 14. Alternativamente, las mechas longitudinales pueden ser aplicadas a todas las caras de la tira de espuma con el fin de proporcionar las propiedades de compresión y pandeo requeridas para columnas estructurales.

La figura 13 proporciona una vista detallada de una tira arrollada 178 de espuma, que muestra la disposición en capas y la orientación de los cuatro conjuntos de mechas porosas y fibrosas aplicadas durante el proceso de arrollamiento ilustrado en la figura 12. En la figura 13, todas las mechas son mostradas con sección transversal plana y están estrechamente separadas para cubrir la superficie de la tira 170 de espuma de plástico de celdas cerradas. Las capas 180 de mechas longitudinales cubren las caras superior e inferior de la tira 170 de espuma. La primera capa 176 de mecha arrollada, mostrada con un ángulo de +45 grados, cubre las capas longitudinales 180 de mechas y las caras laterales de la tira 170 de espuma. La segunda capa 177 de mechas arrolladas, en un ángulo de -45 grados, cubre la primera capa arrollada 176. Cuando son impregnadas a continuación con una resina termoendurecible curable o resina termoplástica endurecible, producen un elemento estructural que tiene las propiedades generales de una viga de sección transversal tubular, rectangular.

La figura 14 ilustra un panel emparedado de núcleo de espuma reforzado de la construcción híbrida de banda y puntal que se intersecan, descrita anteriormente en relación con la figura 1, pero en el que las tiras 178 de mechas arrolladas mostradas en la figura 13, son sustituidas por las tiras 33 de espuma con las láminas 34 de banda unidas, mostradas en la figura 1. Además, la figura 14 incorpora mechas en lugar de telas tejidas o tricotadas para formar los revestimientos de panel emparedado, en el método de producción mostrado en la figura 15. Esta combinación de tiras de núcleo de espuma de mechas arrolladas y revestimientos de panel de mechas aplicadas proporciona importantes ventajas estructurales y de coste. Haciendo referencia de nuevo a la figura 14, un panel compuesto estructural 190 comprende un núcleo 191 de espuma de plástico de células cerradas, reforzado con fibras, y revestimientos opuestos 192 reforzados con fibras. El núcleo de espuma reforzado 191 comprende una pluralidad de tiras paralelas 178 mostradas en la figura 13. Si se desea, las tiras 178 de espuma pueden estar provistas de mechas arrolladas diagonalmente sólo en una dirección alternando tiras arrolladas hacia la derecha y hacia la izquierda mientras se forma el núcleo de panel emparedado, de manera que los bordes arrollados adyacentes están a más o menos orientación angular, en lugar de ambos con la misma orientación y por lo tanto desequilibrados estructuralmente.

Las tiras arrolladas 178 de espuma son cortadas en ángulo recto por una pluralidad de filas paralelas de barras o puntas separados 193 que se extienden entre las caras del núcleo, y están hechas de mechas de refuerzo porosas y fibrosas. Los puntales 193 dentro de cada fila están inclinados según ángulos agudos opuestos entre sí, con respecto a los revestimientos 192 del panel y a las superficies planas de las tiras arrolladas 178. Superponiéndose a las tiras arrolladas 178 hay una capa de mechas de revestimiento paralelas porosas y fibrosas 194 que se extienden en una dirección paralela al plano de las filas de puntales 193 y perpendiculares a las tiras arrolladas 178 y su capa longitudinal 180 de mechas. Un velo, esterilla o cañamazo 195, fibroso, de poco peso, se superpone a la capa 194 de mechas de revestimiento que puede ser aplicada al panel 190 ya sea en la forma de una pluralidad de mechas discretas o como un tejido unidireccional que tiene mechas adheridas con anterioridad a un velo de poco peso. Las partes extremas de los puntales 193 penetran en todas las capas de mechas longitudinales 180, mechas arrolladas 176 y 177, mechas 194 de revestimiento y velo 195, y estas partes extremas se superponen al velo 195.

El panel ilustrado en la figura 14 ha sido invertido desde la posición en la que es producido en el aparato de la figura 15 con el fin de mostrar las mechas continuas que comprenden los puntales 193. Como se muestra en la figura 14, una pluralidad de mechas continuas han sido cosidas a través del panel emparedado 190 según ángulos opuestos y desde el mismo lado del panel, estando cada segmento 196 de mecha continuo enclavado consigo mismo en una configuración de puntadas de cadeneta. Se ha de entender que se pueden usar métodos de cosido alternativos, por ejemplo cosido en bucle o bucles cortados como se muestra en la figura 1.

Una importante característica de la estructura de refuerzo fibrosa mostrada en la figura 14 es que la capa longitudinal 180 de mechas sobre las tiras arrolladas 178 comprende los refuerzos transversales de los revestimientos 192 del panel de emparedado, y las capas 176 y 177 de mechas de +45 grados y -45 grados que se superponen a la capa longitudinal 180 constituyen también elementos de los revestimientos del panel emparedado. Es decir, los elementos de banda de los refuerzos del núcleo están compuestos de las mismas mechas arrolladas continuas que los elementos de revestimiento a +45 grados y -45 grados. Esto da lugar a mayor resistencia a la exfoliación entre el núcleo y la estructura de revestimiento, ya que las bandas de refuerzo del núcleo del tipo de banda no terminan junto a los revestimientos de panel como en la figura 1. Las capas 180, 176 y 177 de mechas, que curen las tiras 178 de espuma de cubierta, también anclan las partes extremas de los puntales 193.

El núcleo reforzado 190 mostrado en la figura 14 puede ser también producido omitiendo las capas 180 y 194 de mechas y el velo 195, que comprenden elementos de revestimiento continuos a través de la longitud y/o la anchura del panel. Esto puede ser deseable cuando los núcleos de refuerzo se utilizan para producir grandes paneles emparedados, por ejemplo cascos de barcos, que consisten generalmente en una pluralidad de núcleos adyacentes entre sí y entre los revestimientos del panel. En tales paneles, se prefiere generalmente utilizar revestimientos de longitud y anchura suficientes para proporcionar continuidad estructural a través de cierto número de núcleos, en lugar de utilizar núcleos que tengan revestimientos previamente unidos, ya sea que tales revestimiento previamente unidos comprendan tejidos de refuerzo o de mechas integradas en el núcleo como se ha descrito en relación con la figura 14. Cuando se omiten los elementos 180, 194 y 195 de revestimiento continuos, las tiras arrolladas 178 permanecen firmemente retenidas juntas como un núcleo unitario por la fricción de las mechas 193 del puntal que se intersecan con núcleos adyacentes y por los segmentos continuos de mechas de puntal que están cosidos a lo largo de las caras superior e inferior de tiras 178. En esta configuración, las partes extremas 196 de puntales 193 no se extienden a través de los revestimientos del panel emparedado, sino que, en vez de ello, están atrapadas entre la capa de mechas exterior 177 y los revestimientos de panel aplicados a la superficie del núcleo.

Las tiras 178 de espuma de mechas arrolladas de las figuras 12-14 están mostradas con sección transversal rectangular. Si se desea, estas tiras pueden ser de otras secciones transversales, por ejemplo de paralelogramo o triángulo, como se muestra en las figuras 4, 5 y 19.

La Patente U.S. No. 5.904.972 describe elementos de núcleo de panel emparedado compuestos de bloques o tiras discretos de espuma de plástico envueltos con tejidos de refuerzo arrollados. Una pluralidad de los bloques envueltos se apilan entre revestimientos de panel emparedado en un molde en una configuración de panel de abeja, con las partes extremas de los bloques de espuma y las partes de borde del tejido envueltas adyacentes a los revestimientos de panel. Las tiras de espuma 178 arrolladas helicoidalmente, mostradas en la figura 13 de la presente invención, pueden ser sustituidas por estos bloques envueltos para proporcionar propiedades estructurales comparables con ahorros notables sobre el coste de tejidos y de trabajo de fabricación.

Como se describe en la Patente No. 5.904.972, puede ser deseable extender las partes de borde del tejido de refuerzo más allá de los extremos de los bloques de espuma, de manera que aquellas puedan ser dobladas para formar una pestaña o brida para la unión estructural mejorada a los revestimientos de panel emparedado. Una extensión similar de las capas longitudinales 180, 176 y 177 de mechas de la figura 13 se puede conseguir alternando bloques de espuma sacrificables (no mostrados) extremo con extremo con tiras 170 de espuma de núcleo, arrollando la espuma como se ha escrito anteriormente, cortando las tiras envueltas a través de la parte media de los bloques de espuma sacrificables y eliminando los bloques sacrificables. Las tiras 170 de espuma pueden ser provistas también de micro-ranuras superficiales antes de la inserción en el aparato de arrollamiento 171. Otros materiales de núcleo apropiados pueden sustituir a la espuma de plástico utilizada para las tiras o bloques arrollados, por ejemplo madera de balsa o botellas de plástico huecas, obturadas, de forma geométrica similar.

Puesto que las propiedades estructurales de los núcleos del panel emparedado mostrado en las figuras 1-19 son usualmente proporcionadas principalmente por la estructura fibrosa de refuerzo del núcleo, la espuma de plástico de celdas cerradas que comprenden los núcleos puede ser seleccionada sobre la base de otras propiedades deseadas del panel, tales como resistencia al agua o al fuego, aislamiento térmico o transmisión de luz. Por ejemplo, se pueden impregnar espuma de polietileno traslúcida y materiales de refuerzo de fibra de vidrio con resina traslúcida para producir un panel de transmisión de luz y de soporte de carga para usar como techo de remolques de carretera o techos de edificios. Está también dentro del alcance de la invención sustituir la espuma de plástico por otros materiales celulares, tales como espuma de carbón o madera de balsa.

Las figuras 1-8, 10, 11 y 14 ilustran núcleos reforzados con fibras y paneles emparedados que son producidos en parte insertando, o cosiendo, elementos de refuerzo porosos y fibrosos tales como mechas de fibra de vidrio a través del espesor de materiales de núcleo de espuma plástica. Esto se puede conseguir por medio del aparato 200 ilustrado en la figura 15. Una pluralidad de tiras 201 de espuma se insertan adyacentes entre sí en un aparato de coser 200. Las tiras 201 pueden ser de sección transversal rectangular u otra y pueden estar provistas de bandas unidas porosas y fibrosas de tejido de refuerzo o de mechas de refuerzo arrolladas, porosas y fibrosas, como se ha descrito anteriormente. Se ha de entender que, si se desea, placas de espuma con una longitud esencialmente mayor que la anchura de las tiras 201 pueden comprender el material de espuma de plástico.

Las tiras 201 se hacen avanzar en general en pasos iguales, por ejemplo mediante una barra de presión (no mostrada) de movimiento en vaivén o cintas sin fin móviles 202, hacia cabezas de coser 203 y 204, a las cuales están firmemente unidas una pluralidad de agujas tubulares 205, cánulas o ganchos compuestos, adaptados a perforar y para la inserción de mechas fibrosas. Las cabezas de coser 203 y 204 están inclinadas según ángulos opuestos con respecto a la superficie de las tiras 201. Cuando las tiras 201 detienen el avance al final del paso hacia adelante, las cabezas de coser 203 y 204 de movimiento en vaivén insertan las agujas 205 dentro y a través de las tiras 201. Las agujas se sitúan exactamente en sus puntos de entrada en las tiras 201 por medio de guías 207 de agujas. Las mechas porosas y fibrosas 208, que han sido suministradas desde paquetes de mechas arrolladas (no mostrados), son insertadas por medio de las agujas 205 a través de las tiras 201 y emergen en la superficie opuesta a sus puntos de entrada en la forma general de los bucles 115 como se muestra en la figura 8.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 15, los bucles 115 son agarrados por el aparato (no mostrado) que retiene los bucles formados más allá de la superficie de las tiras desde las cuales han emergido y, si se desea, los acopla con otros bucles para formar un punto de cadeneta como se muestra en la figura 14 o con mechas suministradas separadamente para formar un punto de bucles. Entonces se retraen las cabezas de coser 203 y 204, que hacen avanzar hacia las agujas 205 una longitud predeterminada de mechas 208 suficiente para formar la siguiente puntada. Después de la retracción, la fila de tiras 201 avanza un paso o distancia predeterminada y se detiene, y las cabezas de coser 203 y 204 se mueven en vaivén para insertar el siguiente par de puntales opuestos. El conjunto unificado de tiras 201 retenido conjuntamente por mechas cosidas 208 que intersecan las tiras es cortado por una sierra u otros medios adecuados en núcleos 209 de longitud deseada.

El aparato de coser 200 puede ser usado para producir paneles 209 que tienen revestimientos porosos y fibrosos previamente unidos, como se muestra en la figura 1. Haciendo referencia de nuevo a la figura 15, el tejido 210 de refuerzo del revestimiento se aplica desde rollos y se hace avanzar adyacente a las caras opuestas del panel 206 hacia las cabezas de coser 203 y 204. A medida que las mechas son cosidas a través de las tiras 201 que forman el panel 206, las mechas se superponen al tejido 210 de revestimiento y unen mecánicamente el tejido 210 al panel 206.

El aparato 200 mostrado en la figura 15 puede ser utilizado también para producir paneles emparedados en los cuales todos los componentes de refuerzo estructurales, tanto del núcleo como de los revestimientos, comprenden mechas fibrosas de bajo coste, como se muestra en la figura 14. Una capa de mechas longitudinales 194 de revestimiento (figura 14) es aplicada a la superficie del panel 206 durante su producción en el aparato de coser 200 mostrado en la figura 15. Una pluralidad de mechas porosas y fibrosas 211 suficiente para cubrir las caras del panel son impulsadas por el panel 206 en avance desde los paquetes de suministro de mechas (no mostrados) y avanzan adyacentes a las caras expuestas de las tiras 201 hacia las cabezas de coser. Un velo, esterilla o cañamazo 210, delgado y poroso, es impulsado desde rollos por medio del panel 206 que avanza, para superponerse a las mechas 211 y mantenerlas en posición después de que las mechas 208 hayan sido cosidas a través del panel 206. Las tiras 201 han sido provistas de una capa 180 de mechas longitudinal, como se muestra en la figura 14, de manera que las capas 180 y 194 de la figura 14 comprenden los refuerzos transversales y longitudinales del revestimiento del panel 206 producidos en la figura 15. Está también dentro del alcance de la invención proveer al aparato 200 de producción de paneles de un mecanismo de movimiento en vaivén (no mostrado) que aplica mechas transversales y en ángulos de doble bies a las caras del panel 206. Esto permite la producción de los paneles 150 mostrados en la figura 11, en los que el núcleo de espuma no comprende tiras arrolladas 178 que contengan la capa 180 de mechas.

En otra realización preferida de la presente invención, se consigue resistencia bidireccional del panel disponiendo tiras 177 de espuma arrolladas con miembros de refuerzo transversales internos, en lugar de insertar mechas estructurales 193 a través de las tiras 177. Haciendo referencia a la figura 16, la tira 220 de espuma reforzada comprende una pluralidad de bloques o piezas 221 de plástico en espuma separadas por láminas 222 de material de refuerzo fibroso a modo de banda, tal como tejido o esterilla de fibras de vidrio o fibras de carbono. Piezas de

espuma 221 y bandas de refuerzo 222 se conectan entre sí adhesivamente para facilitar el tratamiento y la manipulación, mientras se mantiene esencialmente la porosidad del material de banda, como se describe en la Patente U.S. 5.834.082. La tira reforzada 220 puede estar provista de una ranura 223 para el flujo de resina. Se ha de entender que las piezas de espuma 221 pueden ser sustituidas por otros materiales, por ejemplo madera de balsa o cubos de plásticos moldeados por soplado, sin comprometer la forma o la integridad estructural del núcleo.

Haciendo referencia a la figura 17, la tira reforzada 230 está provista de capas 176 y 177 de mechas fibrosas, como se muestra en las figuras 12 y 13, para formar la tira reforzada arrollada 233. Si es necesario para aumentar la resistencia a la flexión o axial, puede estar prevista también la capa 180 de mechas mostrada en la figura 13. Haciendo referencia a la figura 18, el núcleo reforzado 240 está compuesto de una pluralidad de tiras reforzadas arrolladas 233 mantenidas juntas como una estructura unitaria por velos 241 adheridos con aglutinante activado por calor a las caras opuestas del núcleo 240. Si se desea, para conseguir mayor flexibilidad a la flexión, el velo 241 puede ser aplicado sólo a una superficie del núcleo. Otros medios de utilización de la estructura de núcleo incluyen adherir bandas paralelas de hilo o cañamazo fundido en caliente a través de las tiras arrolladas o aplicando adhesivo sensible a la presión a las caras de las tiras que están en contacto unas con otras. En lugar de velos 241, se puede adherir tejido o esterilla estructural a la superficie del núcleo para formar una preforma de panel emparedado preparada para la impregnación. Cuando se sitúan uno o más núcleos 240 en un molde entre refuerzos de revestimiento de tejido y se hace fluir resina a través de la estructura de núcleo y revestimiento y se cura para formar un panel compuesto estructural, bandas 222 de tejido y bandas 242 de mechas compuestas de cuatro capas 176 y 177 de mechas arrolladas forman una estructura de refuerzo similar a una parrilla, y las partes de capas arrolladas 176 y 177 adyacentes a los revestimientos del panel proporcionan unión adhesiva excepcional para resistir las fuerzas de cizallamiento. La construcción articulada del núcleo 240 permite también un alto grado de adaptabilidad a superficies de molde curvadas.

La figura 19 ilustra una realización de un núcleo 250 de fibras arrolladas en el que se consiguen resistencia bidireccional y rigidez sin la adición de bandas internas o de puntales de mechas. El núcleo 250 reforzado con fibras comprende una pluralidad de tiras triangulares 251 de espuma que han sido provistas de capas 252 y 253 de mechas fibrosas arrolladas helicoidalmente para formar tiras 254 envueltas de manera arrollada. Las tiras triangulares arrolladas 254 son mantenidas juntas como una estructura de núcleo unitaria por velos 255 adheridos con un aglutinante activado por calor a la capa exterior 253 de mechas arrolladas de tiras arrolladas 254. Los ángulos con los cuales son cortadas las tiras triangulares 251 pueden ser seleccionados para el equilibrio deseado de resistencia al cizallamiento y a la compresión.

Está dentro del alcance de la presente invención utilizar cualquiera de dos tipos generales de resina endurecible para infiltrar o impregnar los refuerzos porosos y fibrosos de los núcleos y revestimientos. Resinas termoendurecibles tales como poliéster, éster de vinilo, epoxídicas y fenólicas, son resinas líquidas que se endurecen mediante un proceso de curado químico, o reticulación, que tiene lugar durante el proceso de moldeo. Resinas termoplásticas, tales como polietileno, polipropileno, PET y PEEK, que han sido previamente reticuladas, son licuadas mediante la aplicación de calor antes de la impregnación en los refuerzos y se vuelven a endurecer a media que se enfrían dentro del panel.

Como una alternativa a la impregnación de materiales de refuerzo porosos de la estructura de panel ensamblada con resina líquida, los materiales de refuerzo pueden comprender tejidos y mechas que han sido previamente impregnados con resinas termoendurecibles parcialmente curadas que son a continuación curadas por la aplicación de calor. Análogamente, los materiales de refuerzo de mechas y tejidos pueden ser previamente impregnados con resinas termoplásticas o mezclados con fibras termoplásticas que son a continuación fundidos conjuntamente por medio de la aplicación de calor y presión.

Está además dentro del alcance de la invención unir a las caras de los núcleos de espuma reforzados materiales de chapa rígidos de revestimiento, tales como acero, aluminio, madera contrachapada o plástico reforzado con fibras de vidrio. Esto se puede conseguir impregnando los refuerzos del núcleo con resina curable o endurecible y aplicando presión a los revestimientos rígidos mientras cura la resina, o impregnando y curando la estructura de refuerzo del núcleo antes de unir revestimientos rígidos al núcleo con adhesivos.

Las figuras 20-23 muestran los pasos en la construcción de un panel de núcleo de espuma reforzado con fibras que comprende tiras arrolladas helicoidalmente y que tiene resistencia bidireccional mejorada y ventajas útiles de fabricación. En la figura 20 están conectadas juntas tiras 178 de espuma arrolladas helicoidalmente para formar el panel 260 de núcleo reforzado unidireccionalmente. Si se desea, las tiras 178 que comprenden capas arrolladas de mechas 176 y 177 (figura 2) pueden incorporar láminas 94 de banda generalmente paralelas a las caras del panel 260 de núcleo, como se muestra en las figuras 6 y 7, para estabilizar las mechas 176 y 177 contra el pandeo bajo carga. Un método preferido de conectar conjuntamente una pluralidad de tiras que comprenden espuma de baja densidad y mechas de refuerzo arrollada helicoidalmente se muestra en la figura 23, en el que cañamazo 271 de fibras de vidrio, que ha sido recubierto con adhesivo fundido en caliente, es unido a caras opuestas del panel de núcleo mediante la aplicación de calor y presión. El cañamazo 271 o filas de fibras individuales recubiertas de adhesivo pueden ser usados para conectar tiras adyacentes en todas la realizaciones de panel de núcleo mostradas en esta memoria y que comprenden una pluralidad de tiras o bloques.

Las capas 176 y 177 pueden comprender materiales resistentes para la unión adhesiva, por ejemplo resina previamente impregnada parcialmente curada o fibras termoplásticas. Cuando se usan dichos materiales, las mechas 176 y 177 pueden ser provistas de mechas adicionales separadas que comprendan fibras aglutinables tales como fibras de vidrio o fibras de carbono no impregnadas. Haciendo referencia a la figura 21, la capa de mechas 177 cruza y se superpone a la capa de mechas 176. Si se desea, las mechas pueden ser arrolladas sobre la tira de espuma en un proceso de trenzado en el que las mechas 176 y 177 se superponen alternadamente entre sí. Esta opción de trenzado se aplica a todas las realizaciones de la presente invención que comprenden dos o más capas de fibras de refuerzo arrolladas sobre una tira única de plástica de espuma u otro material celular de baja densidad. Las tiras 170 comprenden espuma de celdas cerradas si el panel de núcleo está destinado a la impregnación con una resina termoplástica líquida en un proceso de presión diferencial. Las espumas de celdas tanto cerradas como abiertas pueden ser apropiadas para paneles de núcleo que comprendan mechas previamente impregnadas 176 y 177, o que comprendan componentes de resina termoplástica endurecida. Después del moldeo con revestimientos y resina endurecible, la espuma puede ser eliminada de las tiras de refuerzo 178 mediante chorreo con granalla de aristas cortantes, disolvente o de otro modo, para producir paneles compuestos huecos.

En referencia a las figuras 20 y 22, el panel 260 de núcleo es cortado en una dirección C perpendicular a la longitud de las tiras 178, mediante sierra múltiple u otros medios, en una pluralidad de primeros paneles estrechos 261 de núcleos reforzados por fibras, de espesores deseados. Durante el proceso de corte, las partes extremas seccionadas 262 de mechas 176 y 177 son rasgadas y son hechas sobresalir de la superficie de tiras 170 de espuma debido a la supresión de una capa de espuma por el proceso de corte. Haciendo referencia a la figura 23, una pluralidad de primeros paneles 261 de núcleo estrechos se conectan conjuntamente usando cañamazo adhesivo 271, para formar un panel bidireccional 270 de núcleo que tiene bandas de refuerzo que se extienden longitudinal y transversalmente. Las partes extremas sobresalientes 262 de mechas de refuerzo 176 y 177 ayudan en la realización de una conexión adhesiva a revestimientos de panel opuestos (no mostrados) cuando el panel es infiltrado con resina endurecible. Si se desea, cada tira 170 puede ser arrollada helicoidalmente con una capa única de mechas 176 y capas adyacentes de mechas 176 comprenderán todavía capas de cruce que tienen propiedades estructurales equilibradas. Análogamente, todos los paneles de núcleo descritos en esta memoria y que comprenden tiras adyacentes pueden ser arrollados con una capa única de mechas que se extienda helicoidalmente.

Se pueden producir núcleos de mayor resistencia a la compresión disponiendo tiras arrolladas 178 con mechas axiales 180 en uno o más lados de tiras 170 de espuma antes del arrollamiento, como se muestra en la figura 13. En un panel de núcleo acabado 270 estas mechas axiales, que pueden ser similarmente aplicadas a paneles 290 y 300 de núcleo, se extienden perpendicularmente entre las caras del panel. Una ventaja importante del panel 270 de núcleo bidireccionalmente reforzado es que puede ser rápidamente producido en cualquier espesor deseado a partir de una reserva previamente existente de paneles de núcleo unidireccionales 260, simplemente hendiendo el panel 260 en primeros paneles estrechos 261 de núcleo cuya anchura corresponda al espesor deseado del panel y conectando las tiras conjuntamente como se ha descrito anteriormente.

El panel 270 de núcleo puede estar provisto de una conexión estructural sensiblemente mejorada a revestimientos de panel, como se muestra en las figuras 24-26. Es decir, un panel de núcleo estrecho 261 (figura 24), que comprende tiras 170 de espuma y capas arrolladas de mechas 176 y 177, está provisto de capas adicionales 281 y 282 de mechas arrolladas helicoidalmente, que se superponen a capas 176 y 177 para formar un segundo panel de núcleo estrecho 280. Una pluralidad de paneles 280 se conectan conjuntamente, usando cañamazo adhesivo 271 u otros medios, para formar el panel de núcleo reforzado 290, mostrado en la figura 26. Capas de mechas arrolladas 281 y 282 forman bandas continuas que se extienden entre las caras del panel de núcleo 290, mientras las capas de mechas 176 y 177 forman bandas continuas que se intersecan con las bandas continuas. La totalidad de las cuatro capas de mechas se conectan al panel emparedado. La figura 25 muestra con detalle la zona ampliamente aumentada de unión de mechas fibrosas de refuerzo del núcleo a los revestimientos del panel. Haciendo referencia de nuevo a la figura 24, si se omite la capa de mechas 282, las capas de mechas 281 en tiras arrolladas adyacentes 280 formarán bandas de refuerzo en las que las mechas 281 se cruzan en ángulos opuestos.

La figura 27 muestra una variante de panel 290 de núcleo reforzado bidireccionalmente, en el que segundos paneles 280 de núcleo estrechos son girados 90 grados desde la orientación mostrada en la figura 26 antes de ser conectados conjuntamente. En la configuración de la figura 27, las capas apretadas de mechas de cada panel 280 de núcleo arrollado se sitúan dentro del núcleo en lugar de adyacentes a los revestimientos. La orientación del panel arrollado 280 es seleccionada para producir ya sea el panel de núcleo 290 o el panel de núcleo 300, según se determina por el equilibrio deseado de resistencia y rigidez entre las bandas de refuerzo y los revestimientos del panel.

Los paneles de núcleo bidireccional producidos arrollando helicoidalmente miembros de refuerzo, tales como los ilustrados en las figuras 23 y 26, están compuestos de una pluralidad de bloques de espuma que están unidos conjuntamente. Esta configuración articulada permite al panel adaptarse a superficies curvadas, siempre que la cara convexa del panel sea unificada por fibras de cañamazo de resistencia a la tracción relativamente pequeña, o la curvatura se consigue aplicando calor para ablandar el adhesivo que conecta el cañamazo a la cara del panel. Haciendo referencia a la figura 23, el cañamazo adhesivo 271, de elevada resistencia a la tracción, tal como fibra de vidrio, puede ser aplicado a caras opuestas del panel 270 de núcleo después de formar el panel con curvatura simple o compuesta contra un útil de conformación. Después de consolidarse el adhesivo de cañamazo, puede ser

suprimida la presión y el panel de núcleo 270 mantiene su curvatura. Este método es útil para la producción de preformas que pueden ser cargadas eficientemente en moldes curvados. El cañamazo adhesivo puede ser usado también de esta manera para producir preformas curvadas que comprendan plástico de espuma no reforzado.

5 Los paneles con núcleo que se utilizan con revestimientos delgados, por ejemplo techos para remolques, pueden proporcionar adecuadas resistencia al cizallamiento y rigidez en el núcleo, pero insuficiente soporte para los revestimientos bajo condiciones de impacto o cargas de compresión. El pobre soporte de revestimiento puede ser debido a la ausencia de refuerzos de núcleo que se superpongan a las caras del panel de núcleo, como en la figura 23, o al uso de tiras relativamente anchas de espuma arrolladas helicoidalmente que comprende el panel de núcleo, lo que da lugar a bandas ampliamente espaciadas que soportan los revestimientos. En la figura 27 se muestran unos medios de proporcionar soporte de revestimiento adicional, en la que el panel de núcleo unidireccional 300, que comprende una pluralidad paneles de núcleo estrechos 280, ha sido provisto de miembros de soporte 301 delgados y rígidos. En una realización preferida, los miembros de soporte 301 comprenden mechas fibrosas, por ejemplo fibra de vidrio, que son insertadas en hendiduras formadas en paneles de núcleo estrechos 261, mostrados en la figura 22, antes de que los paneles 261 sean arrollados helicoidalmente con mechas de refuerzo 281 y 282 para formar el panel de núcleo estrecho 280, mostrado en la figura 24. Los miembros de soporte 301, tienen una sección transversal rectangular generalmente en forma de viga y están a su vez soportados en cada punto en el que intersecan las bandas de refuerzo 302 del núcleo, que comprenden capas arrolladas de mechas 176 y 177, mostradas en la figura 22. Haciendo referencia de nuevo a la figura 27, las cargas de compresión o de impacto aplicadas a los revestimientos 291 del panel son transferidas por miembros 301 de soporte de revestimientos a bandas de refuerzo 302, evitando de ese modo daños a los revestimientos 291.

Las figuras 28-30 ilustran otra realización de la presente invención, en la que tiras 310 reforzadas con fibras están provistas de mechas de refuerzo 311 que se extienden axialmente a lo largo de uno o ambos lados de las esquinas de tiras 170 de espuma y por debajo de una o más capas arrolladas helicoidalmente de mechas 176 y 177. Esta construcción está mostrada ampliada en la figura 29. Cuando una pluralidad de tiras reforzadas 310 están conectadas conjuntamente como se ha descrito anteriormente para formar el panel 320 de núcleo reforzado como se muestra en la figura 30, pares adyacentes de bandas de refuerzo compuestas de mechas que se cruzan, arrolladas helicoidalmente, cooperan con mechas axiales 311 de esquina para formar, en efecto, una pluralidad de viguetas de barras estructurales que tienen cuerdas superior e inferior que están separadas por miembros de cizallamiento similares a barras. Esta estructura proporciona superior resistencia al impacto y resistencia mejorada de unión entre refuerzos de bandas y revestimientos de panel, y permite el uso de refuerzos de revestimiento reducidos. Si se desea, se pueden añadir también mechas axiales 311 de esquina en la construcción de paneles de núcleo bidireccional tal como se muestra en las figuras 24-26.

Se pueden disponer mechas axiales adicionales por debajo de mechas arrolladas para cubrir cualquiera o la totalidad de las superficies de tiras 170 de espuma en cualquiera de las formas de la presente invención que tienen miembros de refuerzo arrollados helicoidalmente. Se pueden utilizar tiras reforzadas simples 310 (figura 28), después de moldear con resina endurecible, como miembros estructurales discretos, tales como columnas o vigas de caja. El comportamiento de tales miembros estructurales puede ser mejorado además disponiendo miembros de refuerzo transversales como se muestra en las figuras 17 y 24 y disponiendo mechas axiales adicionales para cubrir todas las superficies de espuma expuestas. Las columnas pueden ser además reforzadas por capas de material de refuerzo de envolvimiento helicoidal, por ejemplo tejido de fibras de vidrio o de fibras de carbono, alrededor de las tiras 170 de espuma en las partes extremas de las tiras, o en otras zonas deseadas de las tiras, antes de arrollar capas de mechas sobre las tiras, con la finalidad de proporcionar resistencia mejorada en zonas de unión estructural.

Se pueden producir económicamente miembros estructurales moldeados similares a columnas mediante un procedimiento continuo en el que la salida de espuma reforzada con fibras de un aparato de arrollamiento helicoidal se alimenta directa y continuamente a un aparato de moldeo, por ejemplo un aparato de pultrusión de inyección de resina (no mostrado) para la aplicación de resinas termoendurecibles. Análogamente, mechas de fibras de vidrio arrolladas helicoidalmente, mezcladas conjuntamente con filamentos termoplásticos, tales como mechas de "Twintex", fabricadas por Saint-Gobain Vetrotex, pueden ser mezcladas conjuntamente y endurecidas al hacerlas avanzar continuamente a través de un aparato (no mostrado) que aplica sucesivamente calor y enfriamiento a la estructura de espuma reforzada con fibras. Está también dentro del alcance de la invención proporcionar un procedimiento continuo en el que el producto reforzado con fibras de un aparato de arrollamiento helicoidal es cortado para formar componentes de longitud predeterminada y dichos componentes son suministrados a un molde para subsiguiente aplicación y endurecimiento de resina.

55 La figura 31 ilustra un panel 330 de núcleo unidireccional reforzado con fibras, que comprende una pluralidad unificada de tiras 331 arrolladas helicoidalmente, en el que es proporcionado soporte para revestimientos de panel entre bandas de refuerzo de núcleo arrolladas helicoidalmente. Al menos dos tiras 170 de espuma están provistas en uno o ambos lados de superficies 332 que pueden comprender material de tiras rígido o pueden comprender material poroso o fibroso, por ejemplo esterilla de fibra de vidrio, dentro del cual fluya resina y se endurezca durante el moldeo del panel de núcleo. En una realización particularmente económica, se cortan tiras 170 de espuma de placas de aislamiento de espuma de plástico de bajo coste producidas en un proceso continuo en el que la espuma es introducida entre láminas continuas de esterilla 332 de fibras de vidrio. Pares de esterillas adyacentes 332

proporcionan soporte notable a los revestimientos de panel entre las bandas de refuerzo del núcleo que comprenden mechas arrolladas helicoidalmente. Los segmentos de esterilla de fibra de vidrio que están adyacentes a las mechas arrolladas cooperan para formar bandas de refuerzo 333 estructuralmente mejoradas, que están compuestas de dos capas de esterilla 332 de fibras de vidrio y cuatro capas de mechas arrolladas 176 y 177. Esta estructura proporciona tanto una cantidad incrementada de fibras de refuerzo, en comparación con bandas que están sólo arrolladas helicoidalmente, como resistencia mejorada al pandeo de la banda bajo carga, debido al mayor espesor global de las bandas. En lugar de esterilla de fibras de vidrio, las tiras 332 pueden comprender una diversidad de otros materiales, incluyendo, por ejemplo, hoja de aluminio, que puede ser utilizada para proteger la tira 170 de espuma durante la aplicación de calor radiante aportado a las tiras 331 con el fin de fundir los componentes termoplásticos de las mechas 176 y 177.

La figura 32 ilustra una forma de panel de núcleo reforzado que puede ser producido en cantidad muy incrementada por un aparato dado de arrollamiento de mechas. El panel 340 de núcleo reforzado comprende tiras alternantes de espuma 178 de plástico, de mecha arrolladas, y tiras 170 de espuma de plástico planas. Aumentando el peso de mechas de refuerzo arrolladas sobre tiras 178, se pueden conseguir propiedades estructurales aproximadamente equivalentes a las del panel 260 de núcleo de tiras uniformes, mostrado en la figura 20, en el panel de núcleo de tiras alternantes mostrado en la figura 32.

El método de arrollar helicoidalmente tiras de espuma permite la producción de paneles emparedados que tienen núcleos cuyas propiedades estructurales varían lo largo de la longitud del núcleo. Esta configuración se consigue variando de manera controlada la separación y el ángulo de las mechas cuando son arrolladas sobre las tiras de espuma que serán a continuación unificadas para constituir paneles de núcleo. La figura 33 muestra la tira arrollada 350 que comprende la tira 170 de espuma y mechas espaciadas 176 y 177 arrolladas helicoidalmente. Haciendo referencia a la figura 12, el ángulo y la separación de las mechas en tiras 170 de espuma se controlan variando la velocidad a la que se hacen avanzar las tiras a través de las cabezas de arrollamiento 172 y 173 a una velocidad dada de rotación de las cabezas. Esta relación puede ser estrechamente controlada mediante el uso de motores programados de accionamiento de transportador. Por ejemplo, a medida que se disminuye la velocidad de alimentación, disminuye la separación de las mechas arrolladas y disminuye el ángulo con el cual las mechas cruzan el eje de la tira. La separación mutua de las cabezas de arrollamiento 172 y 173 es preferiblemente ajustable para que se corresponda con la longitud deseada de la tira 350. La tira arrollada 350 mostrada en la figura 33 ilustra una tira de espuma en la que la densidad y la inclinación angular de las mechas con respecto a las caras de la tira 350 son de altura máxima en los extremos de la tira, con el fin de proporcionar resistencia mejorada a la compresión para resistir cargas concentradas sobre los soportes del panel. Para conseguir resistencia bidireccional mejorada, la tira reforzada 261 mostrada en la figura 22, o la tira reforzada 310 mostrada en la figura 28, puede ser sustituida por la tira 170 de espuma no reforzada mostrada en la figura 33.

La figura 33 ilustra también unos medios de proporcionar resistencia mejorada del revestimiento en paneles compuestos de espesor de núcleo no uniforme. Ello es común en paneles emparedados estructurales para partes de borde compactas del panel que se estrechan o escalonan en descenso hacia un espesor menor, y algunas veces se requieren variaciones de espesor en el interior del panel. Cuando las fibras que comprenden los revestimientos del panel se desvían de una superficie plana, los esfuerzos de tracción o compresión en los revestimientos pueden conducir al fallo de los refuerzos del revestimiento y a la exfoliación de los revestimientos del núcleo del panel. La tira arrollada helicoidalmente 350 mostrada en la figura 33 ha sido provista de capas de mechas axiales 180, como se ha descrito en relación con las figuras 12 y 13, en las caras opuestas de la tira 350 que comprenderán las caras del panel de núcleo reforzado. Como se ha descrito en relación con la figura 14, la capa axial de mechas 180 cumple la función de fibras de revestimiento que se extienden en la dirección de la tira, y las mechas axiales son arrolladas helicoidalmente encima mediante capas de mechas 176 y 177. Bajo condiciones de esfuerzo de flexión, la tendencia de las mechas axiales 180 a fallar en o cerca de la zona 351 de transición de espesor del núcleo se reduce debido a que las capas de mechas arrolladas helicoidalmente restringen el movimiento hacia fuera de las mechas axiales. La estabilidad de las mechas axiales puede ser mejorada adicionalmente disponiendo las tiras 350 con refuerzos transversales, como se ha descrito anteriormente, para evitar que la capa de mechas 180 se pandee hacia dentro.

En paneles de núcleo unidireccional arrollado helicoidalmente, que comprenden espuma de pequeña densidad, la resistencia de bandas de refuerzo relativamente delgadas, en paneles relativamente gruesos, al pandeo bajo compresión o cargas de cizallamiento, puede ser mejorada considerablemente disminuyendo la esbeltez de las bandas. La figura 34 muestra el panel 360 de núcleo que comprende tiras 178 de espuma reforzada con fibras y tiras 361 de separación de bandas, cuya función es cooperar con capas de mechas 176 y 177 para formar bandas de refuerzo compuestas 362. Las tiras de separación 361 pueden comprender espuma de plástico de mayor resistencia a la compresión que la de las tiras de espuma 170, esterilla porosa, u otro material de resistencia suficiente para hacer que la banda de refuerzo compuesta 362 funcione como banda estructural de espesor incrementado. Los componentes de separación y de mechas de a banda compuesta 362 son estructuralmente unidos por medio de la resina usada para impregnar el panel emparedado. Las tiras de separación 361 sirven para dividir la masa de resina presente entre las tiras 170 de espuma y con ello reducir la contracción inducida normalmente en una masa local de resina durante el proceso de curado. Esta contracción reducida a lo largo de bandas de refuerzo aumenta el aplanamiento de los revestimientos del panel moldeado, lo que mejora el aspecto y puede permitir el uso de refuerzos de revestimiento más ligeros.

Los paneles emparedados que comprenden tiras arrolladas helicoidalmente han demostrado ser efectivos en mantener integridad estructural notable después de un impacto balístico de elevada energía, para usar en aplicaciones tales como carcasas para motores de reacción a chorro o respaldo estructural para blindaje diseñado para impedir la penetración mediante proyectiles. La figura 35 ilustra una realización cilíndrica o anular de la presente invención, útil como una carcasa de motor a reacción a chorro, en la que se optimiza la continuidad estructural de propiedades del núcleo eliminando juntas entre los extremos de tiras de espuma arrolladas helicoidalmente, de manera que no se rompe cada mecha arrollada helicoidalmente dentro de todo el panel. El panel de núcleo cilíndrico o anular 370 es producido a partir de una tira única 371 de espuma arrollada helicoidalmente, aplicando la tira 371 continuamente alrededor de un mandril cilíndrico o no cilíndrico en un modelo helicoidal.

La tira arrollada 371, que comprende tiras 170 de espuma de plástico y capas de mechas 176 y 177 arrolladas helicoidalmente, puede ser de formas en sección transversal distintas a la rectangular, por ejemplo triangular, como se muestra en la figura 19, o trapecial y en la que las bandas de refuerzo dentro del núcleo están orientadas según ángulos opuestos para proporcionar al núcleo resistencia transversal al cizallamiento. La resistencia transversal al cizallamiento puede ser proporcionada también disponiendo la tira arrollada 371 con refuerzos transversales internos, por ejemplo como se muestra en la figura 24. Si se desea, puede ser arrollada helicoidalmente una segunda tira continua 371 sobre el panel 370 de núcleo, preferiblemente según un ángulo cruzado, para mayor resistencia. También se pueden mejorar la resistencia circunferencial y la resistencia al impacto del panel de núcleo 370 disponiendo mechas axiales 180 por debajo de las mechas arrolladas 176 y 177, como se muestra en la figura 13. Puede ser aumentada la resistencia al impacto de bala de paneles emparedados que tienen refuerzos de núcleos arrollados helicoidalmente y refuerzos de revestimientos estructurales cosiendo refuerzos fibrosos a través de los revestimientos del panel y el núcleo, según ángulos que se crucen o perpendiculares a los revestimientos de panel, como se ha descrito anteriormente en relación con las figuras 14 y 15. También se pueden usar tiras reforzadas continuas 371, en una o más capas, para formar recipientes cerrados de configuración cilíndrica o en forma de caja y destinados a resistir la explosión, formando la tira 371 alrededor de todas las caras del recipiente y proporcionando revestimientos aplicados por medio de un proceso de arrollamiento de filamentos.

La tira continua 371 puede ser arrollada usando fibras de refuerzo de peso relativamente pequeño y relativamente quebradizas, por ejemplo de estopa de carbono, con el fin de permitir que un objeto balístico, tal como una paleta de ventilador de motor a reacción, penetre en la carcasa cilíndrica sin comprometer gravemente la forma o integridad estructural del panel, y el objeto penetrante sea detenido fuera de la carcasa, por ejemplo mediante una envoltura circundante de tejido de aramida no impregnado con resina, tal como Kevlar. Alternativamente, el panel puede ser diseñado para contener el objeto que impacta mientras se mantiene todavía la integridad del panel. En esta configuración, puede ser deseable emplear, como núcleo, refuerzos cosidos al revestimiento y a través del panel, fibras tales como aramida o acero que se alargarán bajo el impacto y resistirán la penetración. Empleando barreras 41 de película de resina descritas en relación con la figura 1, se pueden mantener capas concretas de estos refuerzos resistentes al impacto generalmente libres de resina durante el moldeo, para optimizar el comportamiento frente al impacto balístico.

La figura 36 muestra una realización de la presente invención en la que tubos huecos sustituyen a las tiras de espuma para producir un panel estructural emparedado que puede ser utilizado para la distribución de aire o agua o como un eficaz intercambiador de calor, especialmente cuando está provisto de fibras de refuerzo de elevada conductividad térmica, tal como carbón. El panel 380 de núcleo reforzado comprende una pluralidad de tubos 381 de pared delgada, que pueden ser rectangulares, triangulares o de otra forma de sección transversal, y que están arrollados helicoidalmente con capas de mechas de refuerzo 176 y 177. Los tubos 381 pueden servir principalmente como mandriles sobre los que sean arrolladas las mechas estructurales y pueden comprender por lo tanto material estructuralmente débil tal como papel hecho rígido. Alternativamente, los tubos 381 pueden comprender material que tenga propiedades estructurales significativas, tales como plástico o aluminio en forma de rollo o extrudido, de preferencia tratado superficialmente para la unión estructural a las capas de refuerzo arrolladas y a revestimientos de panel subsiguientemente aplicados.

Las paredes de tubos 381 que comprenden material flexible delgado pueden estar provistas de una curvatura convexa para resistir la presión durante el proceso de moldeo. La presión de moldeo puede ser también resistida obturando los extremos de los tubos 381 durante el proceso de producción del panel 380 de núcleo durante el proceso de moldeo. Los tubos flexibles obturados, arrollados helicoidalmente, de sección transversal circular, que contienen aire u otro gas y comprenden película plástica u otro material impermeable a la resina, pueden ser unificados para formar un panel de núcleo 380 y pueden ser hechos adaptarse a una sección transversal generalmente rectangular durante el proceso de moldeo aplicando presión a las caras del panel de núcleo usando placas rígidas. Paneles de núcleo 380 que están obturados para evitar la entrada de resina pueden combinarse con refuerzos de revestimiento y moldearse usando resinas líquidas. Cuando las mechas 176 y 177 comprenden resinas termoendurecibles previamente impregnadas, parcialmente curadas, o resinas termoplásticas ablandadas por calor, el panel de núcleo 380 puede ser moldeado por la aplicación de calor sin obturar los extremos de los tubos 381.

Las figuras 37 y 38 muestran una realización de panel de núcleo reforzado en el que los refuerzos de núcleo arrollados helicoidalmente que se extienden entre y sobre las caras del panel de núcleo se extienden también sobre los bordes del panel de núcleo. Esta construcción proporciona superior transferencia de cargas estructurales en el panel de núcleo a paneles de núcleo adyacentes y a los bordes del panel emparedado como se ilustra en la figura

37. Las tiras 170 de espuma espaciadas, preferiblemente provistas de mechas axiales 311 de esquina como se ha descrito en relación con las figuras 28-30, se hacen pasar a través de un aparato de arrollamiento helicoidal como se ha descrito anteriormente, para formar la tira de refuerzo continua 390. La tira 390 comprende una pluralidad de tiras 178 de espuma arrolladas helicoidalmente, axialmente espaciadas, que pueden estar provistas de miembros de refuerzo transversales espaciados como se ha descrito anteriormente, y que están conectadas entre sí por medio de capas de mechas 176 y 177, y las capas de mechas están soportadas entre tiras 178 por medio de mechas 311 que se extienden axialmente, para formar segmentos arrollados huecos 391. Las capas de mecha arrolladas son mantenidas intactas a través de los espacios entre las tiras de espuma.

En un segundo paso, mostrado en la figura 38, las tiras arrolladas 178 están plegadas hacia atrás y hacia delante, de manera que las sucesivas tiras están adyacentes entre sí para formar el panel 400 de núcleo reforzado. Las mechas de refuerzo que comprenden segmentos arrollados huecos 391 están plagadas y abatidas a través de los extremos de las tiras 178, para proporcionar superior unión adhesiva de los extremos de la tira a componentes de panel adyacentes con el fin de transferir cargas estructurales entre los refuerzos interiores del panel de núcleo y los bordes exteriores del panel de núcleo. El panel 400 de núcleo reforzado puede ser producido en tramos continuos aplicando cañamazo adhesivo continuo a segmentos 178 de tira conectados después de haber sido movidos y plegados a contacto con tiras adyacentes. En su forma continua, el panel 400 de núcleo está bien adaptado para procesos de moldeo continuo, tales como pultrusión, vinculados al aparato de arrollamiento helicoidal de mechas.

En otra realización de la invención, paneles de núcleo de espuma reforzado pueden ser provistos de resistencia bidireccional arrollando helicoidalmente mechas de refuerzo sobre tiras de espuma en forma de serpentina. La figura 39 ilustra el panel 410 de núcleo reforzado que comprende tiras de espuma 411 arrolladas helicoidalmente, cada una de las cuales tiene una configuración de serpentina y mostrada con refuerzos 291 de revestimiento de panel emparedado. Las bandas 412 de serpentina, que comprenden capas cruzadas de mechas de refuerzo 176 y 177 arrolladas helicoidalmente, proporcionan al panel 410 de núcleo resistencia al cizallamiento en ambas direcciones longitudinal y transversal, y la relación de resistencia en cada dirección está determinada por la desviación angular de las bandas 412 con respecto a una línea recta. Las tiras 170 de espuma pueden tener bordes paralelos de configuración en serpentina en lugar de bordes simétricos no paralelos mostrados en la figura 39 y pueden ser cortados de placas de espuma usando chorros de agua de sierra múltiples, o alambres calientes o abrasivos o se pueden formar aplicando calor a tiras de espuma lineales termo-conformables. El ángulo de arrollamiento de las mechas o tiras arrolladas que tienen bordes no paralelos, puede ser controlado variando la velocidad de la tira a través del aparato de arrollamiento, como se ha descrito anteriormente.

La resistencia al impacto de paneles emparedados que comprenden núcleos reforzados con fibras impregnados con resinas termoendurecibles puede ser notablemente aumentada incorporando resinas termoplásticas de propiedades de impacto superiores hacia las partes exteriores de los revestimientos del panel emparedado, en lugar de permitir que las resinas termoendurecibles, más quebradizas, se extiendan hacia las superficies exteriores del panel. La figura 40 ilustra una sección muy ampliada del panel emparedado compuesto 420 que comprende el núcleo 260 reforzado con fibras arrolladas helicoidalmente y revestimientos 421 y 422 del panel. La tira 170 de espuma ha sido provista de ranuras 223 de distribución de resina, previamente descritas como ranuras 39 en relación con las figuras 13 y 14. El revestimiento 421 del panel comprende esterilla o tejido de refuerzo fibroso cuyas partes exteriores 423 están impregnadas con resina termoplástica, por ejemplo polipropileno, que se extiende desde la superficie exterior del revestimiento 421 y parcialmente a través del espesor del revestimiento.

Esta capa de resina termoplástica puede ser proporcionada aplicando película termoplástica a un lado del revestimiento fibroso 421 bajo calor y presión antes de impregnar el panel 420 con resina termoplástica. Si se desea, una capa de tejido compuesta de fibras de vidrio y fibras termoplásticas mezcladas conjuntamente, por ejemplo tejido "Twintex" de Saint-Gobain Vetrotex, pueden sustituir a las películas termoplásticas. El tejido mezclado conjuntamente es calentado para formar una superficie exterior termoplástica reforzada y para hacer fluir la resina termoplástica parcialmente a través del espesor del tejido de refuerzo subyacente. Se puede conseguir también resistencia al impacto mejorada aplicando tejido 422 de revestimiento "Twintex", que no ha sido consolidado por aplicación de calor, al panel 260 de núcleo reforzado, e infiltrando todos los refuerzos núcleo y revestimiento con resina termoendurecible. Los filamentos termoplásticos que comprende el revestimiento 422 comunican al revestimiento infundido resistencia mejorada al impacto, y el revestimiento puede ser calentado después de la infiltración para fundir las fibras termoplásticas.

En un método preferido de producir paneles compuestos reforzados con fibras de vidrio arrolladas helicoidalmente que tienen núcleos celulares de baja densidad, tales como espuma de plástico, los paneles de núcleo están provistos de refuerzos de fibras aplicados separadamente y material termoplástico endurecido, en lugar de estar provistos de mechas de filamentos mezclados, tales como tejido "Twintex". Haciendo referencia a la figura 20, las tiras 170 de espuma pueden ser provistas de una capa circundante de resina termoplástica, por ejemplo polipropileno, aplicando resina calentada y licuada a las tiras en un proceso de extrusión continua, después de lo cual la resina se enfría y solidifica antes de arrollar helicoidalmente las mechas de refuerzo 176 y 177 sobre las tiras. Las tiras envueltas 178 pueden ser conectadas conjuntamente, y la resina termoplástica impregna las fibras de refuerzo mediante la aplicación de calor y presión, y los revestimientos que comprenden refuerzos fibrosos y resina termoplástica pueden ser análogamente unidos al panel de núcleo. En lugar de extrusión, las tiras de material termoplástico pueden ser dispuestas adyacentes a las capas de mechas 176 y 177 y entre las tiras 170 de espuma.

5 Todavía en otro método, las tiras 170 de espuma son arrolladas helicoidalmente con capas de mechas 176 y 177, cada una de las cuales está compuesta de una pluralidad de mechas de refuerzo, tales como fibras de vidrio, y mechas termoplásticas. En todos estos métodos de aplicar separadamente refuerzo de fibras y componentes termoplásticos a las tiras de espuma, la subsiguiente impregnación de las fibras de refuerzo por aplicación de calor y presión es generalmente menos completa que la conseguida mediante el uso de mechas de filamentos mezclados. La ventaja de los presentes métodos es que se pueden usar materiales de coste muy bajo, incluyendo termoplásticos reciclados, en el proceso de producción. Se ha de entender que se pueden usar fibras de monofilamentos de diversos materiales flexibles, incluyendo metales y plásticos de elevada resistencia a la tracción, como refuerzos en todos los paneles reforzados con fibras descritos en la presente invención, en lugar de mechas
10 fibrosas que comprenden una pluralidad de filamentos.

Aunque las formas de los núcleos de espuma reforzados y paneles de núcleo descritos en esta memoria y sus métodos de construcción constituyen realizaciones preferidas de la invención, se ha de entender que la invención no está limitada a estas formas precisas y pasos de métodos y que se pueden hacer en ellos cambios sin apartarse del alcance y espíritu de la invención.

15

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un panel (290) de núcleo reforzado con fibras, adaptado para usar con una resina endurecible y para ser insertado en un aparato de moldeo para recibir revestimientos (291), comprendiendo dicho panel (290) de núcleo una pluralidad de tiras paralelas alargadas (280), cada una de las cuales incluye una fila de bloques adyacentes (170), dispuestos longitudinalmente, de material celular de baja densidad;
- 10 caracterizado por una primera capa de mechas fibrosas continuas (176, 177) que se extienden helicoidalmente alrededor de cada uno de los citados bloques de una de dichas filas y al menos una segunda capa de mechas fibrosas continuas (281, 282) que se extienden helicoidalmente alrededor de la citada fila de bloques (170) en cada una de dichas tiras (280) y continuamente a lo largo de la longitud de la citada tira (280), y estando dicho panel (290) de núcleo adaptado para ser movido hacia el aparato de moldeo, en el que son añadidos los revestimientos (291) y es endurecida la resina.
- 15 2. Un panel de núcleo según se ha definido en la reivindicación 1, y que incluye mechas continuas fibrosas (301), generalmente paralelas, que se extienden longitudinalmente a lo largo de la citada tira (280) adyacente a dicha capa de mechas fibrosas continuas (281, 282).
3. Un panel de núcleo según se ha definido en la reivindicación 1, en el que dichos bloques de las citadas tiras paralelas están separados por bloques de separación planos (170) de material celular de baja densidad, estando dichos bloques de separación exentos de las citadas mechas (176, 177).

FIG-1

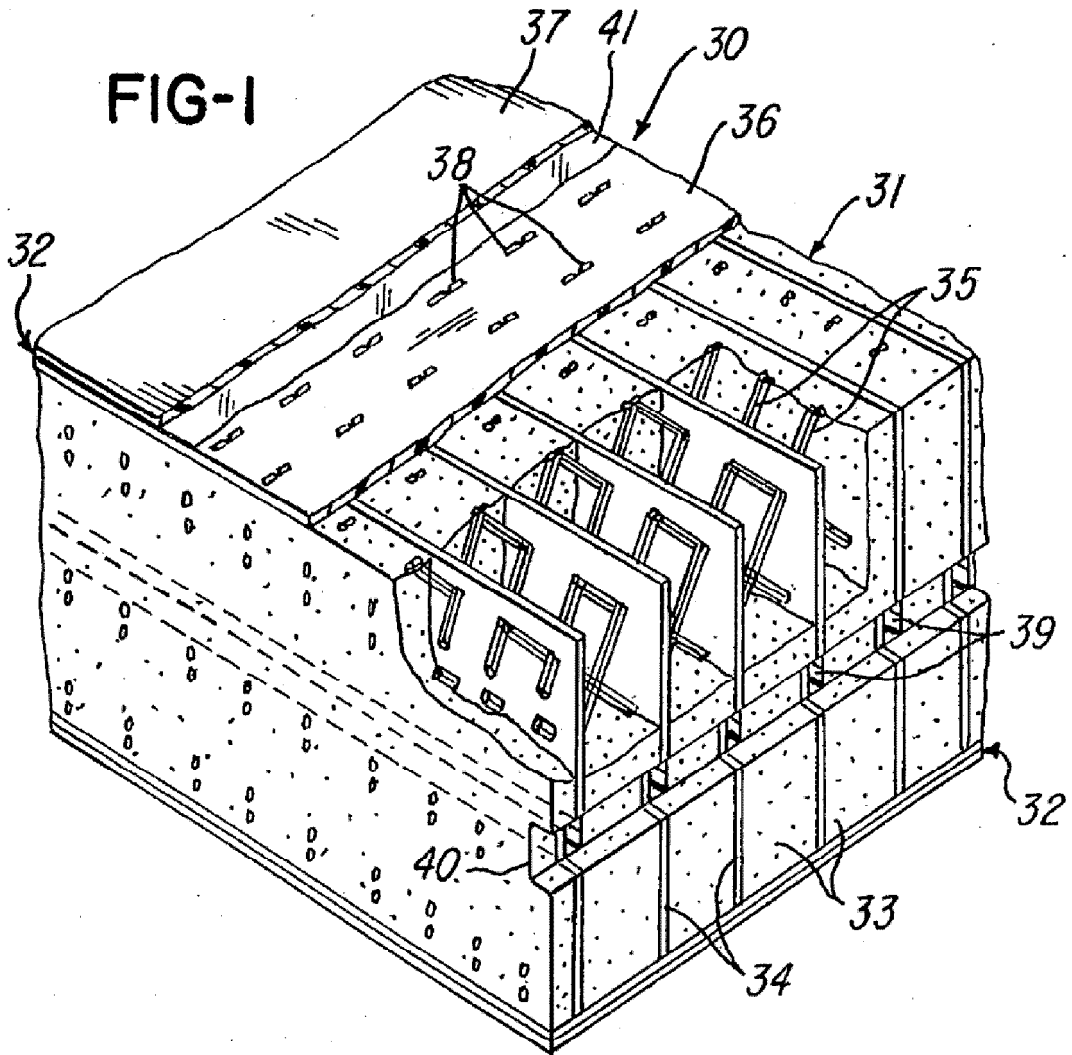


FIG-2

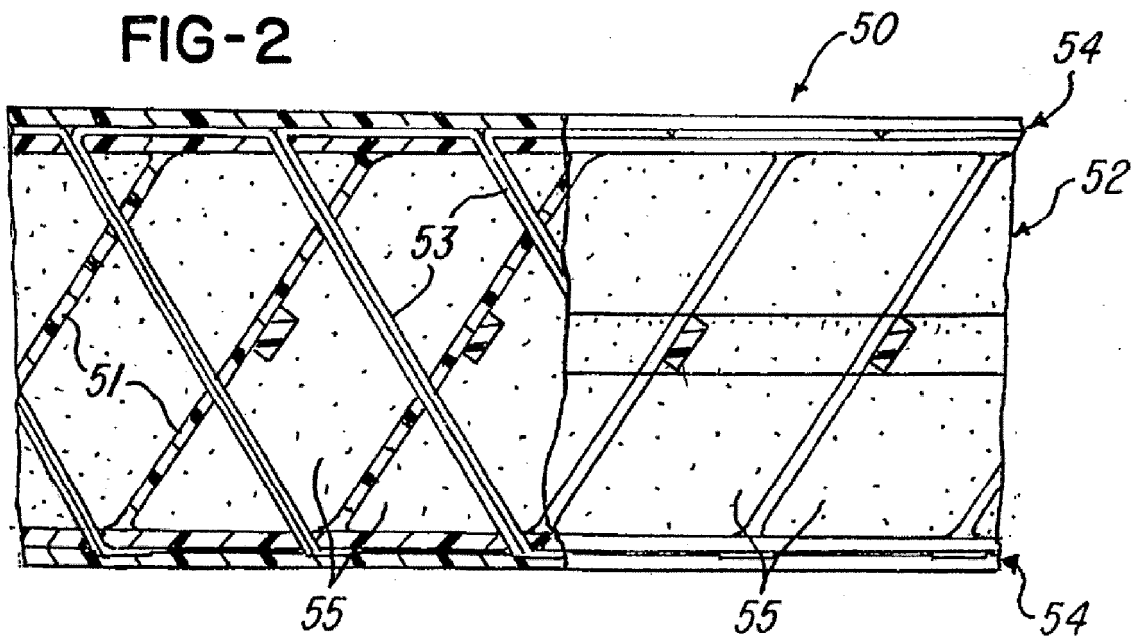


FIG-3

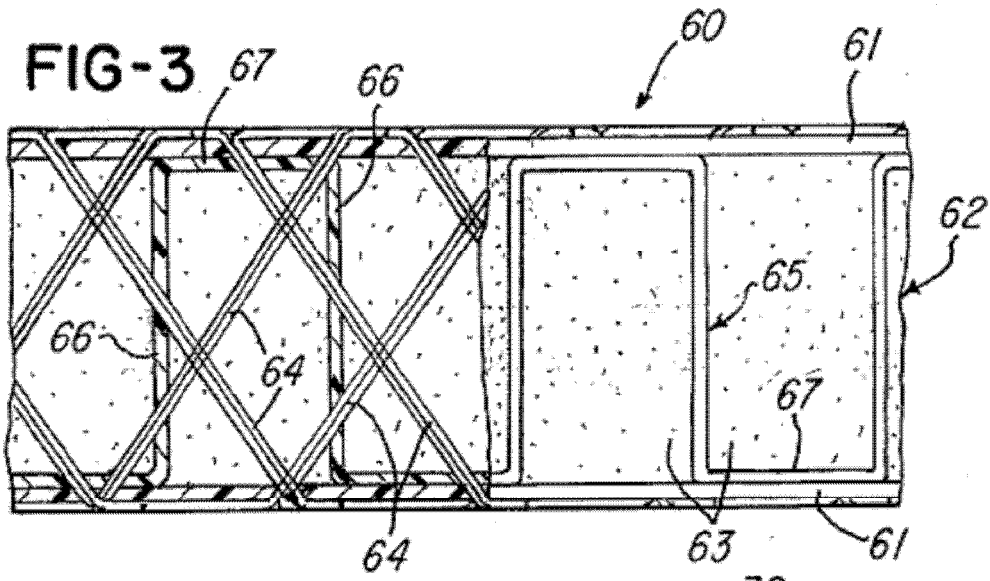


FIG-4

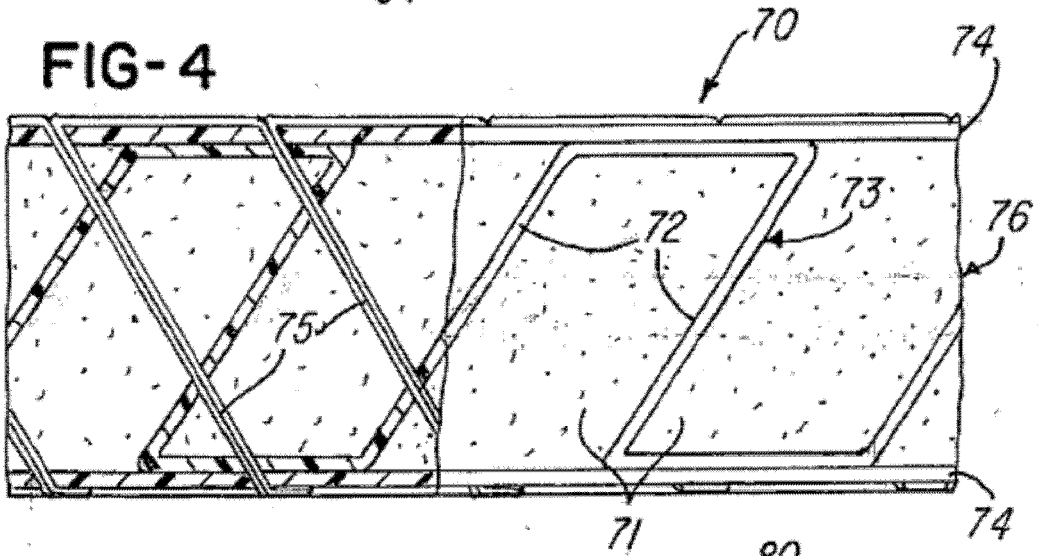
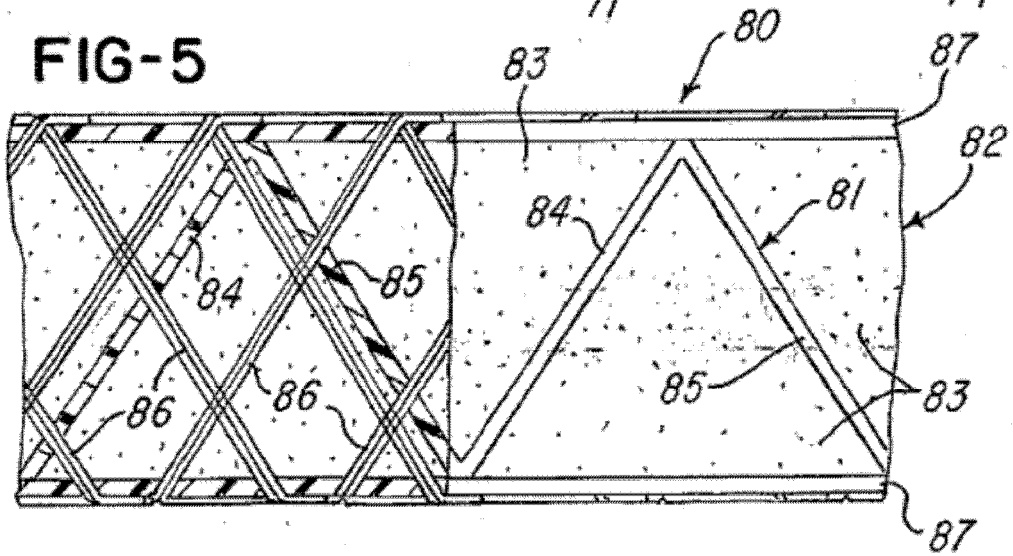
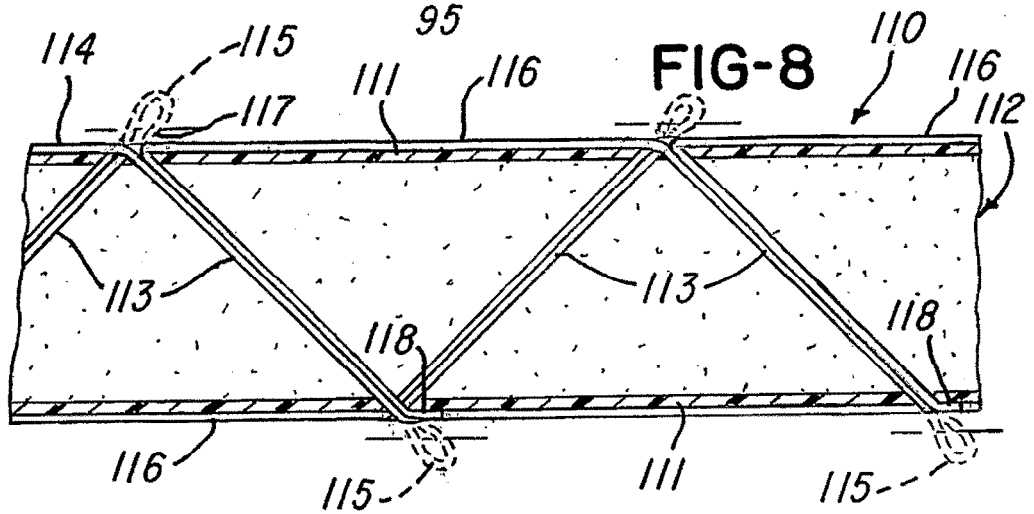
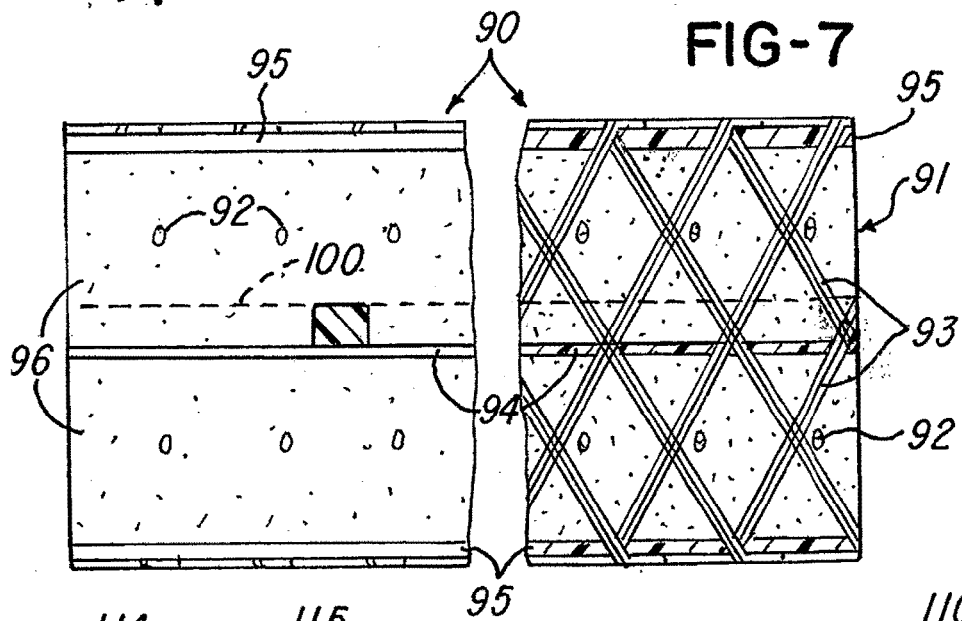
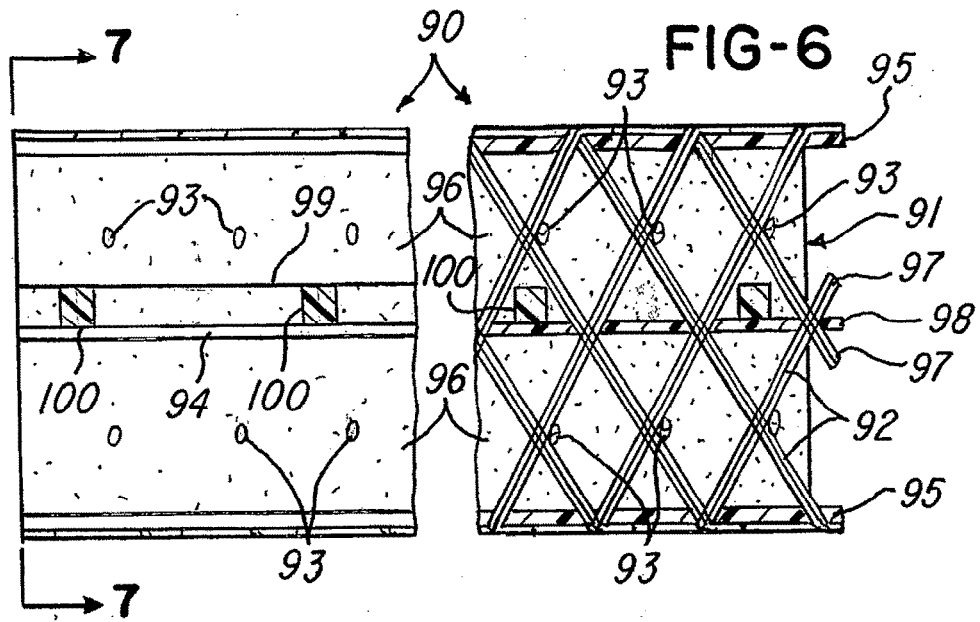
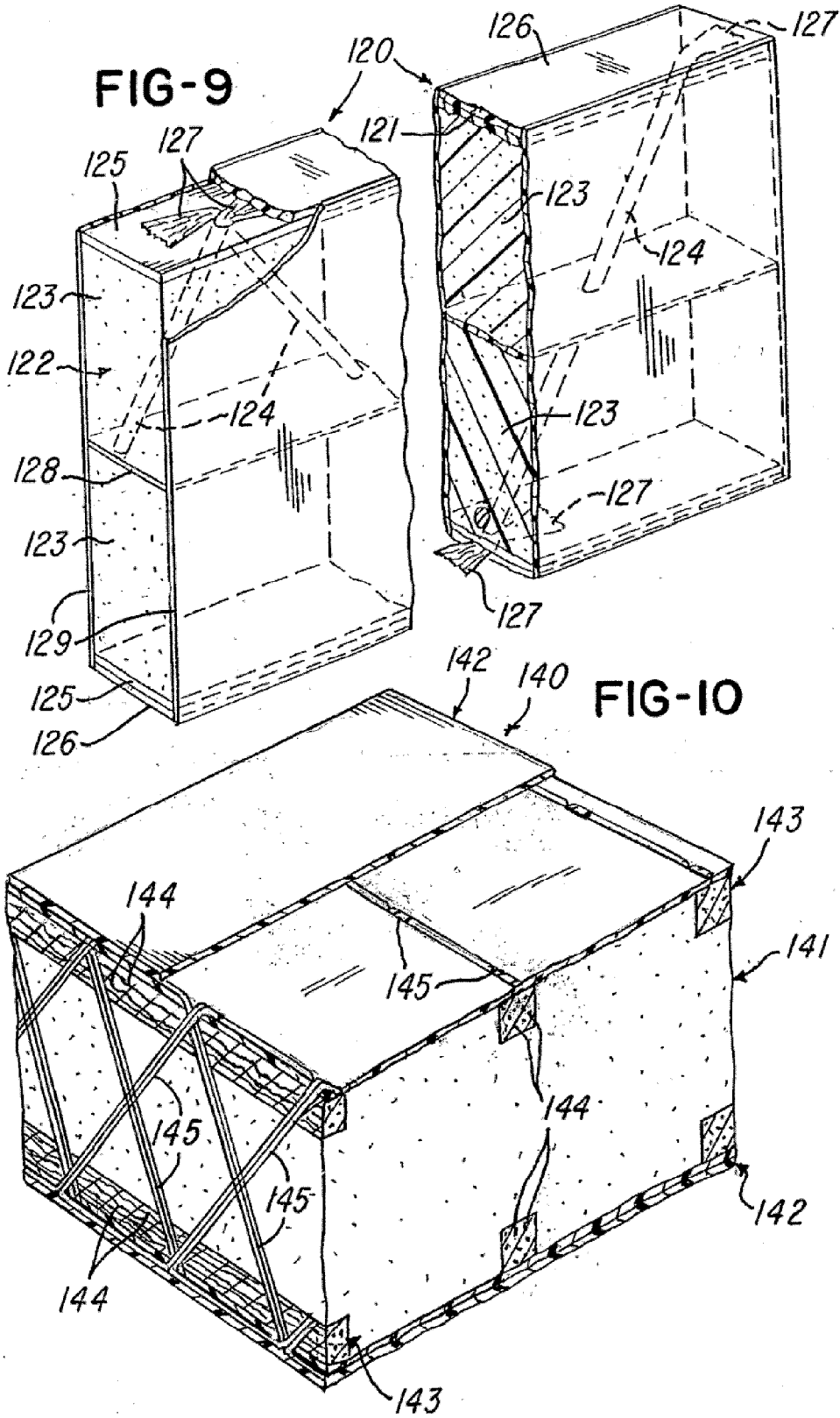


FIG-5







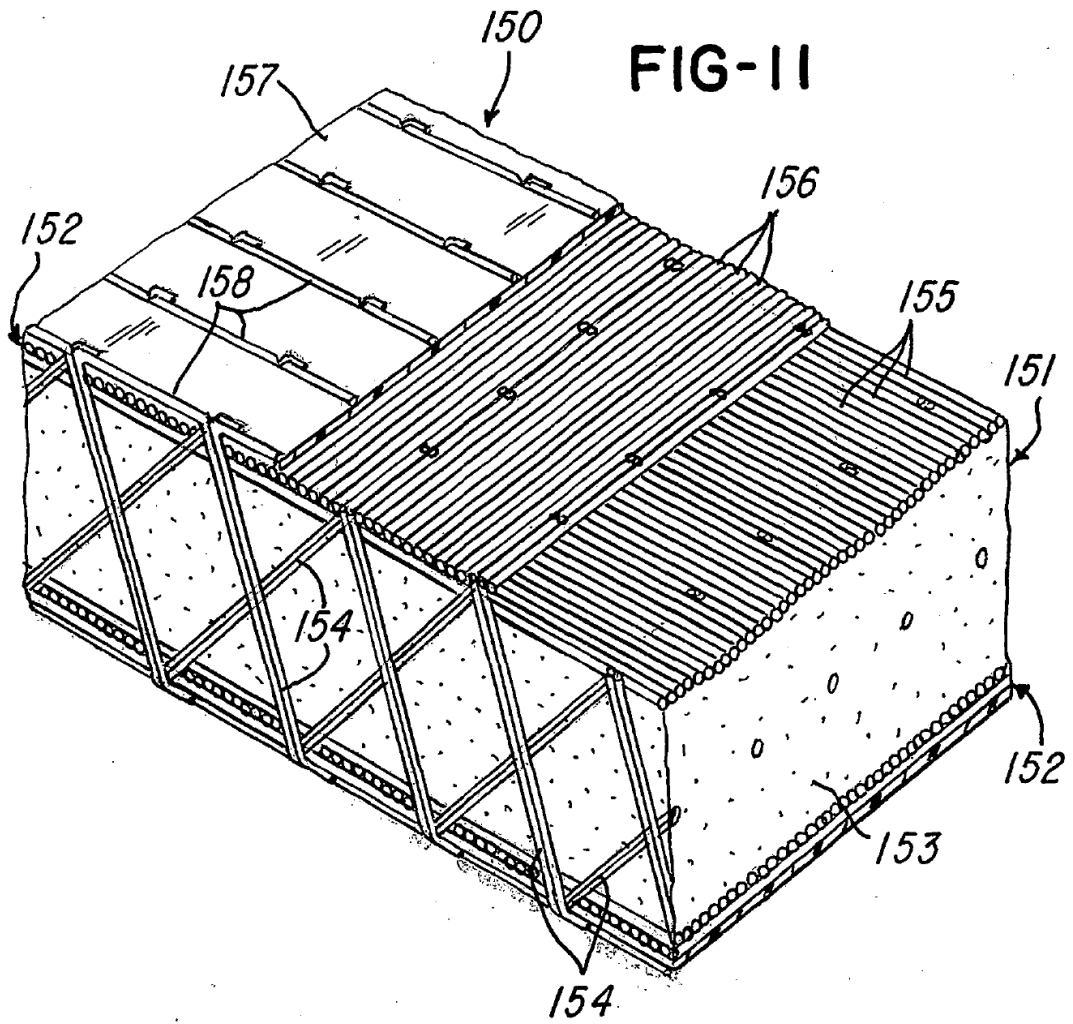
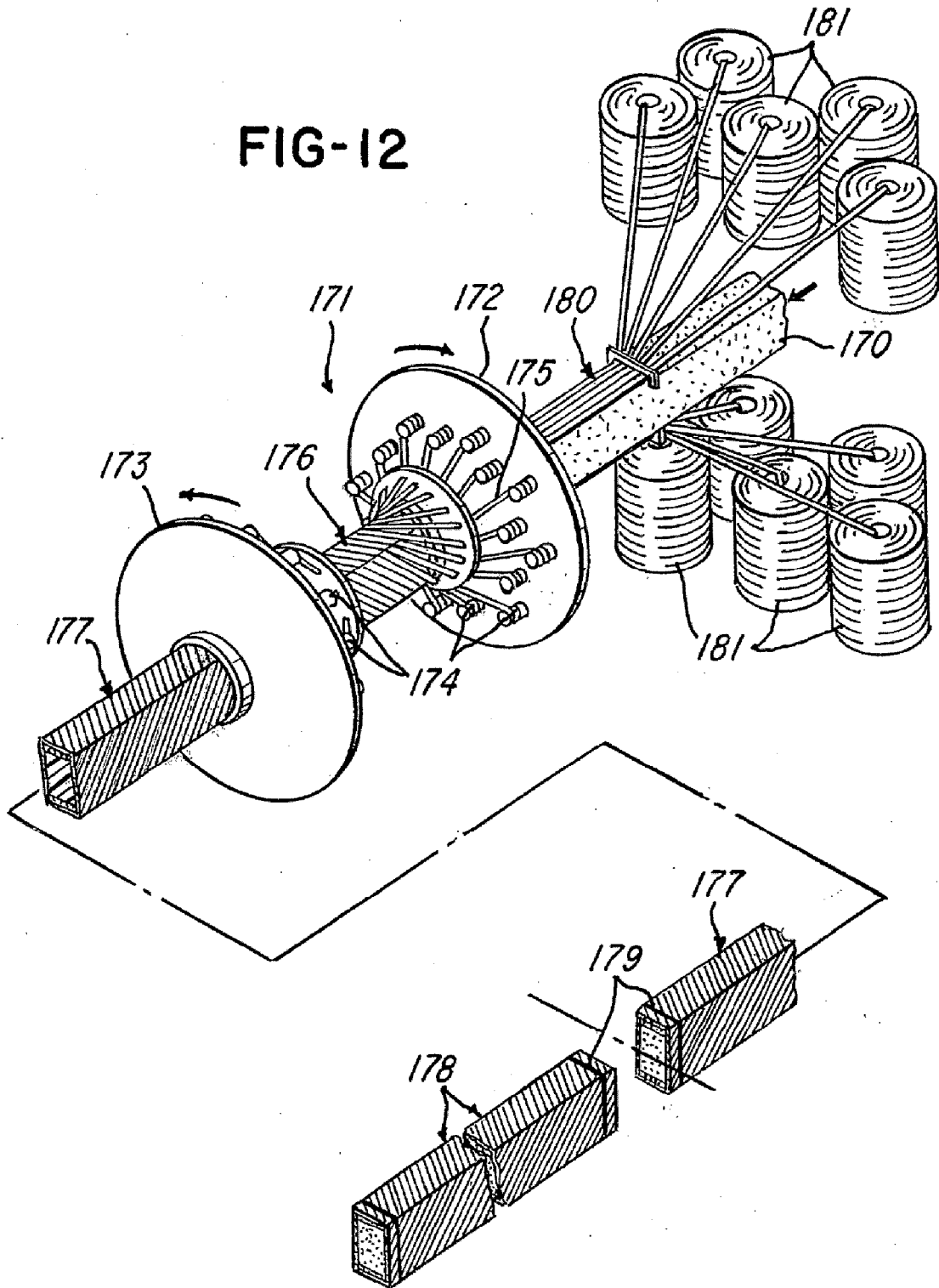
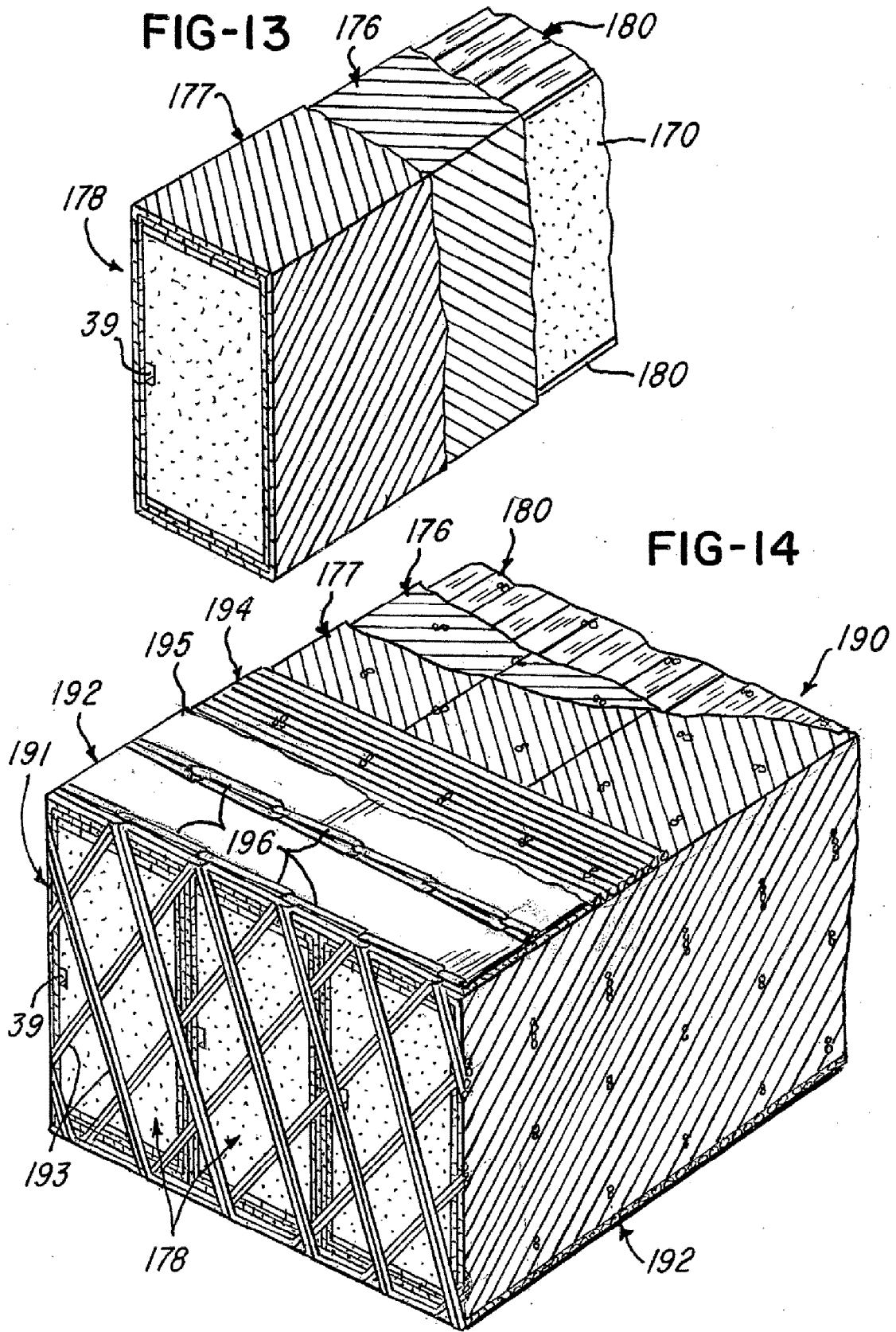
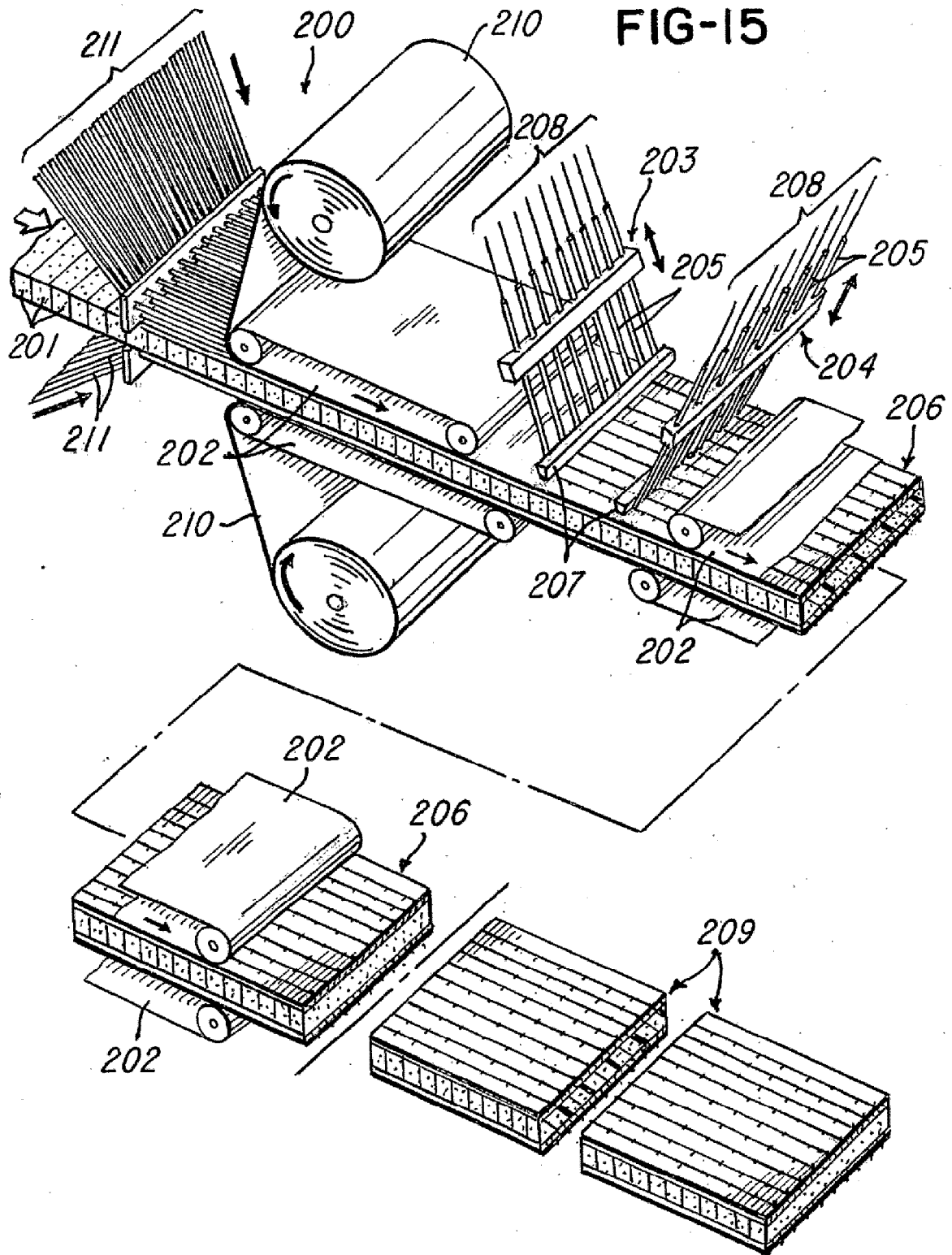


FIG-12







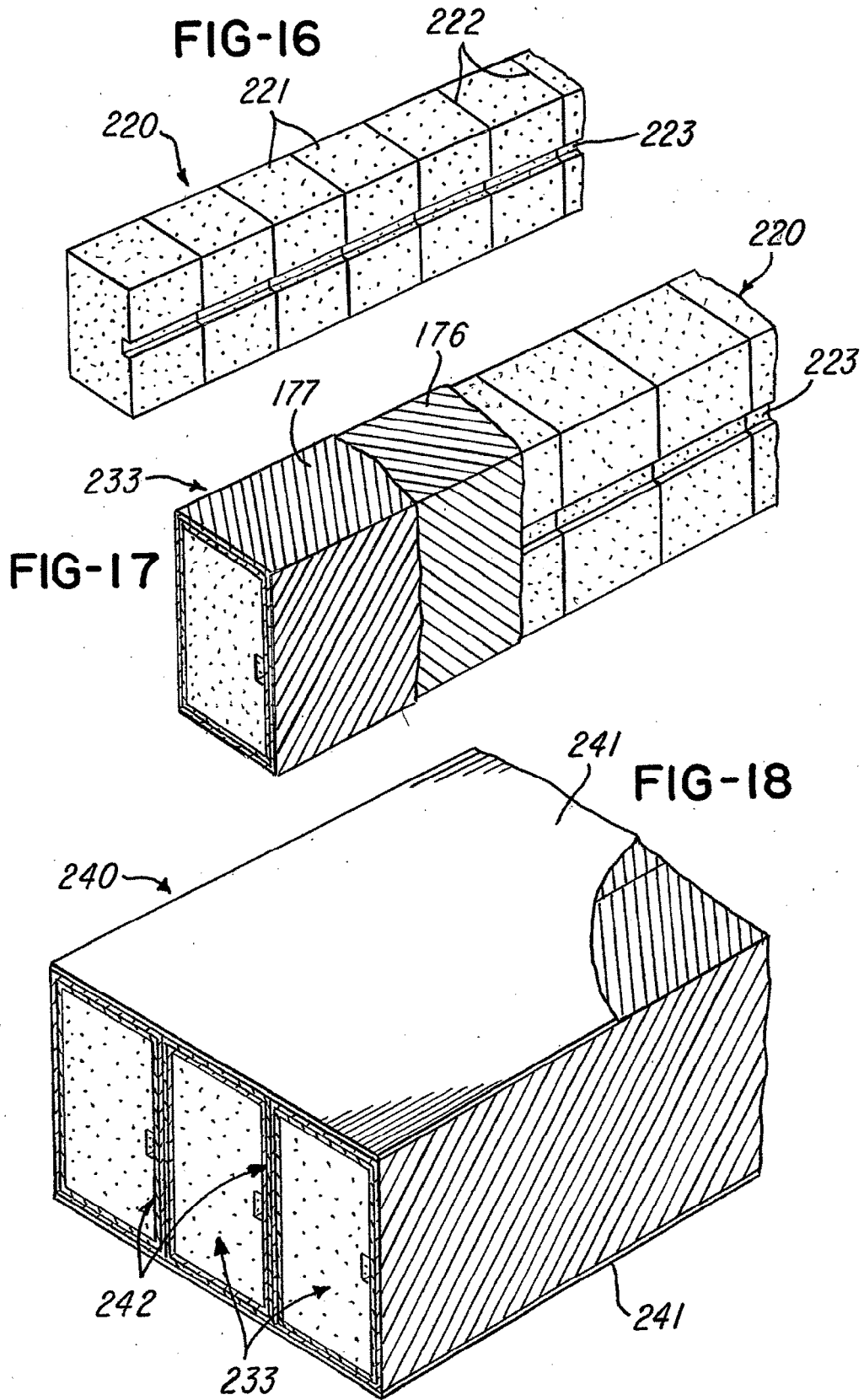
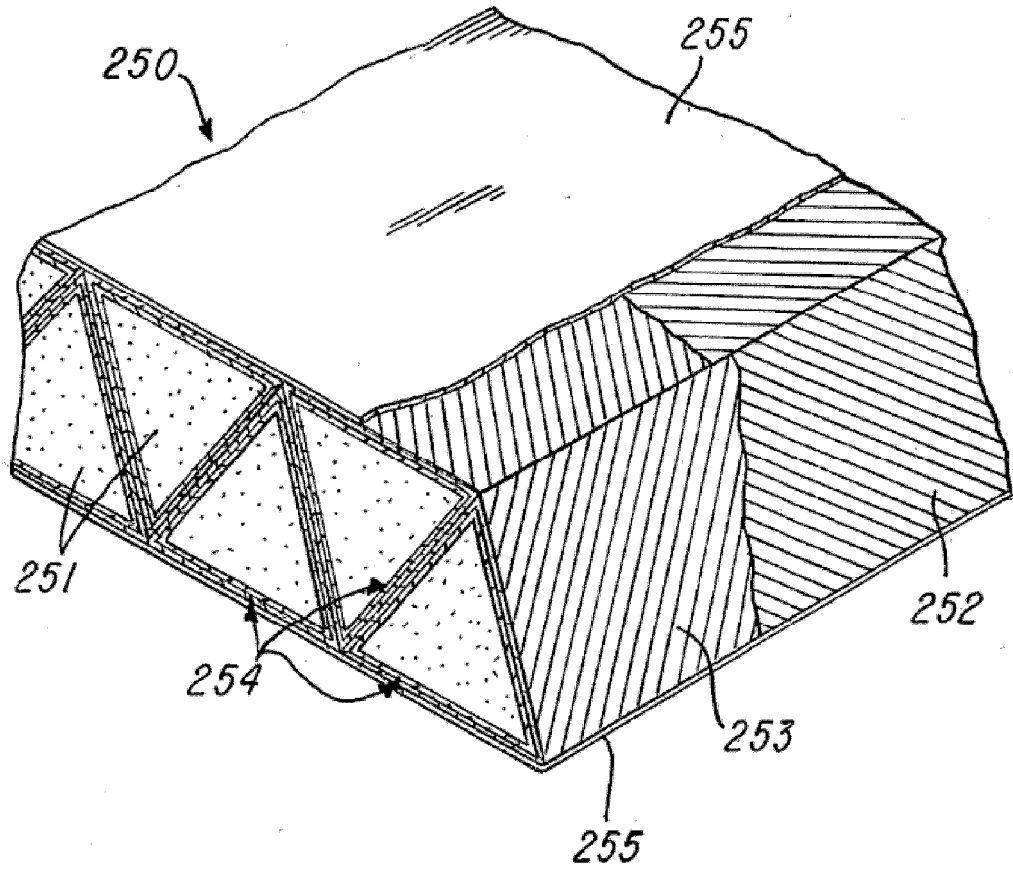


FIG-19



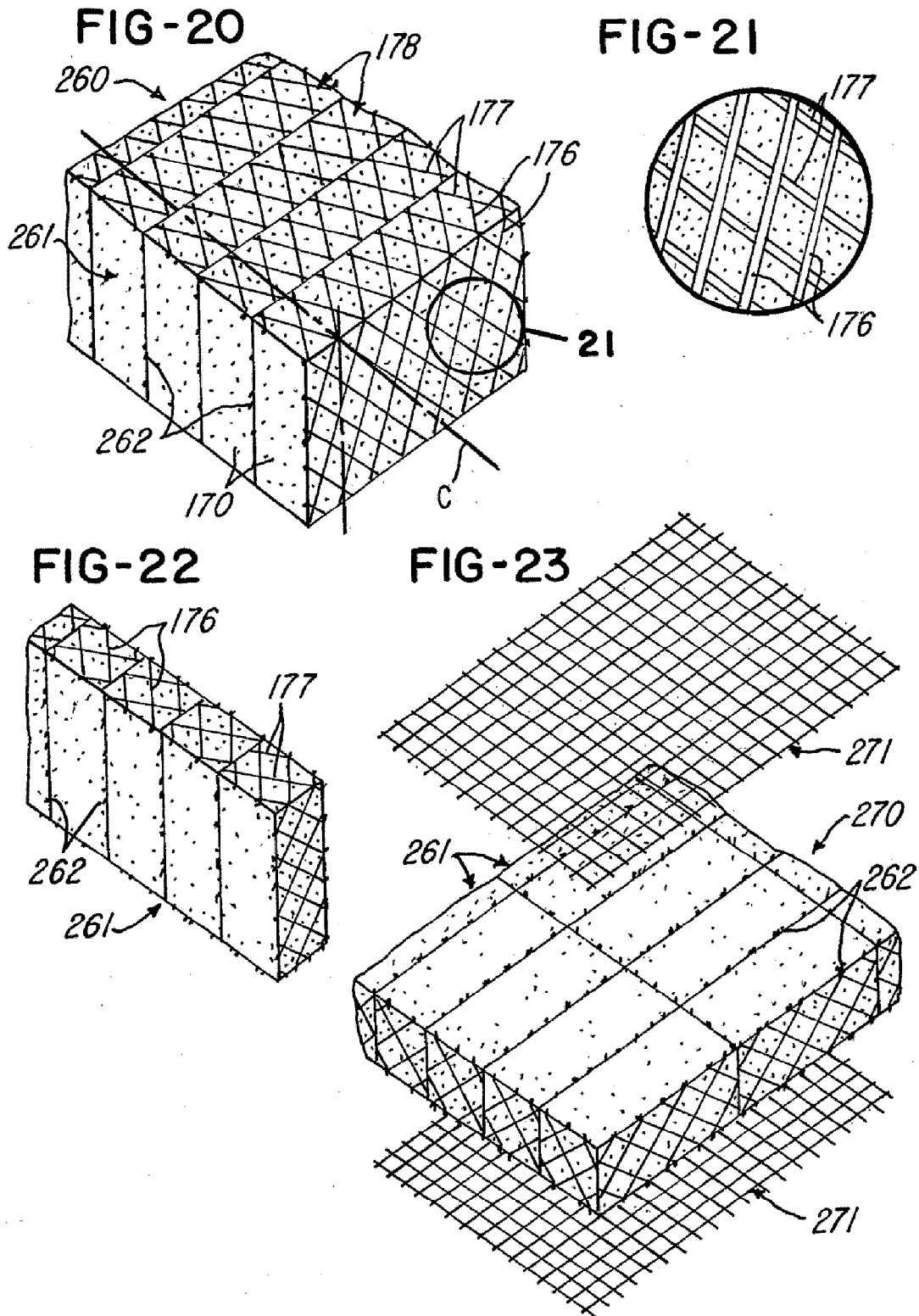


FIG-24

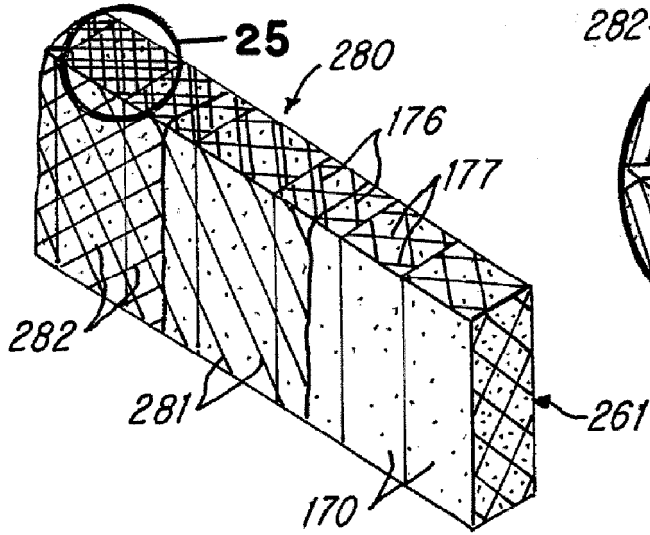


FIG-25

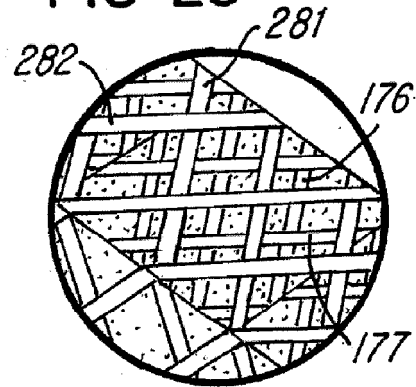
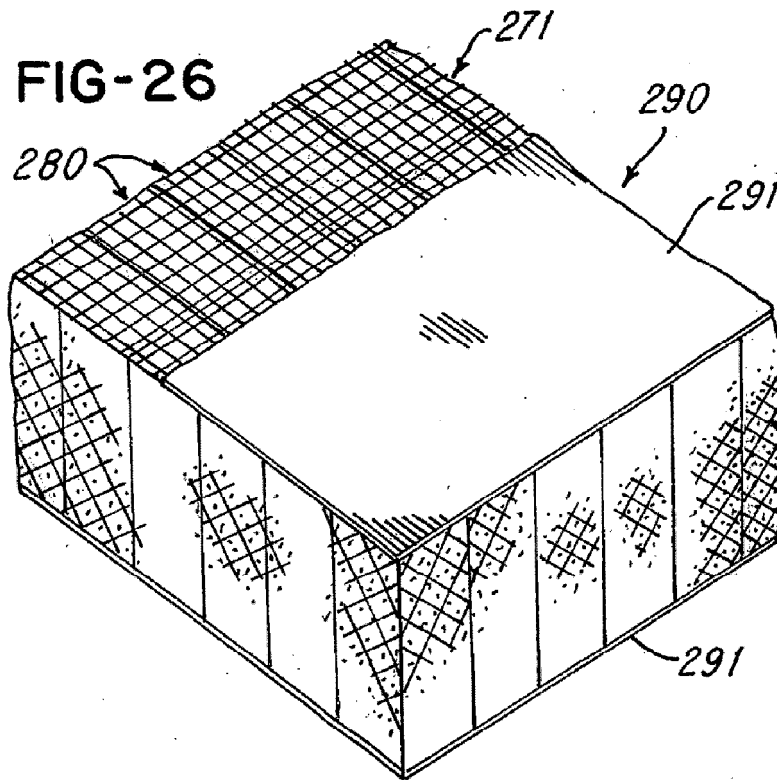
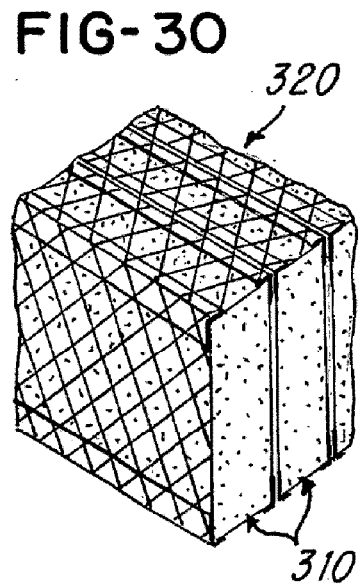
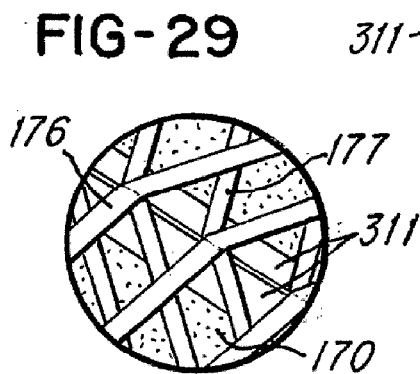
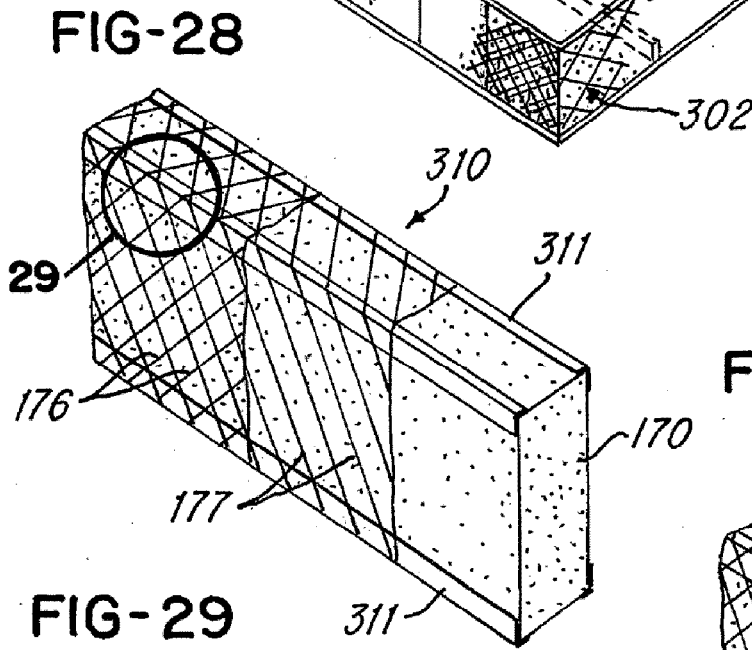
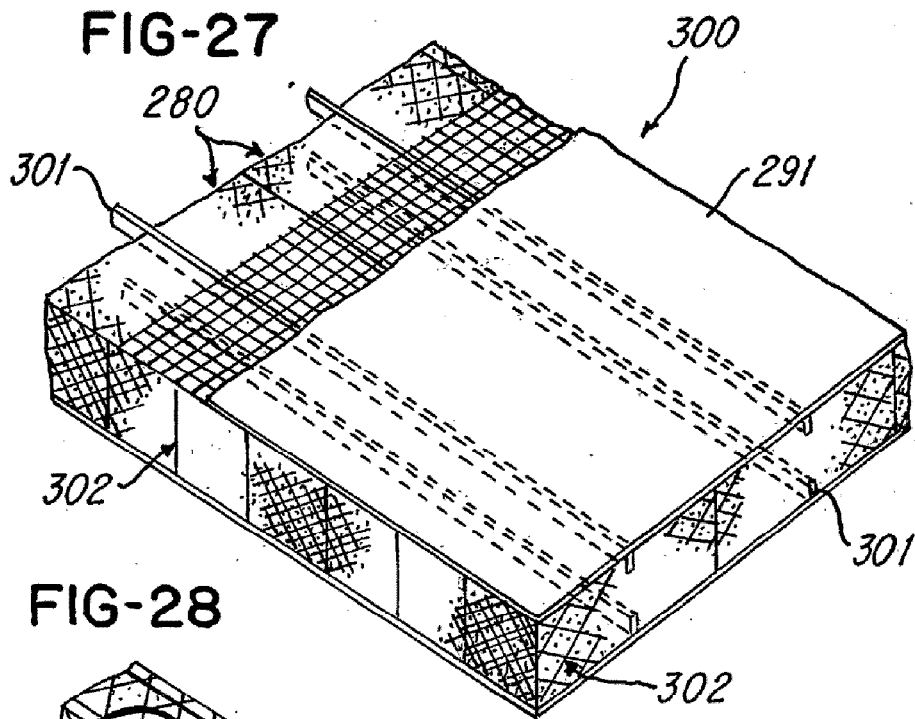
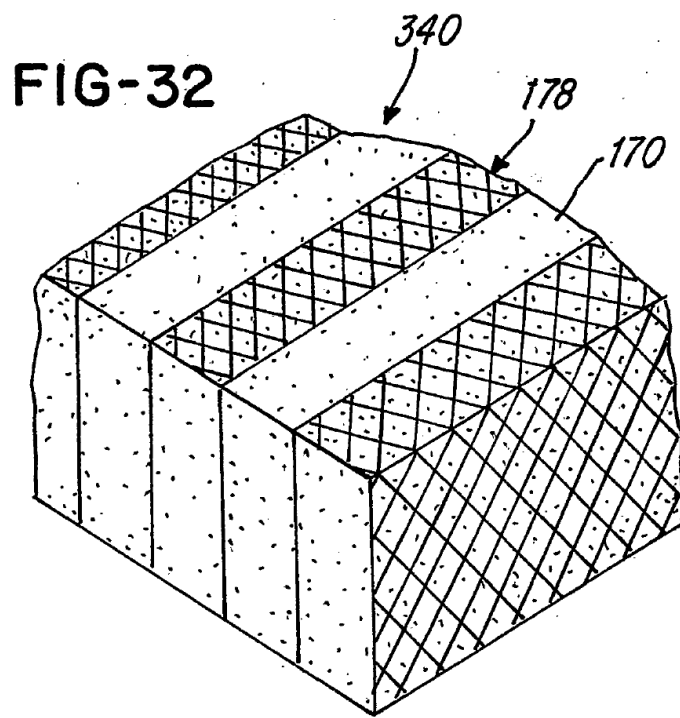
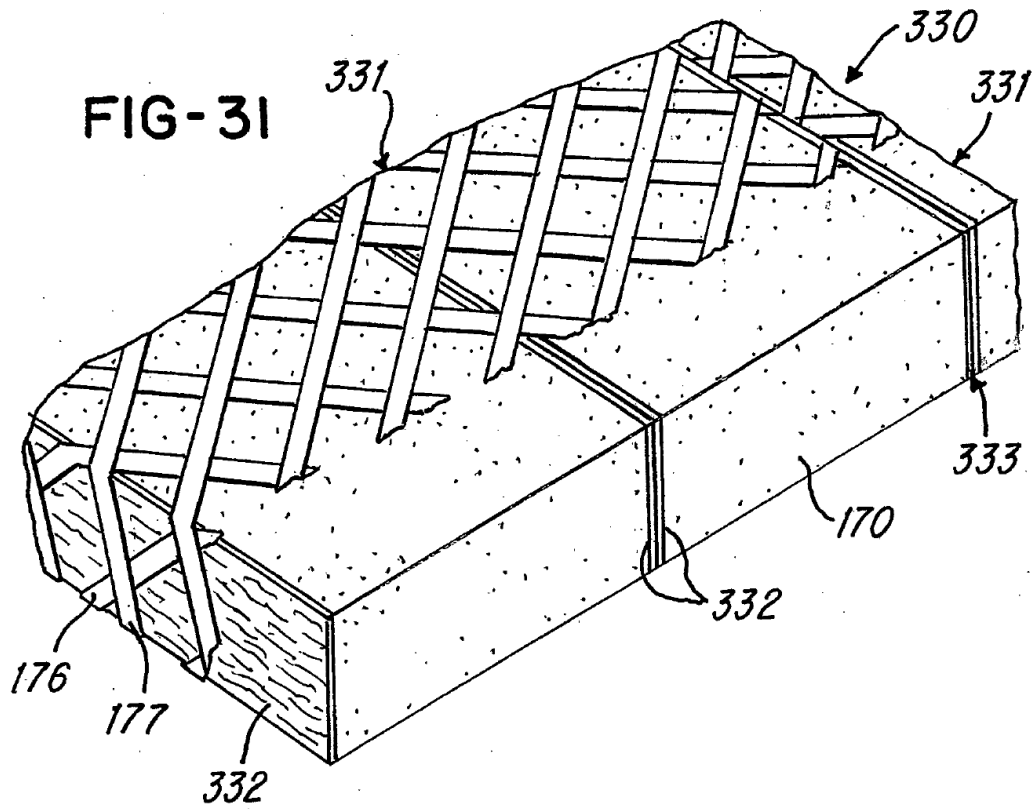


FIG-26







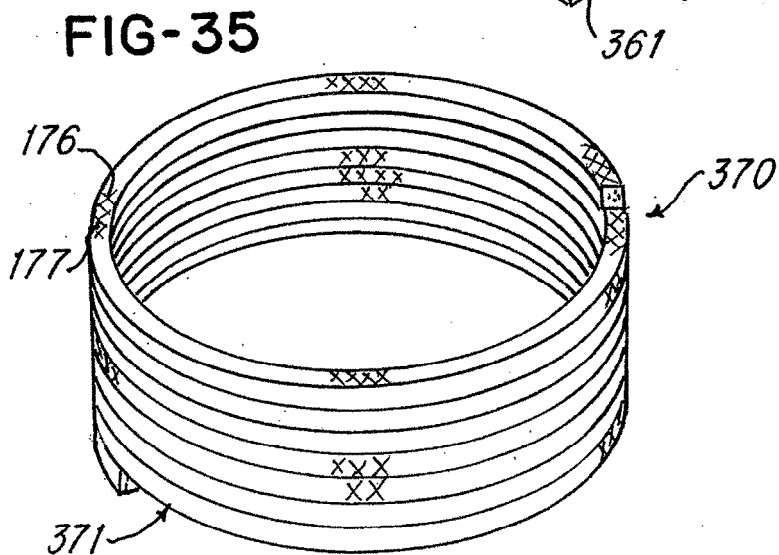
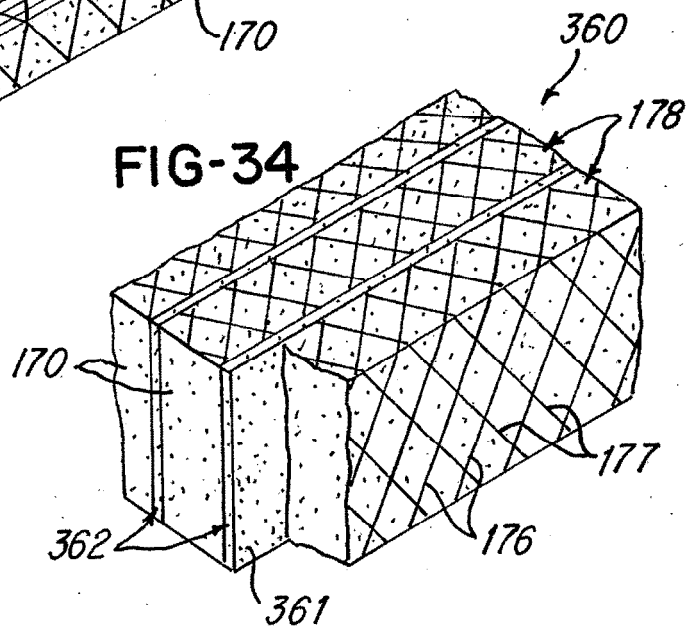
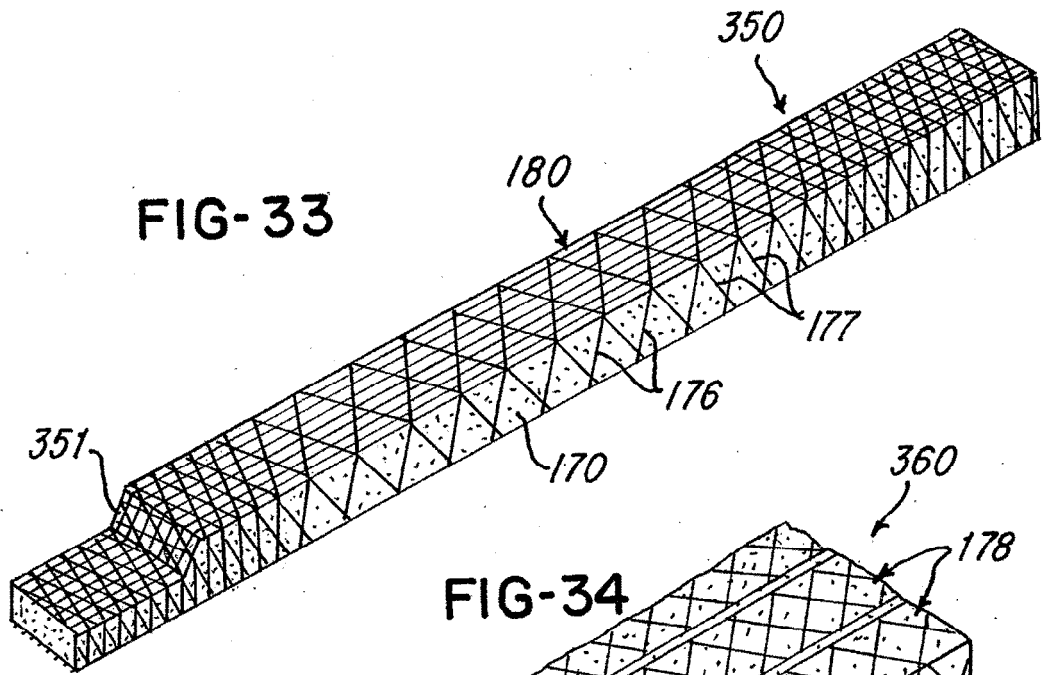


FIG-36

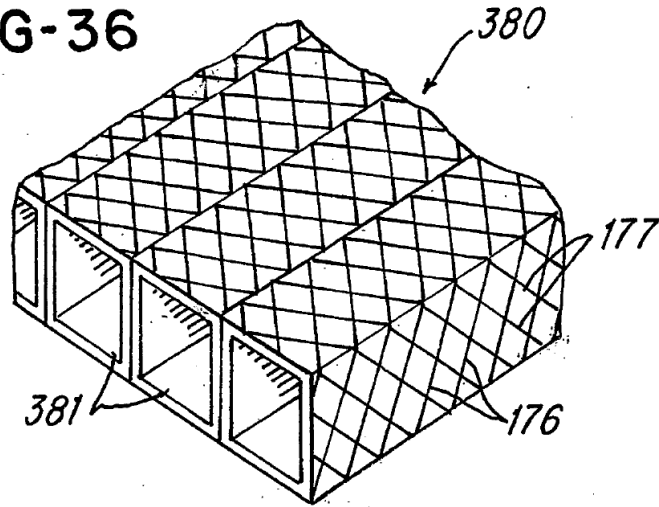


FIG-37

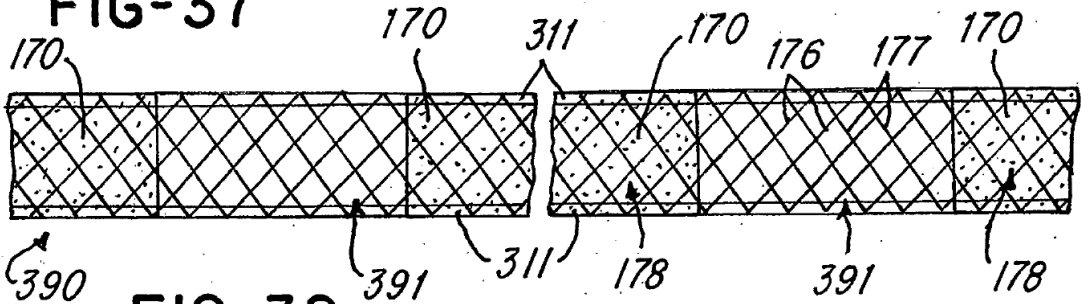


FIG-38

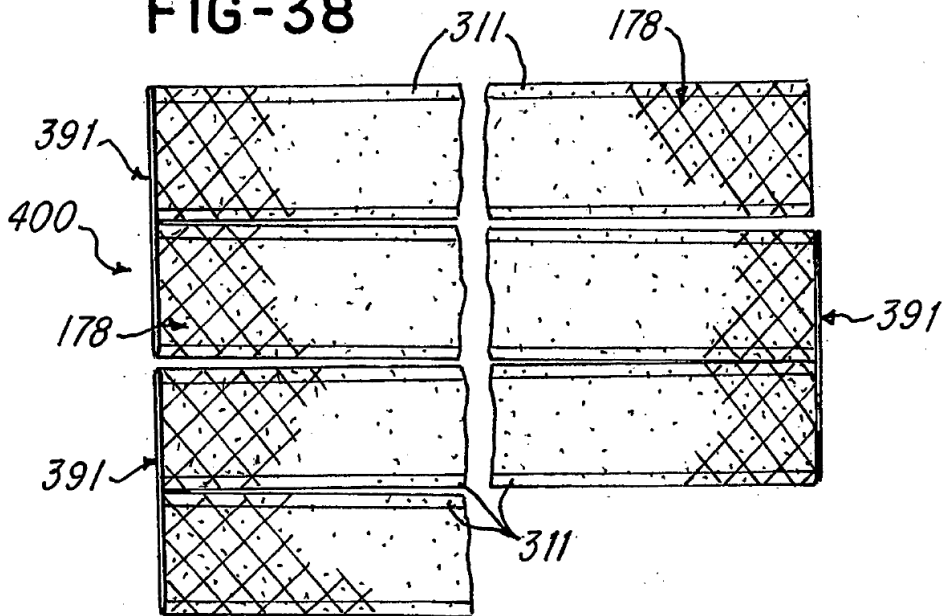


FIG-39

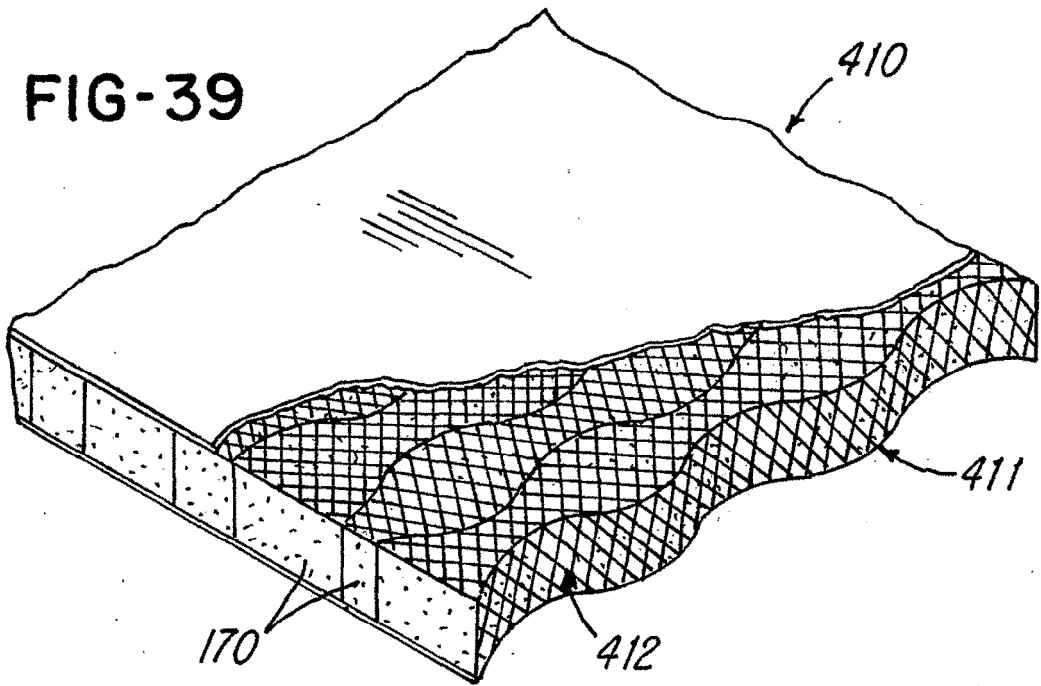


FIG-40

