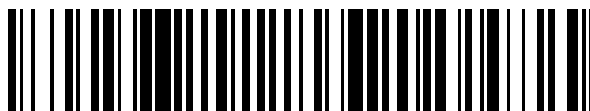


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 372**

51 Int. Cl.:

**B29C 65/00** (2006.01)

**B29C 70/44** (2006.01)

**B29C 70/56** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2006 E 06848016 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2012 EP 1968780**

54 Título: **Método para elaborar elementos de construcción compuestos**

30 Prioridad:

**20.12.2005 US 752233 P**

**19.12.2006 US 642240**

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

**09.04.2013**

73 Titular/es:

**UNIVERSITY OF MAINE SYSTEM BOARD OF TRUSTEES (100.0%)  
107 MAIN AVENUE  
BANGOR, ME 04401, US**

72 Inventor/es:

**DAGHER, HABIB, J.;  
TOMBLIN, JOSHUA, J.;  
NYE, RICHARD, F.;  
EL CHITI, IMAD, W.;  
BODWELL, MATTHEW, W.;  
BAKER, ALEXANDER, L. y  
LOPEZ-ANIDO, ROBERTO, A.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 400 372 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

Método para elaborar elementos de construcción compuestos

Antecedentes

5 Se describen aquí diversas realizaciones de un elemento de construcción compuesto y métodos para elaborar dichos elementos de construcción. En particular, las realizaciones descritas aquí se relacionan con elementos de construcción compuestos mejorados del tipo usualmente adecuado para uso como un material de construcción. Ejemplos de dichos elementos incluyen arcos y vigas tubulares livianos.

10 En el pasado, se han producido diversos tipos de tecnologías que se han utilizado con el fin de construir puentes de arco enterrados de tramo corto y medio, así como también algunas instalaciones de almacenamiento subterráneas y túneles. Estas estructuras tienen comúnmente forma de arco, y normalmente se recubren con una sobrecarga de tierra que recibe tráfico u otra carga. Los elementos de construcción con forma de arco también se utilizan en construcción de edificaciones como elementos estructurales.

15 Un método para proporcionar dichos elementos de construcción es utilizar estructuras de concreto prefundido que se hacen en una ubicación y luego se envían al sitio de construcción. Otro sistema incluye el uso de estructuras de concreto fundidas en el sitio que se forman en el sitio de construcción y luego se levantan de su lugar por medio de grúas o similares. Aún otra tecnología incluye el uso de estructuras de tubos metálicos. Adicionalmente, se puede utilizar concreto reforzado con acero y con metal como elementos de construcción. Cada vez más, se utilizan los materiales compuestos en la industria de la construcción.

20 Los factores importantes en la selección de materiales de construcción incluyen el coste de los materiales, facilidad de transporte e instalación, durabilidad, peso, duración de tiempo de construcción, necesidad de equipos de elevación para instalación, complejidad de la secuencia de construcción, rendimiento general, y costes de instalación generales. Sería ventajoso si se pueden desarrollar sistemas y materiales de construcción mejorados para la industria de la construcción.

25 El documento JP-A-61220830 describe el moldeo de una tubería en donde las fibras continuas impregnadas con resina se enrollan alrededor de un molde cilíndrico inflable, que luego se expande contra una cámara de formación externa después de lo cual se cura la resina.

Resumen

30 La presente solicitud describe diversas realizaciones de un elemento de construcción. Una realización de un método para formar un elemento de construcción compuesto hueco del tipo adecuado para uso como material de construcción incluye proporcionar un ensamble de molde inflable alargado que tiene un eje longitudinal, una pared de saco tubular flexible que define una cavidad inflable alargada, una tela de refuerzo posicionada de forma concéntrica alrededor de la pared de saco flexible, y una capa externa impermeable al aire flexible posicionada de forma concéntrica alrededor de la tela. La pared de saco y la capa externa definen un espacio anular alargado con la tela posicionada allí. Se aplica tensión en forma longitudinal a la tela y el fluido introducido en la cavidad por lo menos para inflar parcialmente el molde y dar forma a la tela. El molde se diseña a una forma deseada mientras que la tela se mantiene bajo tensión. El espacio anular alargado y la tela se impregnan con un material que otorga rigidez. El material que otorga rigidez se endurece mientras que la tela se mantiene en tensión para formar un elemento de construcción compuesto hueco rígido.

35 Un ensamble de molde inflable para formar un elemento de construcción compuesto hueco adecuado para uso como material de construcción incluye un ensamble de molde. El ensamble de molde tiene un eje longitudinal, y adicionalmente incluye una pared de saco flexible, sustancialmente tubular que define una cavidad inflable alargada, una tela de refuerzo posicionada de forma concéntrica alrededor de la pared de saco flexible, y una capa externa impermeable al aire flexible posicionada de forma concéntrica alrededor de la tela, con la pared de saco y la capa externa que define un espacio anular alargado, con la tela que se posiciona dentro del espacio.

40 Un sistema para elaborar un elemento de construcción compuesto hueco rígido incluye un ensamble de molde inflable para un elemento de construcción compuesto hueco adecuado para uso como un material de construcción. El ensamble de molde inflable se alarga y tiene un eje longitudinal. El ensamble de molde tiene adicionalmente una pared de saco flexible, sustancialmente tubular que define una cavidad inflable alargada, una tela de refuerzo posicionada de forma concéntrica alrededor de la pared de saco flexible, y una capa externa impermeable al aire flexible posicionada de forma concéntrica alrededor de la tela, con la pared de saco y la capa externa que define un espacio anular alargado, con la tela que se posiciona dentro del espacio. Se proporciona un aparato para aplicar tensión a la tela en una dirección longitudinal, el aparato para introducir un fluido en la cavidad para inflar la pared de saco tubular, y un aparato para impregnar el espacio anular alargado y la tela con un material que otorga rigidez para formar un elemento de construcción compuesto hueco rígido.

En otra realización, un método para formar un elemento de construcción compuesto hueco del tipo adecuado para uso como un material de construcción incluye proporcionar un ensamble de molde inflable alargado que tiene un eje longitudinal, en donde el molde tiene una tela de refuerzo trenzada que se extiende a lo largo del ensamble de molde. La tensión se aplica en una dirección longitudinal a la tela y la tela se impregna con un material que otorga rigidez mientras que se da forma al ensamble de molde. El material que otorga rigidez se endurece mientras que la tela se mantiene en tensión para formar un elemento de construcción compuesto hueco rígido.

En otra realización, un método para formar un elemento de construcción compuesto hueco del tipo adecuado para uso como un material de construcción incluye proporcionar un ensamble de molde inflable alargado que tiene un eje longitudinal. El ensamble de molde tiene adicionalmente una pared de saco flexible, sustancialmente tubular que define una cavidad inflable alargada, una tela de refuerzo posicionada de forma concéntrica alrededor de la pared de saco flexible, la tela se preimpregna con un material de resina, y una capa externa impermeable al aire flexible posicionada de forma concéntrica alrededor de la tela, con la pared de saco y la capa externa que define un espacio anular alargado, y la tela se posiciona dentro del espacio. Se aplica tensión en una dirección longitudinal a la tela y se introduce un fluido en la cavidad para inflar por lo menos parcialmente la pared de saco y dar forma a la tela. El ensamble de molde se diseña en una forma deseada mientras que la tela se mantiene bajo tensión. Luego se inicia el curado del material de resina mientras que la tela se mantiene en tensión para formar un elemento de construcción compuesto hueco rígido.

Otras ventajas del elemento de construcción serán evidentes para aquellos expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada, cuando se lee a la luz de los dibujos acompañantes.

#### Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una ilustración esquemática de porciones de un ensamble de molde tubular inflable para elaborar elementos de construcción compuestos, el ensamble de molde está en una condición desinflada.

La Figura 2 es una vista en sección transversal esquemática en elevación de una porción del ensamble de molde en una condición parcialmente inflada.

La Figura 3 es una vista esquemática similar a aquella de la Figura 2, con el ensamble de molde completamente inflado, y con un vacío parcial aplicado al ensamble de molde.

La Figura 4 es una vista esquemática similar a aquella de la Figura 2, con el ensamble de molde que experimenta rigidez.

La Figura 5 es una ilustración esquemática que muestra un ensamble de molde inflado que se dobla alrededor de un encofrado mientras que se aplica una fuerza externa tangente a una curvatura del ensamble de molde curvado inflado en un punto de contacto con el encofrado, y que muestra un dispositivo para aplicar tensión a un extremo del ensamble de molde curvado.

La Figura 6 es una ilustración esquemática de una estructura compuesta inflable rígida después que se retira de un encofrado.

La Figura 7 es una ilustración esquemática alargada de un área en la Figura 6 que muestra un ángulo de fibras en estructura compuesta inflable rígida relativa a la dirección de aro de la estructura compuesta inflable rígida.

La Figura 8 es una ilustración esquemática tomada a lo largo de la línea 8-8 en la Figura 6, que muestra una estructura compuesta inflable rígida llena con una carga que tiene material.

Las Figuras 9 a 11 son ilustraciones esquemáticas de diversas formas en sección transversal de estructuras compuestas inflables rígidas adicionales llenas con una carga que tiene material.

#### Descripción detallada de la invención

Las tecnologías actuales para proporcionar estructuras compuestas curvas a partir de un ensamble de molde tubular inflable se limitan por la arquitectura de la tela. En métodos convencionales para elaborar estructuras compuestas a partir de ensambles de molde inflables, cada geometría de curva requiere una única arquitectura de tela, que hace muy costoso diseñar y producir un amplio rango de geometrías de elemento curvas para los ensambles de molde inflables. Con las realizaciones ilustradas, es posible producir un amplio rango de elementos estructurales compuestos de polímero reforzados con fibra tubulares curvos al dar rigidez a la estructura compuesta inflable hecha con un ensamble de molde inflable único, con diversas curvaturas que se pueden alcanzar incluso aunque el ensamble de molde inflable de partida tenga una arquitectura de tela pariente única. Esta arquitectura de tela pariente puede variar, y todavía ser capaz de producir elementos que tienen cualquier curvatura continua.

Las realizaciones ilustradas y descritas aquí incluyen elementos estructurales compuestos de polímero reforzados con fibra tubulares curvos que se elaboran con un ensamble de molde inflable y se forman alrededor de un soporte curvo y se impregnan con un material que otorga rigidez, tal como un material de polímero orgánico o inorgánico. Las fibras continuas que se orientan de forma longitudinal evitan sustancialmente el pandeo cuando se forman a una curvatura larga, incluso en el lado interior de la estructura, al tensionar los extremos de la tela cuando se impregna el material que otorga rigidez. Esto mejora en gran medida la carga que tiene la capacidad del elemento estructural compuesto de polímero reforzado con fibra tubular curvado.

Los elementos estructurales compuestos de polímero reforzados con fibra tubulares curvos se pueden producir sin arrugas de fibras estructuralmente significativas o sustancialmente visibles al utilizar una tela trenzada tensionada sobre un molde inflable. Debido a que las fibras se pueden colocar cerca al eje longitudinal del molde inflable sin arrugas o pandeo sustancial de fibra, el elemento estructural compuesto de polímero reforzado con fibra tubular curvado producido al final es capaz de soportar de forma eficiente múltiples tipos de cargas para muchas estructuras, que incluyen pero no se limitan a puentes arqueados curvos, hangares para aviones, túneles enterrados y refugios, puentes arqueados enterrados que se pueden desplegar rápidamente y alcantarillas de tramos largos.

En una realización, se describe un método para formar un elemento estructural compuesto de polímero reforzado con fibra tubular curvado del tipo adecuado para uso como un material de construcción. El método para formar dichos elementos estructurales compuestos de polímero reforzados con fibra tubulares curvos elimina o reduce sustancialmente cualquiera de los pandeos o arrugas de fibra que provocan debilidad en una estructura de refuerzo terminada. En ciertas realizaciones, la capa de tela comprende un material de tela de fibra trenzada tridimensional que se impregna con un material que otorga rigidez adecuada, tal como una resina.

Con referencia ahora a las Figuras 1 a 4, un ensamble de molde tubular inflable 202 define una cavidad interior 201. La Figura 1 muestra el ensamble de molde inflable 202 en un estado desinflado. Mientras que el ensamble de molde inflable 202 se muestra de forma esquemática en las figuras tiene generalmente una forma seccional transversal circular cuando se infla completamente, se debe entender que las dimensiones específicas del ensamble de molde inflable 202 son guiadas por la aplicación de uso final para las cuales se utiliza el ensamble de molde inflable 202. Por ejemplo, la forma exterior del saco inflable 204 en el ensamble de molde inflable 202 puede tener una configuración estructural generalmente circular, oval u otra estructural (como se muestra, por ejemplo, en las Figuras 9 a 10). En otra realización, el saco inflable 204 puede tener una sección transversal que tiene una forma que se aproxima a la forma seccional transversal de una viga I, como se muestra en la Figura 11.

La dimensión seccional transversal interna 203 como se muestra en las Figuras 2 a 4 es el diámetro del interior del saco inflable 204 cuando se infla el saco. La dimensión seccional transversal externa 205 es el diámetro del exterior del saco inflable 204 y el diámetro del interior de la estructura compuesta inflable rígida 238, como se muestra mejor en la Figura 6. Independientemente de la forma geométrica de la sección transversal del ensamble de molde inflable 202, el elemento estructural compuesto de polímero reforzado con fibra tubular curvado 238 (mostrado en la Figura 6) que resulta a partir del uso del ensamble de molde inflable 202 es un elemento compuesto que se considera tubular como se describe aquí.

También, en ciertas otras realizaciones ilustradas y descritas aquí, la dimensión seccional transversal 205 del saco inflable 204 puede variar a lo largo de su longitud axial o longitudinal. En dichas realizaciones, el diámetro, o mayor dimensión seccional transversal externa 205 del saco inflable 204 puede variar de tal manera que el elemento estructural compuesto de polímero reforzado con fibra tubular curvado terminado 238 puede tener diferentes dimensiones seccionales transversales en diferentes ubicaciones, dependiendo de las necesidades de la aplicación de uso final. Por ejemplo, en ciertas aplicaciones de uso final, tales como por ejemplo, un arco, se puede desear que las porciones inferiores del ensamble de molde inflable 202 adyacentes al suelo tengan una gran sección transversal con el fin de agregar soporte adicional para las porciones superiores del elemento estructural compuesto de polímero reforzado con fibra tubular curvado terminado 238.

El ensamble de molde inflable 202 incluye por lo menos un saco inflable tubular 204, por lo menos una tela de refuerzo, tal como una capa de tela flexible 206, y por lo menos una capa externa impermeable al aire 208. La pared del saco inflable 204 define la cavidad inflable alargada, 201. La capa de tela flexible reforzada 206 se posiciona de forma concéntrica alrededor del saco inflable 204. La capa externa impermeable al aire 208 se posiciona de forma concéntrica alrededor de la capa de tela flexible 206, con el saco inflable 204 y la capa externa impermeable al aire 208 que definen un espacio alargado 226, con la capa de tela flexible 206 que se posiciona dentro del espacio 226. Cuando la forma seccional transversal del saco inflable 204 es aproximadamente circular, el espacio alargado tiene una sección transversal sustancialmente anular.

En ciertas realizaciones alternativas, el saco inflable tubular 204 se elabora de un material impermeable al aire de forma adecuada flexible. Ejemplos de materiales que se pueden utilizar para el saco inflable tubular 204 son nylon, Mylar, uretano, caucho de butilo, polietileno de alta densidad, vinilo, poliéster, caucho reforzado, y silicona. También se pueden utilizar otros materiales. En ciertas realizaciones, la capa de tela flexible 206 comprende un material de fibra que tiene un patrón deseado o geometría de fibras, tal como fibras trenzadas o tejidas. En ciertas realizaciones alternativas, la

capa de tela puede comprender uno o más tipos de fibras tales como, por ejemplo, vidrio, carbono, polietileno, poliéster, fibra de aramida, y mezclas de estos. La capa externa impermeable al aire 208 puede ser cualquier material impermeable al aire flexible adecuado, tal como, por ejemplo, nylon, Mylar, uretano, caucho de butilo, polietileno de alta densidad, vinilo, poliéster, caucho reforzado, y silicona.

5 En la realización mostrada, se alarga el ensamble de molde inflable 202, que tiene un eje longitudinal 210. El ensamble de molde inflable 202 incluye un primer elemento de tapa 212 en un primer extremo 214 del ensamble de molde inflable 202, y un segundo elemento de tapa 216 en un segundo extremo opuesto 218 del ensamble de molde inflable 202. El elemento de tapa 212 incluye una abertura sellable 219 a través de la cual un material de fluido puede fluir para inflar el ensamble de molde inflable 202. En ciertas realizaciones, por ejemplo, el material de fluido puede ser gaseoso (tal como aire), o líquido (tal como agua). Aunque se muestra que el molde es alargado, se debe entender que no necesita ser alargado.

15 La Figura 2 muestra el ensamble de molde inflable 202 en una condición parcialmente inflada donde el aire se dirige en la cavidad interior 201 del saco inflable tubular 204 a través de la abertura 219. Como se muestra en la Figura 3, la capa externa impermeable al aire 208 puede incluir una abertura sellable 220 a través de la cual se puede eliminar del espacio 226 entre la capa externa impermeable al aire 208 y el saco inflable tubular 204. Se debe entender que el espacio 226 por lo menos se llena parcialmente con la capa de tela flexible 206. Un dispositivo adecuado para retirar aire del espacio 226 es una bomba de vacío P, impulsada por un motor M, aunque se pueden utilizar otros dispositivos. La abertura 220 se puede colocar en cualquier parte a lo largo de la longitud del ensamble de molde inflable 202, que incluye una posición en un extremo del ensamble de molde inflable 202. Se pueden utilizar cualquier número de aberturas 220. Se debe entender que el uso de un mecanismo de evacuación es opcional, tal como, por ejemplo, cuando se utiliza un proceso de moldeo de transferencia de resina.

25 Durante la infusión del material de fluido que otorga rigidez 232, tal como una resina, el material que otorga rigidez se impulsa o bombea bajo una presión diferencial a través del puerto de resina 234, a través del espacio 226. Al mismo tiempo, normalmente, se puede eliminar el gas del espacio 226. Se puede utilizar cualquier número de puertos de resina 234. Los puertos de resina 234 se pueden colocar en el extremo del ensamble de molde inflable 202 como se muestra, o a través de la capa externa impermeable al aire 208 en cualquier parte a lo largo de la longitud del ensamble de molde inflable 202. La resina se impregna en y penetra la capa de tela flexible 206. El aparato descrito para impregnar el material que otorga rigidez 232 en el espacio 226 es solamente ilustrativo, y se puede utilizar cualquier sistema adecuado para impregnar la capa de tela flexible 206 con el material que otorga rigidez.

30 La Figura 4 muestra el material que otorga rigidez 232 que penetra completamente la capa de tela flexible 206. El material que otorga rigidez puede ser cualquier material orgánico u inorgánico que se puede bombear en o impregnar en el espacio 226, y que luego se fragua o endurece en un material rígido o semi-rígido. Ejemplos de materiales orgánicos incluyen resinas de termo-curado, tales como ésteres de vinilo, poliésteres, epóxicas y similares. Otros materiales inorgánicos, tales como cementos o lechadas se pueden utilizar para el material que otorga rigidez. Una vez el material que otorga rigidez 232 se posiciona dentro del espacio 226 y la rigidez o tiene lugar fraguado del material, se forma un elemento de construcción compuesto, tal como el elemento estructural compuesto de polímero reforzado con fibra tubular curvado 238 mostrado en la Figura 7. El elemento estructural compuesto de polímero reforzado con fibra tubular curvado 238 es principalmente útil como un material de construcción, aunque se puede utilizar para otros propósitos.

40 Como se muestra en la Figura 5, durante el proceso de moldeo el ensamble de molde inflable 202 se posiciona contra, o por lo menos parcialmente en, un encofrado 240, con el ensamble de molde inflable 202 doblado alrededor de o de otra forma hecho para conformar el encofrado 240. En la realización mostrada, el encofrado 240 tiene una forma semi-circular continua. El encofrado 240 facilita el doblado del ensamble de molde inflable 202 a la forma deseada durante la formación. El encofrado 240 puede tener cualquier forma adecuada para producir un elemento de construcción compuesto de la configuración requerida.

45 Se entenderá que el encofrado 240 puede tener cualquier forma curva generalmente continua, que incluye curvas compuestas y curvas no planas. En algunas realizaciones, el encofrado 240 puede tener paredes laterales no redondeadas de tal manera que el ensamble de molde inflable 202 se puede formar en una estructura compuesta que tiene formas seccionales cruzadas que no son circulares. La Figura 9 muestra un contorno hexagonal redondeado para una estructura compuesta 338. La Figura 10 muestra un contorno cuadrado redondeado para una estructura compuesta 438. La Figura 11 muestra un contorno aproximadamente en forma de viga I para una estructura compuesta 538.

Opcionalmente, la estructura compuesta inflable rígida 238 se puede llenar con una carga que tiene material 244, tal como, por ejemplo, material seleccionado del grupo que incluye concreto no encogible, concreto expansivo, lechada no encogible, lechada expansiva, espuma, arena, y similares, como se muestra en la Figura 8.

55 Se debe entender que se puede aplicar una fuerza externa adecuada tangente a una curvatura del ensamble de molde inflable 202 en un punto de contacto cuando el ensamble de molde inflable 202 se diseña en una forma generalmente longitudinal arqueada. También, mientras que el encofrado 240 mostrado en las figuras aquí soporta el ensamble de molde inflable 202 a lo largo de un arco interior 202a del ensamble de molde inflable 202, como se muestra en la Figura

6, también puede ser posible para el encofrado 240 proporcionar la curvatura deseada para el ensamble de molde inflable 202 sobre un arco exterior 202b del ensamble de molde inflable 202.

De forma ventajosa, se pueden diseñar muchas formas y configuraciones diferentes de la estructura compuesta inflable rígida 238 utilizando solo una arquitectura de generalmente tipo universal o de capa de tela flexible 206. El fabricante del ensamble de molde inflable 202 es por lo tanto capaz de utilizar un tipo o diseño único de arquitectura de tela para producir una amplia variedad de elementos estructurales compuestos de polímero reforzados con fibra tubulares curvos que tienen una curvatura deseada.

En ciertas realizaciones del método descrito aquí, se aplica una cantidad adecuada de tensión a la tela en una o ambas direcciones del anillo (radial) y/o longitudinal (axial) para minimizar y opcionalmente eliminar sustancialmente las arrugas y pandeo de fibra en la tela, incluso cuando se dobla el ensamble de molde inflable 202. La cantidad adecuada de tensión puede variar, pero como se utiliza aquí, una cantidad adecuada de tensión puede ser una cantidad de tensión que provoca un estrés en las fibras de aproximadamente menos de aproximadamente 2 por ciento de la última capacidad a la tracción de la fibra. En las realizaciones ilustradas y descritas aquí, se aplica una fuerza de tensión que provoca estrés en el rango de aproximadamente 30 p.s.i. a aproximadamente 1000 p.s.i. en las fibras.

La Figura 7 es una ilustración esquemática alargada de un área en la Figura 6 que muestra un ángulo trenzado  $\theta$  de algunas de las fibras 250 en la capa de tela flexible 206 con relación a la dirección de aro 252 del ensamble de molde inflable 202. La dirección de aro 252 que es la dirección que, si se sigue, sería la ruta plana cerrada más corta a lo largo de la superficie de la sección transversal. Para mayor claridad en la Figura 7, la mayoría de las fibras en la tela se han omitido, de manera que sea más fácil de ver la ruta de las fibras representativas restantes. El ángulo incluido,  $\theta$ , es el ángulo de dirección de aro de la fibra. Las fibras siguen una ruta helicoidal aproximadamente continua a lo largo de la superficie de la capa de tela flexible 206 desde un extremo hasta el otro. En la Figura 7 solo se muestra un ángulo de fibra pero se pueden utilizar múltiples capas y ángulos en cualquier combinación seleccionada para este proceso, y el ángulo de fibras individuales puede variar alrededor de la sección transversal o a lo largo de la longitud longitudinal de la estructura compuesta inflable rígida 238.

Si cualquier fibra específica no es paralela a la dirección de aro 252, entonces la fibra se orienta en una dirección sin anillo, y se puede medir su desviación desde la dirección de aro mediante el ángulo  $\theta$ . Las fibras que se orientan en un ángulo  $\theta$  que está por encima del nivel de umbral, tal como, por ejemplo, 30 grados, se puede considerar que tiene un componente longitudinal significativo, es decir, tienen un componente significativo en la dirección del eje longitudinal 210. Se puede considerar que estas fibras son fibras que de manera general se extienden longitudinalmente. Las fibras que se extienden longitudinalmente en la capa de tela flexible 206 evitan el pandeo en una curvatura grande mientras que se dobla el ensamble de molde inflable 202 durante el proceso de moldeo al tensionar la capa de tela flexible 206 como la resina se impregna en la capa de tela flexible 206. Estas son fibras críticas desde un punto de vista estructural, ya que llevan el estrés del doblado en el elemento. A diferencia de las fibras fuera de aro, las fibras orientadas hacia el aro no son susceptibles a pandeo cuando se aplica una gran curvatura al ensamble de molde.

El elemento estructural compuesto de polímero reforzado con fibra tubular curvado 238 se puede producir sin sustancialmente arrugas de fibra de las fibras que de manera general se extienden longitudinalmente, es decir, las fibras se orientan inicialmente en un ángulo mayor de aproximadamente 30 grados. Esto es porque cuando una porción sustancial de las fibras orientadas de manera general longitudinalmente se tensionan durante la impregnación y el curado de la resina, las fibras de aro hacia afuera se llevan en y se mantienen en su alineación deseada a lo largo de la superficie externa del saco inflable 204, para minimizar y eliminar de forma efectiva las arrugas o pandeo de la fibra. En ciertas realizaciones, la capa de tela flexible 206 se hace con un fraguado simple de patrones de repetición tales como telas tejidas o trenzadas que tienen manojos o rodales de fibras orientadas de manera similar ubicadas en un patrón que se repite o se desea la arquitectura de tela.

Los métodos de ejemplo ilustrados y descritos aquí permiten la formación de compuestos estructurales que pueden tener cualquier forma deseada. Los métodos de ejemplo eliminan adicionalmente la necesidad de formar primero una tela que tienen secciones del material de tela con diferentes patrones de tejido o configuraciones de fibra con el fin de diseñar estructuras formadas.

En ciertas realizaciones, se desea que ciertas de las fibras, o manojos de fibras, se orientan, ya sea al tensionar o mediante su orientación original, en una dirección fuera de aro de entre aproximadamente 30 y 90 grados. Las fibras orientadas fuera del aro tensionadas o restringidas retienen su orientación deseada sin pandeo ni arrugas incluso cuando se dobla el molde inflable, agregando por lo tanto resistencia al último elemento estructural compuesto de polímero reforzado con fibra tubular curvado 238. Durante el tensionamiento de la tela, las fibras, o manojos de fibras se jalan o se deja que se relajen en la orientación fuera de aro deseado.

Se puede observar que al utilizar una capa de tela flexible 206 que se construye apropiadamente, y al utilizar tensionamiento durante el doblado y proceso de infusión de resina, un diseño o arquitectura de tela único se puede hacer para acomodar muchas diferentes configuraciones de doblado. Por consiguiente, la capa de tela flexible 206 se

estructura para que sea capaz de conformar moldes formados en diversas curvaturas mientras que se mantiene bajo tensión.

5 En ciertas realizaciones, la cantidad de tensión aplicada a la tela necesaria para superar las arrugas de fibra puede ser una fracción pequeña de la última capacidad a la tracción de la tela. Se puede aplicar tensión sobre la tela utilizando cualesquier dispositivos adecuados, tales como un dispositivo de agarre. Un ejemplo de dicho un dispositivo de agarre se muestra de forma esquemática en las Figuras 3 a 5 donde los sistemas de agarre 246 y 248 se posicionan en los extremos 214 y 218 del ensamble de molde inflable 202, respectivamente. Los sistemas de agarre aplican tensión a la capa de tela flexible 206. Los sistemas de agarre 246 y 248 pueden ser mecanismos adecuados para conectar a y aplicar tensión a la capa de tela flexible 206. Los sistemas de agarre 246 y 248 pueden estar en la forma de anillos de extremo, o puede ser un tapón expandible neumático o un tapón mecánico. Adicionalmente, el ensamble de molde inflable alargado 202 puede incluir una entrada de vacío posicionada fuera de los sistemas de agarre, una entrada de vacío posicionada entre los sistemas de agarre, o una entrada de vacío posicionada dentro de los sistemas de agarre. También, el ensamble de molde inflable alargado 202 puede incluir una entrada de material que otorga rigidez posicionada fuera de los sistemas de agarre, entre los sistemas de agarre, o dentro de los sistemas de agarre. La tensión aplicada por un sistema de agarre también puede servir para mantener el ensamble de molde inflable 202 en contacto con el encofrado 240. En algunos diseños del ensamble de molde inflable 202, el simple inflado del saco inflable 204 es suficiente para provocar que las fibras sean colocadas bajo tensión. En dicho caso, los sistemas de agarre 246 y 248 pueden actuar para restringir o controlar la aplicación de tensión a las fibras.

20 En las realizaciones donde la tensión se aplica a la capa de tela flexible 206, el tensionamiento la ondulación de fibra e incrementa la uniformidad de patrón de tejido, produciendo últimamente por lo tanto elementos estructurales compuestos de polímero reforzados con fibra tubulares curvos completados 238 que tienen una mayor carga que lleva capacidad que se produciría utilizando fibras no tensionadas de otra forma idénticas. El tensionamiento de la capa de tela flexible 206 también produce una reducción marcada en la variación de las propiedades de producto terminadas. También, cuando la tensión se aplica a la capa de tela flexible 206, se reorientarán cualesquier fibras que se reorientan por el tensionamiento cercano al eje longitudinal del elemento, incrementando por lo tanto la resistencia del elemento estructural compuesto de polímero reforzado con fibra tubular curvado final 238. En algunas realizaciones, se les permite a las fibras de la capa de tela flexible 206 realinearse sin pandeo o arrugas sustanciales cuando se curva el ensamble de molde inflable 202. En algunas realizaciones, durante el tensionamiento de la tela, el agarre de los extremos 214 y 218 permiten que ciertas de las fibras que están bajo mayor tensión que las fibras adyacentes se deslicen hasta que se redistribuye la carga.

35 En ciertas realizaciones, se alcanza la tensión deseada se puede lograr y establecer la presión de inflado final del saco inflable tubular 204. Por ejemplo, los sistemas de agarre 246 y 248 se pueden apretar en la capa de tela flexible 206 antes del inflado final del saco inflable tubular 204. En otras realizaciones, una vez se alcanza la forma geométrica predeterminada, ocurrirá el tensionamiento debido a alargamiento de molde motivado por una presión de saco incrementada.

En ciertas realizaciones, la rigidez del ensamble de molde inflable 202 puede proceder al impregnar la tela con una resina mientras que las fibras están bajo tensión. También, la formación del elemento estructural compuesto de polímero reforzado con fibra tubular curvado 238 se puede llevar a cabo en diferentes disposiciones de etapas que incluyen, por ejemplo:

- 40 i) posicionar una capa de tela sobre una pared tubular inflable, que infla la pared tubular para formar la tela, e impregnar la tela con un material que otorga rigidez;
- ii) posicionar una capa de tela sobre una pared tubular inflable, que infla la pared tubular para formar la tela, doblando la pared tubular inflada en una forma deseada, e impregnar la tela formada con un material que otorga rigidez;
- 45 iii) inflar una pared tubular, posicionar una capa de tela sobre la pared tubular inflada, doblar la pared tubular y tela inflada y tela en una forma deseada, e impregnar la tela formada con un material que otorga rigidez; y
- iv) posicionar una capa de tela sobre una pared tubular inflable, inflar parcialmente la pared tubular para formar la tela, doblar la pared tubular inflada en una forma deseada, completar el inflado de la pared tubular, e impregnar la tela formada con un material que otorga rigidez. En todas las disposiciones anteriores, la tela se somete a fuerzas de tensión.

50 En una realización alternativa, la capa de tela flexible 206 se preimpregna con una resina, y el proceso de rigidez se inicia después o durante el proceso de formación mediante cualquier mecanismo adecuado para crear el elemento estructural compuesto de polímero reforzado con fibra tubular curvado. La rigidez de la resina se puede iniciar mediante la impregnación de un iniciador químico o catalizador, mediante la aplicación de calor o luz, o mediante cualquier otro método adecuado.

5 En otra realización, una pluralidad de los ensambles de molde inflables alargados se disponen juntos, con la tensión aplicada a la tela de cada ensamble de molde. Cada uno de la pluralidad de ensambles de molde se diseña en una forma deseada mientras que la tela se mantiene bajo tensión. La tela de refuerzo en cada ensamble de molde se impregna con un material que otorga rigidez, y el material que otorga rigidez se puede impregnar en cada uno de los ensambles de molde ya sea de forma separada o al mismo tiempo. De esta forma, se pueden formar después el material que otorga rigidez se endurece mientras que la tela se mantiene en tensión, una multitud de elementos estructurales compuestos de polímero reforzados con fibra tubulares curvos. La multitud de ensambles de molde inflables alargados se pueden formar de la misma curvatura, o se pueden configurar con diferentes curvaturas.

10 EL ensamble de molde inflable ilustrado 202 se puede ver como un precursor de un elemento estructural de polímero reforzado de fibra tubular curvado adecuado para uso como un material de construcción. El ensamble de molde inflable alargado 202 se puede utilizar para hacer elementos estructurales compuestos de polímero reforzados con fibra tubulares curvos en cualquier ubicación adecuada deseada, tal como un sitio de construcción de una estructura de puente enterrada, u otra estructura donde se necesitan elementos estructurales compuestos de polímero reforzados con fibra tubulares curvos. Adicionalmente, los elementos estructurales compuestos de polímero reforzados con fibra tubulares curvos se pueden llenar en lugar con cualquier material deseado, tal como concreto no encogible, concreto expansivo, lechada no encogible, lechada expansiva, espuma, y arena. También, un conjunto de construcción, que incluye uno o más de los ensambles de molde inflables alargados se puede preparar y enviar a un sitio de construcción. Dicho un conjunto puede incluir opcionalmente un suministro de aire comprimido para inflar el saco tubular, una fuente de ingredientes de resina, una fuente de vacío, y un marco adecuado para formar los ensambles de molde inflables durante la rigidez del producto, y suministrar tensión durante la impregnación del material que otorga rigidez. Dicho un conjunto puede ser un conjunto auto –contenido pre-ensamblado para producir elementos estructurales compuestos de polímero reforzados con fibra tubulares curvos de cualquier curvatura deseada.

25 Se han descrito el principio y modo de operación de los elementos de construcción y métodos para elaborar dichos elementos de construcción en sus diversas realizaciones. Sin embargo, cabe notar que los elementos de construcción y métodos para elaborar dichos elementos de construcción descritos aquí se pueden practicar de otra forma como se ilustra y describe específicamente sin apartarse del su alcance como se define en las reivindicaciones adjuntas.



**REIVINDICACIONES**

1. Un método para formar un elemento de construcción compuesto hueco (238) del tipo adecuado para uso como material de construcción, el método comprende:
- proporcionar un ensamble de molde inflable alargado (202) que tiene un eje longitudinal, y que tiene adicionalmente:
- 5 una pared de saco flexible, sustancialmente tubular (204) que definen una cavidad inflable alargada;
- una tela de refuerzo (206) posicionada de forma concéntrica alrededor de la pared de saco flexible; y
- una capa externa impermeable al aire flexible (208) posicionada de forma concéntrica alrededor de la tela (206), con la pared de saco (204) y la capa externa que define un espacio anular alargado, con la tela (206) que se posiciona dentro del espacio;
- 10 aplicar tensión en una dirección longitudinal a la tela (206) e introducir un fluido en la cavidad para por lo menos inflar parcialmente el molde y dar forma a la tela;
- diseñar el molde a una forma deseada mientras que la tela se mantiene bajo tensión;
- impregnar el espacio anular alargado y la tela con un material que otorga rigidez; y
- 15 endurecer el material que otorga rigidez mientras que la tela se mantiene en tensión para formar un elemento de construcción compuesto hueco rígido.
2. El método de la reivindicación 1 en el que la tela (206) es una tela trenzada, y en el que la etapa de aplicar la tensión a la tela cambia la alineación de las fibras en la tela con respecto al eje longitudinal del molde.
3. El método de la reivindicación 1 en el que la etapa de formación involucra doblar el ensamble de molde (202) en una forma curva, y en el que la tensión aplicada a la tela (206) antes de doblado es suficiente para mantener la tela en tensión incluso después que el ensamble de molde se dobla en la forma curva.
- 20 4. El método de la reivindicación 3 en donde la tela (206) se estructura para que sea capaz de conformar ensambles de molde diseñados en diversas curvaturas mientras que todavía se mantienen bajo tensión.
5. El método de la reivindicación 4 en el que la tela (206) es una tela trenzada, y en el que la etapa de aplicar la tensión cambia el ángulo de las fibras en la tela con respecto al eje longitudinal.
- 25 6. El método de la reivindicación 1 incluye tensionamiento de la tela (206) antes que el saco tubular (204) del ensamble de molde se infla completamente, y luego se infla completamente el saco tubular.
7. El método de la reivindicación 1 en donde la tela (206) comprende una pluralidad de fibras, algunas de las cuales se orientan en una dirección fuera del aro que está en ángulo a la dirección de aro, y en donde adicionalmente la etapa de aplicar tensión a la tela durante la impregnación del material que otorga rigidez evitando pandeo de las fibras cuando se aplica curvatura al ensamble de molde que resulta en propiedades estructurales superiores relacionadas con la tela a la que no se aplica tensionamiento.
- 30 8. El método de la reivindicación 1 incluye la etapa adicional de por lo menos llenar parcialmente el elemento de construcción compuesto hueco rígido (238) con una carga que tiene material seleccionado del grupo que incluye concreto no encogible, concreto expansivo, lechada no encogible, lechada expansiva, espuma, y arena.
- 35 9. El método de la reivindicación 1 en el que el ensamble de molde inflable alargado (202) incluye un agarre mecánico (246,248) en cada extremo, y se utiliza agarres mecánicos para aplicar tensión a la tela.
10. El método de la reivindicación 1 incluye retirar la pared de saco flexible (204) del elemento de construcción compuesto hueco rígido (230) después que se ha endurecido el material que otorga rigidez.
- 40 11. El método de la reivindicación 1 en el que la cavidad inflable alargada, cuando se infla, tiene una dimensión de sección transversal que varía a lo largo del eje longitudinal del ensamble de molde inflable alargado (202).
12. El método de la reivindicación 1 en el que una multitud de ensambles de molde inflables alargados (202) se disponen juntos, con tensión aplicada a la tela (206) de cada ensamble de molde (202) y diseñar adicionalmente los ensambles de molde (202) a una forma deseada mientras que se mantiene la tela (206) bajo tensión, e impregnar la tela

(206) y los espacios anulares alargados con un material que otorga rigidez, y endurecer el material que otorga rigidez mientras que se mantiene la tela (206) en tensión para formar una de elementos de construcción compuestos huecos rígidos(238).

5 13. El método de la reivindicación 12 en el que la multitud de ensambles de molde inflables alargados (202) todos se forman a la misma curvatura, y todos se impregnan de forma simultánea.

14. El método de la reivindicación 1 en el que la tela (206) es una tela tejida.

15. Un método para formar un elemento de construcción compuesto hueco (238) del tipo adecuado para uso como un material de construcción, el método comprende:

proporcionar un ensamble de molde inflable alargado (202) que tiene un eje longitudinal, y que tiene adicionalmente:

10 una pared de saco flexible, sustancialmente tubular (204) que define una cavidad inflable alargada;

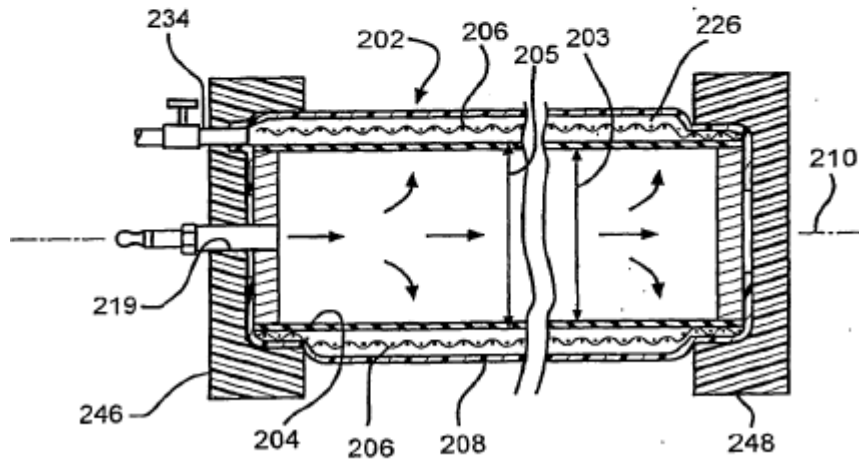
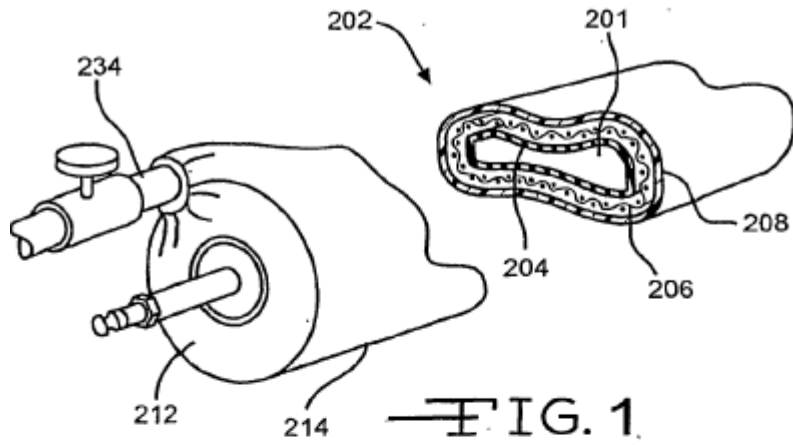
una tela de refuerzo posicionada de forma concéntrica alrededor de la pared de saco flexible, la tela se preimpregna con un material de resina; y

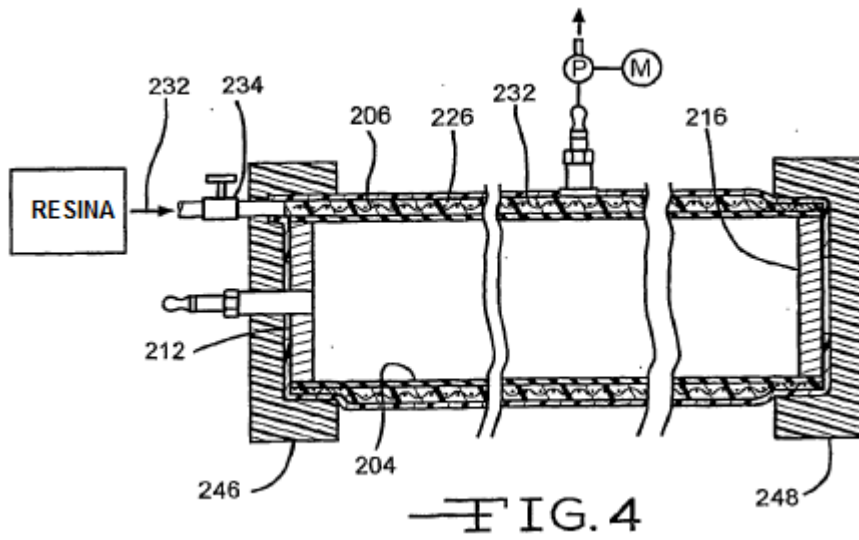
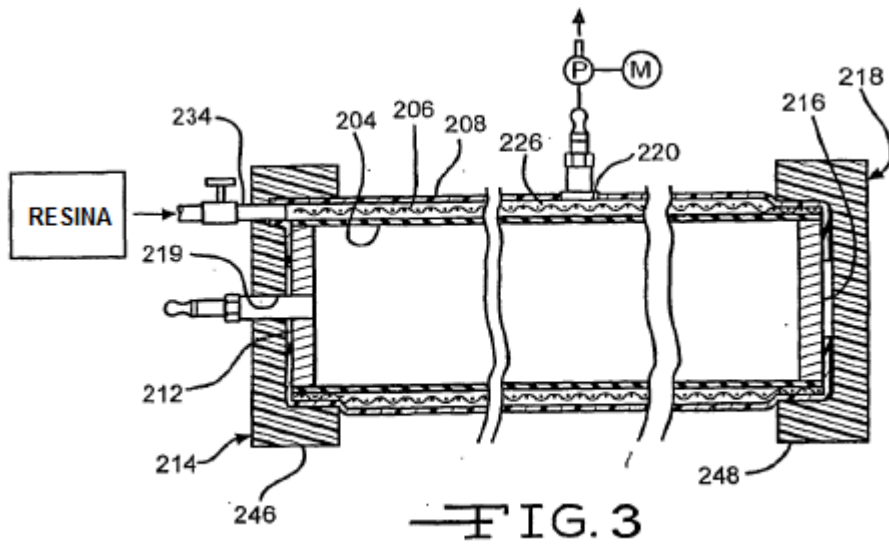
15 una capa externa impermeable al aire flexible (208) posicionada de forma concéntrica alrededor de la tela (206), con la pared de saco (204) y la capa externa que define un espacio anular alargado, con la tela que se posiciona dentro del espacio;

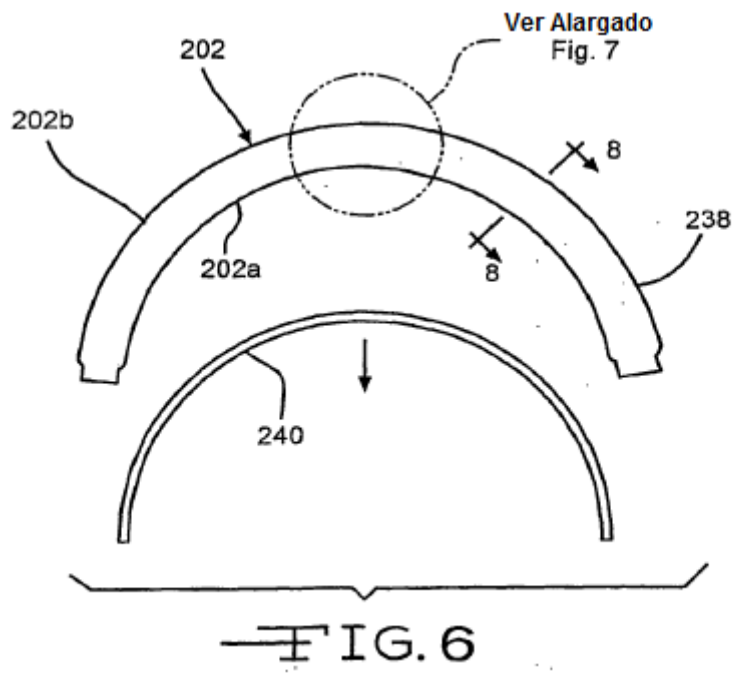
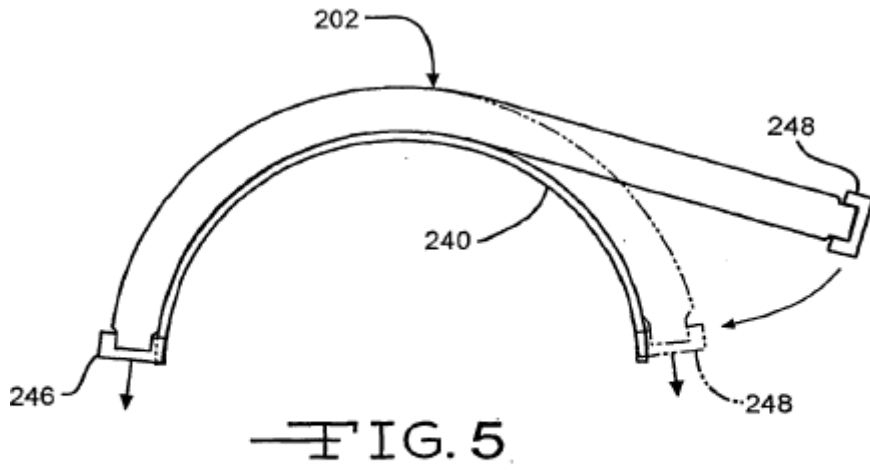
aplicar tensión en una dirección longitudinal a la tela (206) e introducir un fluido en la cavidad para por lo menos inflar parcialmente la pared de saco y dar forma a la tela;

diseñar el ensamble de molde a una forma deseada mientras que la tela se mantiene bajo tensión;

20 e iniciar rigidez del material de resina mientras que la tela se mantiene en tensión para formar un elemento de construcción compuesto hueco rígido.







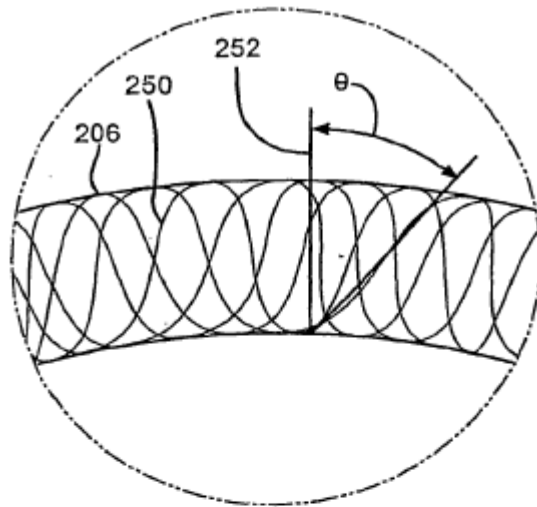


FIG. 7

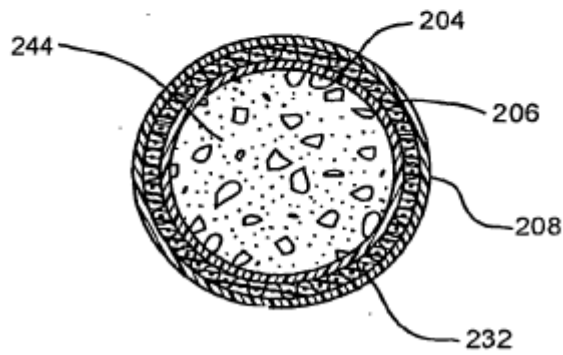
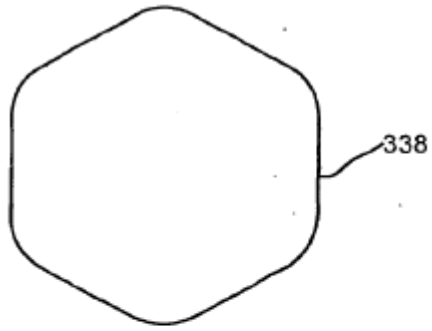
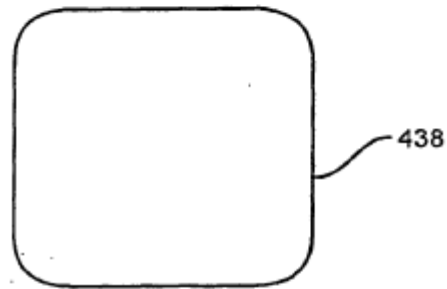


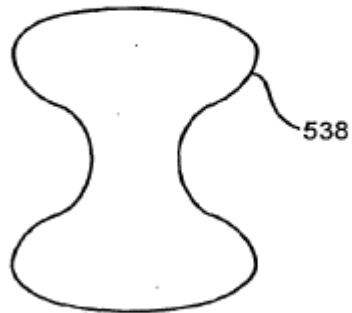
FIG. 8



—FIG. 9



—FIG. 10



—FIG. 11