

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 545 694**

51 Int. Cl.:

B29C 70/30 (2006.01)

B29C 33/30 (2006.01)

B29C 33/00 (2006.01)

B29C 33/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2012 E 12741165 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2015 EP 2731788**

54 Título: **Herramienta de mandril de moldeo sin patrón**

30 Prioridad:

12.07.2011 US 201161507115 P
07.11.2011 US 201113291084

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.09.2015

73 Titular/es:

THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-2016, US

72 Inventor/es:

MILLER, JEFFREY L. y
LOUDERBACK, MICHAEL J.

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 545 694 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

Herramienta de mandril de moldeo sin patrón

5 ANTECEDENTES

Los materiales compuestos que incluyen capas de fibras de refuerzo incrustadas en una matriz son altamente deseables por su peso ligero y su alta resistencia. Un ejemplo de un material compuesto es el plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP), en el que los constituyentes incluyen fibras de carbono incrustadas en una matriz epoxi.

10 La fabricación de una pieza de material compuesto consiste en depositar fibras de refuerzo sobre una superficie de la herramienta de una herramienta de mandril de moldeo. Las fibras se pueden pre-impregnar con resina tras la deposición ("preimpregnados"), o pueden estar secas y, posteriormente, infundirse con resina. Las fibras infundidas de resina o las fibras pre-impregnadas se enfundan y a continuación se curan.

15 La fabricación rápida de piezas de material compuesto es deseable por una amplia variedad de razones. La fabricación rápida se puede utilizar para hacer prototipos de una pieza para una aeronave, un automóvil u otra estructura, para proporcionar una evaluación competitiva, un estudio de mercado o incluso un modelo de trabajo. La fabricación rápida se puede utilizar para reparar un producto tal como una aeronave, un automóvil, una turbina de viento o una estructura civil (por ejemplo, un componente de un puente) y devolver rápidamente ese producto al servicio útil.

El documento US 4.863.663 se refiere a un método de hacer un modelo, una pieza de un prototipo y un molde.

25 El documento US 4.073.049 describe un método para hacer un vacío cubierto de fibra de vidrio impregnada de resina rellena de espuma reforzada que forma un tapón de moldeo.

El documento EP 0 521 813 A1 describe una herramienta de formación de material compuesto.

30 El documento WO 01/26869 A1 se refiere a un molde de moldeo.

El documento WO 98/50180 describe una herramienta de moldeo híbrida.

35 El documento US 4.578.303 se refiere a un componente estructural compuesto de fibra y a un método para fabricar tal componente.

COMPENDIO

Una herramienta de mandril para moldeo de material compuesto comprende una lámina frontal de material compuesto para proporcionar una superficie de moldeo para el material compuesto, y una estructura de tablero base celular para sujetar la lámina frontal.

40 Este método de fabricar un molde comprende crear una estructura celular a partir de tableros base, que definen una matriz de celdas abiertas; y moldear y curar el material compuesto para formar una lámina frontal.

45 La presente invención proporciona un método para fabricar una herramienta de mandril de moldeo que comprende crear una estructura celular a partir de tableros base, que definen una matriz de células abiertas, que llenan la estructura celular con un material similar a la espuma, mecanizar la espuma y la estructura celular para obtener una superficie mecanizada, y moldear y curar el material compuesto sobre la superficie mecanizada para formar una lámina frontal.

50 Según otra realización de la presente memoria, un método comprende diseñar una herramienta de mandril para moldeo y curar una pieza de material compuesto, que incluye seleccionar el material, el grosor y la rigidez de los tableros base para la herramienta de mandril. El método comprende además la fabricación de los tableros base según el material, el grosor y la rigidez seleccionados y montar los tableros base en una estructura celular; llenar las celdas de la estructura celular con un material similar a la espuma; mecanizar el material similar a la espuma y la estructura celular para obtener una superficie mecanizada; y moldear y curar el material compuesto sobre la superficie mecanizada para formar una lámina frontal.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

60 La Figura 1 es un método para fabricar una herramienta de mandril de moldeo sin patrón.
Las Figuras 2A-2D son ilustraciones de una herramienta de mandril de moldeo sin patrón durante varias etapas de fabricación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

65 Los moldes permanentes se utilizan normalmente para crear cantidades de herramientas de mandril de moldeo de producción para la fabricación de piezas de material compuesto. En contraste, una herramienta de mandril de

moldeo en la presente memoria no se forma con un molde permanente. Más bien, una herramienta de moldeo en la presente memoria está sin patrón.

5 Se hace referencia a la Figura 1, que ilustra un método para crear una herramienta de mandril de moldeo sin patrón. En el bloque 110, se fabrica una estructura celular según las dimensiones del diseño de una pieza. La estructura celular proporciona un alojamiento que abarcará la herramienta total e incluirá el contorno y el perfil irregular de la pieza. Para ciertas piezas, tales como las piezas de aeronaves, esto puede ser un contorno compuesto complejo o de curvatura constante. La estructura celular se puede formar a partir de tableros base. El sistema de materiales, y la densidad y el grosor de los tableros base se pueden adaptar a una durabilidad deseada de la herramienta de mandril. Los sistemas de materiales pueden incluir, sin limitación, epoxi y Bismaleimida (BMI). Los tableros base se pueden cortar con un chorro de agua, una fresadora u otra herramienta. Se pueden atar juntos por unión, sujeción mecánica o ambos. Se pueden añadir ángulos para un refuerzo adicional.

10 Se hace referencia adicional a la Figura 2A, que ilustra una estructura celular 112 de "caja de huevos". Esta estructura celular se forma a partir de tableros base 114, que definen una matriz de celdas abiertas 116. La estructura 112 de caja de huevos está abierto en las partes superior e inferior.

15 En el bloque 120, la estructura celular 112 se llena con un material 122 similar a la espuma que se expande (ver Figura 2B). El material 122 similar a la espuma mantiene la estabilidad dimensional durante las condiciones de procesados tales como el moldeo y el curado. Por ejemplo, el material 122 similar a la espuma no debería degradarse o reducirse o expandirse a las temperaturas de infusión de la resina y el curado o el curado del preimpregnado. El material 122 similar a la espuma no debería degradarse o reducirse o expandirse a estas temperaturas. Del mismo modo, el material 122 similar a la espuma no debería distorsionarse bajo presión durante la infusión de la resina o la presión del autoclave de los preimpregnados de curado. Los requisitos de estabilidad dimensional y de resistencia a la compresión se deberían mantener de tal manera que una lámina frontal, que se forma posteriormente en la estructura celular 112, se cura en una posición predecible. Si no se consigue la estabilidad dimensional del material 112 similar a la espuma, se puede añadir material adicional a la lámina frontal. Esto no es deseable. Por ejemplo, si la lámina frontal no está en su lugar deseado, algunas áreas de la lámina frontal se podrían cortar de menos (no limpiar) y otras áreas podrían cortar de más (demasiado material eliminado).

20 Ejemplos del material 122 de tipo espuma incluyen, pero no se limitan a, poliuretano, poli-isocianurato, espuma de carbono, de cerámica, y hormigón poroso. El material 122 similar a la espuma puede estar en la forma de bloques, o se puede verter y curarse, o se puede añadir mediante alguna combinación de los anteriores. El material 122 similar a la espuma puede sellarse con materiales compatibles (por ejemplo, resina matriz o una resina alternativa) para evitar que el exceso de adhesivo entre en el material similar a la espuma.

25 En el bloque 130, el material 122 similar a la espuma y los tableros base 114 se mecanizan para obtener una superficie deseada para el moldeo de una lámina frontal. Un ejemplo de la superficie mecanizada 132 resultante se ilustra en la Figura 2C.

30 En el bloque 14, la lámina frontal se forma sobre la superficie mecanizada 132. Antes de formar la lámina frontal, sin embargo, se puede aplicar una capa de adhesivo a la superficie mecanizada 132 para ayudar en la unión de la lámina frontal y los tableros base 114 y para evitar que la resina penetre en el material 122 similar a la espuma. El adhesivo es preferiblemente compatible con la resina matriz y puede estar soportado o no soportado.

35 La lámina frontal se puede formar al colocar tela que incluye fibras de refuerzo sobre la capa adhesiva. Las fibras pueden ser secas o pueden estar preimpregnadas. Si las fibras están secas, las fibras secas posteriormente se infunden con resina. Esta resina ha sido referenciada como resina "matriz". Las fibras de resina infundida o los preimpregnados se enfundan a continuación y se curan. La lámina frontal se puede atar a los tableros base mediante la combinación de fijación mecánica y adhesión. La fijación mecánica se puede realizar con clips o abrazaderas.

40 En el bloque 150, el material 122 similar a espuma se puede eliminar de la estructura celular 112. Para fibras de resina infundida, el material 122 similar a espuma se puede eliminar después de la infusión de resina pero antes de curar. Para preimpregnados, el material 122 similar a espuma se puede eliminar después de curar. En algunas realizaciones, el material 122 similar a la espuma se puede excavar y sacar desde el lado posterior de la estructura celular 112. En otras realizaciones, el material 122 similar a la espuma se puede eliminar entero como bloques.

45 En algunas realizaciones, el material 122 similar a la espuma se puede eliminar completamente de la estructura celular 112. En otras realizaciones, en las que la herramienta de mandril de moldeo tiene un perfil bajo, el material 122 similar a la espuma se puede dejar en la estructura celular 112, siempre que no afecte a la calidad de la pieza.

50 El material 122 similar a la espuma se puede eliminar para asegurar que los requisitos térmicos se cumplen durante el curado (por ejemplo, para asegurar que el calor se transfiere a través de la parte trasera de la herramienta). El material 122 similar a la espuma es un aislante que puede aislar la parte trasera de la herramienta de una fuente de calor, lo que interfiere con las temperaturas necesarias en los tiempos requeridos según lo determinado por los

65

requisitos del perfil de curado. Para las herramientas que tienen los tableros base cortos, el material similar a la espuma puede tener un menor impacto térmico y, en consecuencia, se pueden dejar en su lugar.

Si los bloques del material 122 similar a la espuma se eliminan enteros, los bloques se pueden reutilizar.

Reutilizar los bloques puede reducir los costes futuros e incrementar la velocidad de fabricación. Para permitir eliminarlos enteros, se toman medidas antes de moldear el material 122 similar a la espuma en la estructura celular 112. Por ejemplo, las paredes de los tableros base 114 se pueden revestir con láminas de deslizamiento (láminas hechas de materiales tales como nylon Teflon, fluoroelastómero), o se pueden revestir con películas de liberación, u otro material que reduce la adhesión o el coeficiente de fricción entre el material 122 similar a espuma y los tableros base 114. Además, los ángulos de desmoldeo en la estructura celular 112 pueden facilitar la eliminación cuando un ángulo puede mejorar la facilidad por la que el material 122 similar a espuma se saca.

En el bloque 160, la superficie expuesta de la lámina frontal se mecaniza y se lija y es enviada a la bancada en un perfil final. El mecanizado final asegura tolerancias que son normalmente difíciles de alcanzar con piezas de fundición de herramientas maestras típicas. El espesor de la lámina frontal final es una función de la durabilidad de la herramienta y de las cargas de estrés impartidas a la herramienta. Si el espesor final mínimo de 0,635 cm (0,25") asegura durabilidad, entonces se dimensiona en consecuencia un espesor inicial (por ejemplo, 2,54 cm (1 pulgada)) para permitir el mecanizado a este espesor final. El mecanizado se puede realizar en una máquina de fresado. El lijado puede impartir un acabado superficial de calidad aérea a la superficie de la línea de moldeo.

La superficie de la lámina frontal mecanizada puede formar una superficie de línea de moldeo interior o exterior de la pieza, dependiendo de la aplicación prevista de la pieza de material compuesto. Los lados de la herramienta de la pieza de material compuesto tienen típicamente un mejor acabado superficial que los lados de embolsado del panel, a menos que se utilice una chapa de prensado para crear un mejor acabado superficial en el lado del embolsado de la pieza.

En el bloque 170, a continuación, la superficie de la lámina frontal mecanizada, se puede limpiar, sellar y revestir desprendiblemente. El sellado llena cualesquiera pequeños vacíos, y el revestimiento desprendible proporciona un tratamiento antiadherente de tal manera que la pieza curada se puede quitar de la herramienta sin forzar.

Se hace una referencia adicional a la Figura 2D, que ilustra un ejemplo de herramienta de mandril que incluye una lámina frontal mecanizada 142. La lámina frontal 142 se co-une a los tableros base 114. Los tableros base 114 proporcionan rigidez integral a la lámina frontal 142, permiten la fijación a la subestructura de herramientas de perfil alto y proporcionan un sistema de nivelación básico para herramientas de perfil bajo (utilizados tal cual). La rigidez integral es valiosa para láminas frontales 142 más grandes, que se vuelven más "endebles" cuando el área de la lámina superficial se hace más grande. La rigidez integral también aumenta la rigidez de la lámina frontal 142.

En el bloque 180, la herramienta de mandril de moldeo está lista para su utilización. En algunas realizaciones, la herramienta solo se puede utilizar para fabricar piezas de material compuesto.

En otras realizaciones, la herramienta de mandril puede ser una sección de un sistema de herramientas de mandril más grande. El sistema de herramientas de mandril se puede formar al ensamblar conjuntamente una multitud de secciones. Se puede utilizar un plano de sellado al vacío entre secciones para asegurar la integridad del vacío a lo largo de todo el sistema de herramientas de mandril. Si se necesita enviar una sección desde el sitio de fabricación a un sitio de moldeo, puede ser ventajoso para ensamblar las secciones en el sitio de moldeo, para evitar el coste y los retrasos del envío de cargas de gran tamaño.

Una herramienta de perfil alto (generalmente mayor que aproximadamente 61 cm (24 pulgadas) de altura) puede utilizar una subestructura para reducir la altura de los tableros base y el volumen del material similar a espuma. La subestructura puede sujetar la herramienta por encima de un suelo o un carro sin sacrificar la rigidez de la herramienta. Por el contrario, se puede utilizar una herramienta de perfil bajo "tal cual" con tableros base relativamente cortos para la producción de paneles sin necesidad de ninguna subestructura adicional para sujetar la herramienta desde el suelo o un carro.

De este modo se describe un método de fabricar una herramienta de mandril de moldeo rápidamente. Al cambiar simplemente algunos parámetros (densidad y grosor de los tableros base, grosor de la lámina frontal y sistema de materiales), se puede utilizar la misma arquitectura para construir herramientas de mandril de moldeo para diferentes propósitos. Algunas herramientas se pueden utilizar para fabricar piezas de recambio personalizadas. Otras herramientas se pueden utilizar para fabricar piezas para prototipos de uso limitado. Todavía otras herramientas se pueden utilizar para múltiples series de producción.

La durabilidad de la herramienta sin patrón se puede aumentar, por lo que se puede utilizar para la "producción" más cara o para piezas de series mayores. La durabilidad se puede aumentar mediante el aumento del grosor de la lámina frontal, aumentando la rigidez y el grosor de los tableros base. La rigidez de los tableros base se puede aumentar mediante la reducción de la separación entre los tableros base. La durabilidad también puede aumentarse

mediante la selección de un material más duradero para los tableros base. Por ejemplo, el BMI es más duradero que el epoxi. Se prefieren los materiales epoxi para los ciclos de producción de hasta 250F y de hasta más de 100 ciclos, y hasta 10 series para 350F. Se prefiere un material tal como el BMI para los requerimientos de ciclos mayores que 350F y 10 series.

5 El aumento de cualquiera o de todos estos parámetros aumentará el coste de la herramienta sin patrón, pero proporcionará una herramienta sin patrón que se puede utilizar para más ciclos de curado o series. Las piezas que tienen ciclos de producción limitados pueden utilizar menos material de atado (por ejemplo, 50% o menos), y una mayor separación de los tableros base. Las herramientas más duraderas pueden tener 100% de fijación de atado, tanto para los tableros base a los tableros base, como también para las láminas frontales a los tableros base.

10 En algunas realizaciones, una herramienta sin patrón de la presente memoria se puede utilizar como un patrón para la fabricación de herramientas de producción. Al ajustar ciertos parámetros, los patrones se pueden hacer como una alternativa al invar convencional, al acero, etc. (los patrones se pueden utilizar para producir herramientas de material compuesto estándar). Un patrón en la presente memoria se puede producir en un plazo significativamente más corto que una herramienta de acero o invar (por ejemplo, un 50% más corto). Esto reduciría significativamente los plazos de entrega para herramientas de material compuesto más convencionales definitivas que requieren patrones.

20 Una herramienta de mandril de moldeo sin patrón de la presente memoria no se limita a ningún tipo particular de pieza. Ejemplos de piezas de material compuesto incluyen, sin limitación, los paneles de las alas, los paneles de las puertas de carga, paneles y capós de automóviles, paneles y capós de camiones, paneles para un tanque de material compuesto y cúpulas de materiales compuestos. Algunas de estas piezas pueden tener superficies de contornos complejos.

REIVINDICACIONES

1. Un método de fabricar una herramienta de mandril de moldeo, el método que comprende:
5 crear (110) una estructura celular (112) a partir de tableros base (114), que definen una matriz de células abiertas (116);
 llenar (120) la estructura celular (112) con un material (122) similar a espuma;
 mecanizar (130) la espuma (122) y la estructura celular (112) para obtener una superficie mecanizada (132); y
10 moldear y curar el material compuesto sobre la superficie mecanizada (132) para formar (140) una lámina frontal (142).
2. El método de la reivindicación 1, que además comprende mecanizar (160) una superficie expuesta de la lámina frontal (142).
- 15 3. El método de la reivindicación 2, que además comprende limpiar, sellar y revestir desprendiblemente (170) la superficie (142) de la lámina frontal mecanizada.
4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que además comprende eliminar (150) el material (122) similar a espuma después de curar la lámina frontal (142).
- 20 5. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que los tableros base (114) se fabrican de una resina epoxi y tienen el grosor y la rigidez apropiados para los prototipos.
6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que los tableros base (114) se fabrican de Bismaleimida (BMI) y tienen el grosor y la rigidez apropiados para patrones y series de alta producción.
- 25 7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el material, la rigidez y el grosor de los tableros base (114) se seleccionan según la durabilidad deseada.
8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que la lámina frontal (142) proporciona una superficie de moldeo para una pieza de reparación que tiene una superficie de contorno complejo.
- 30

FIG. 1

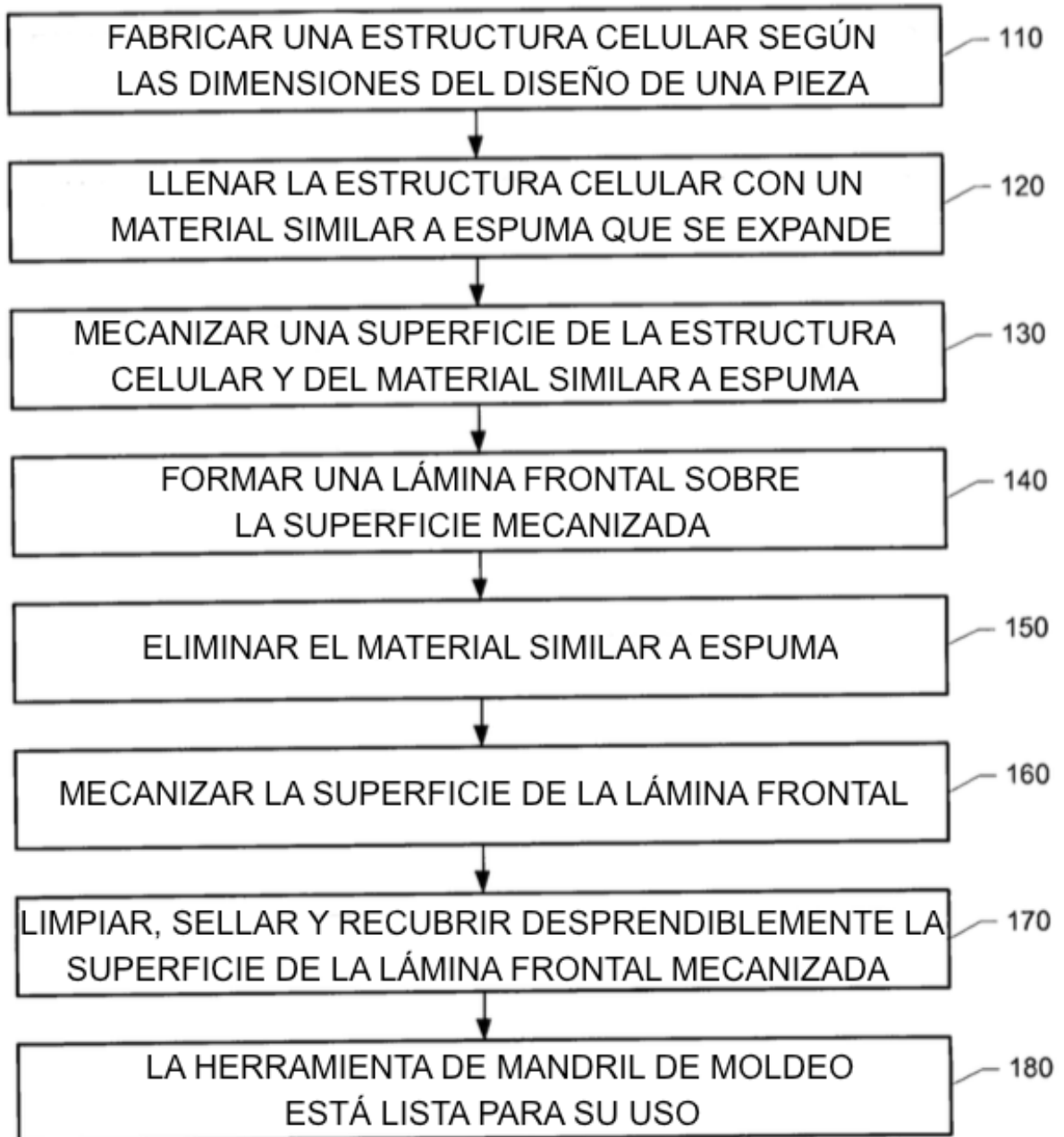


FIG.2A

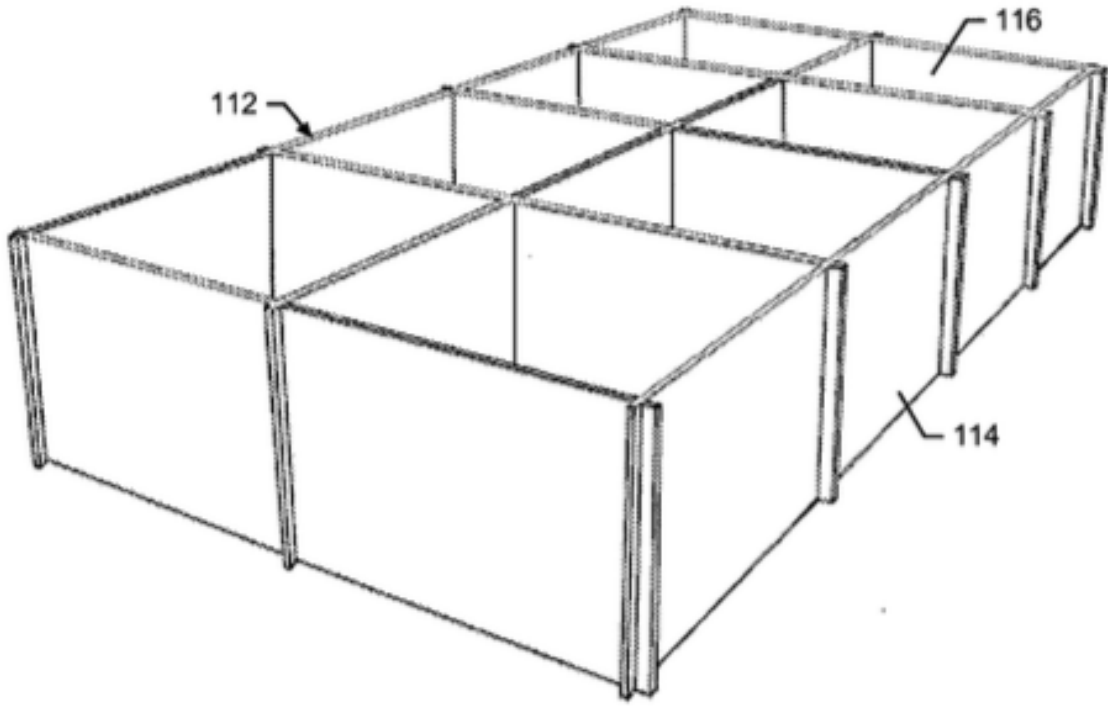


FIG. 2B

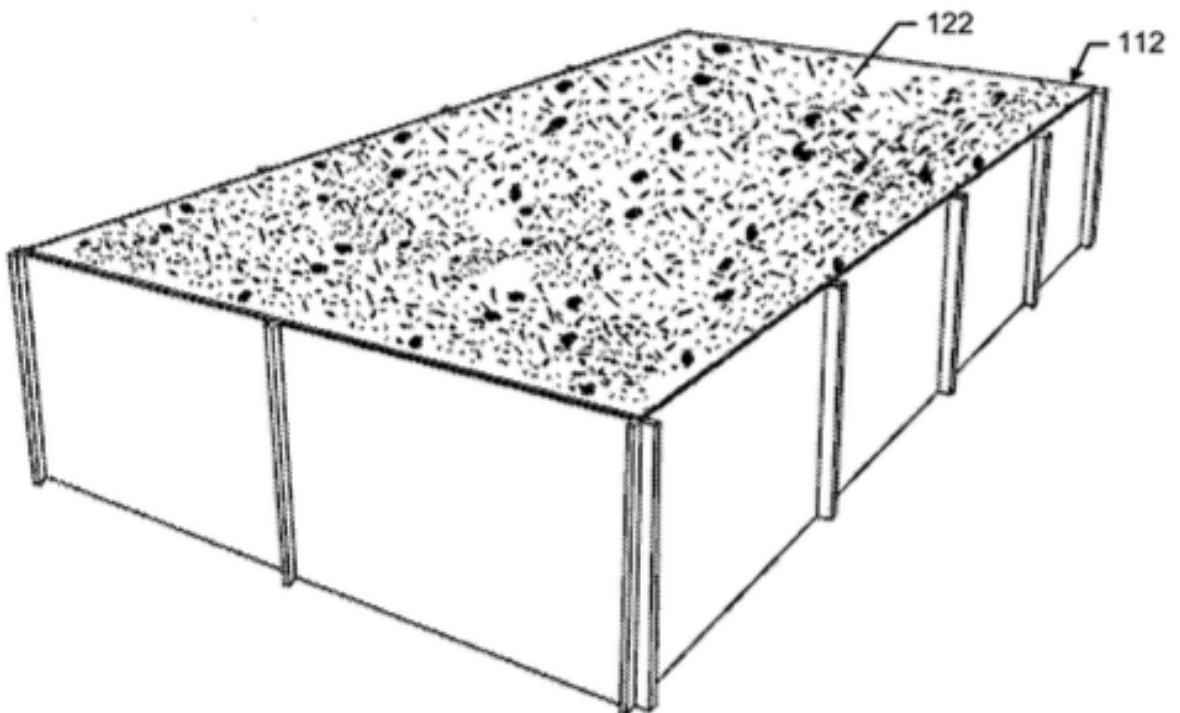


FIG. 2C

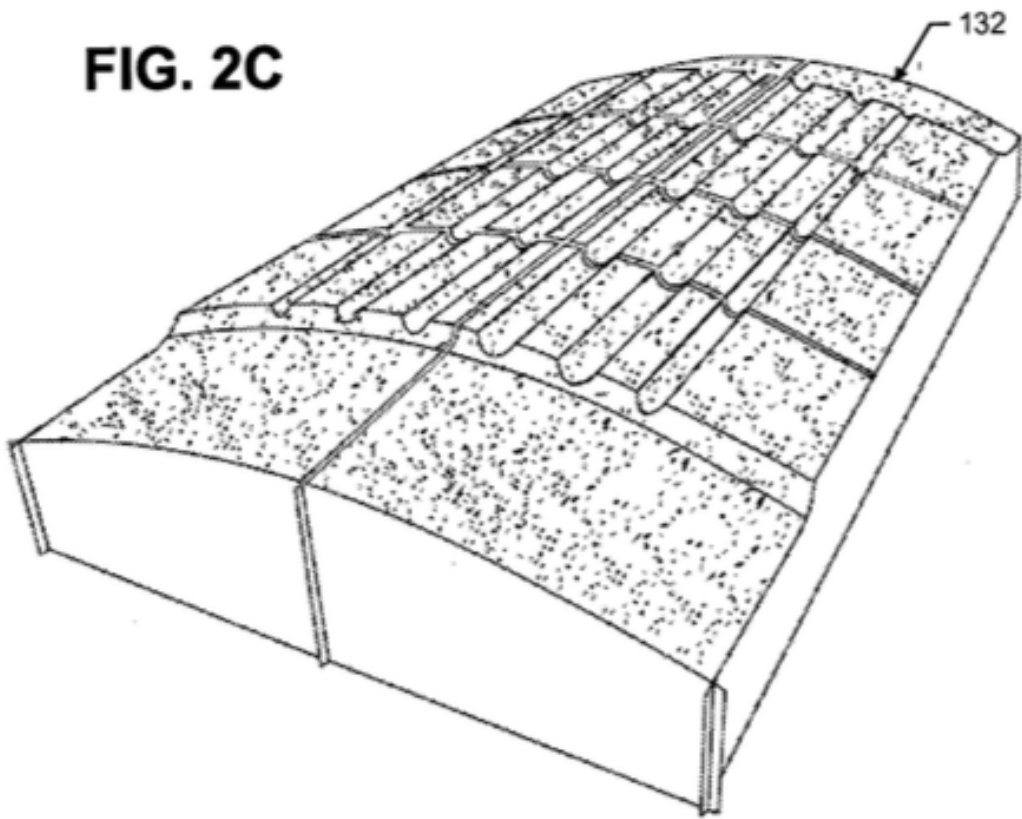


FIG. 2D

