

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 707 896**

51 Int. Cl.:

B01D 63/02 (2006.01)

B01D 53/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2013 PCT/US2013/077205**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.09.2014 WO14143336**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2013 E 13870386 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2018 EP 2950913**

54 Título: **Módulos de separación de gases y métodos de formación**

30 Prioridad:

31.01.2013 US 201313755656

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

05.04.2019

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

CAO, TUAN Q.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 707 896 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

Módulos de separación de gases y métodos de formación

Campo técnico

5 El presente documento se refiere a métodos para formar módulos de separación de gases y a módulos de separación de gases que incluyen módulos en sistemas de reducción de inflamabilidad de tanques de combustible de aeronaves.

Antecedentes

10 Los módulos de separación de aire (ASM) conocidos se encuentran en los sistemas de reducción de inflamabilidad de tanques de combustible de las aeronaves. El ASM elimina algo de oxígeno del aire para generar aire enriquecido con nitrógeno (NEA), que a continuación fluye hacia el espacio vacío de tanque de combustible, una región en el tanque que a menudo contiene combustible evaporado (es decir, vapor de combustible). El NEA puede reducir la inflamabilidad del espacio vacío de tanque de combustible. Las regulaciones de la Administración federal de aviación (FAA) requieren que las aeronaves de transporte nuevas y en servicio incluyan sistemas para mejorar la seguridad de los tanques de combustible de aeronaves. Desafortunadamente, los ASM tienen una vida útil que puede verse limitada por una eficacia de separación reducida o el fallo de los componentes del ASM, que requieren reparación o reemplazo y provocan un tiempo de inactividad de la aeronave correspondiente. Por consiguiente, es deseable una mayor fiabilidad de los módulos de separación de aire.

15 El documento US2112195A2 desvela una chapa tubular de epoxi llena para los módulos de separación de aire en los que la chapa tubular se llena con epoxi, que a su vez contiene un inserto de metal dirigida a minimizar la deformación plástica durante los ciclos térmicos.

Sumario

25 Un módulo de separación de gases incluye una carcasa exterior que tiene al menos un puerto de entrada y una pluralidad de puertos de salida y una pluralidad de membranas de fibras huecas dentro de la carcasa. Las fibras individuales tienen un extremo de alimentación y un extremo de producto con un lado interior concentrador y un lado exterior filtrador entre el extremo de alimentación y el extremo de producto. El módulo incluye una chapa tubular de alimentación dentro de la carcasa que sujeta el extremo de alimentación de las fibras y separa al menos un puerto de entrada y el lado filtrador de las fibras. La chapa tubular de alimentación incluye una matriz y al menos una junta de segmento. La matriz encapsula el extremo de alimentación de las fibras. La junta de segmento contiene un material adaptable diferente de la matriz y separa una pluralidad de segmentos de la chapa tubular de alimentación unos de otros.

30 Un método de formación de módulos de separación de gases incluye colocar el material de membrana de fibra hueca en asociación con al menos una junta de segmento de chapa tubular y aplicar una matriz al material de fibra y a la junta de segmento y curar la matriz. La junta de segmento contiene un material adaptable diferente de la matriz. El método incluye formar una chapa tubular de alimentación a partir de la matriz curada y de la junta de segmento y formar una pluralidad de membranas de fibra hueca a partir del material de fibra. Las fibras individuales tienen un extremo de alimentación y un extremo de producto, la matriz curada encapsula el extremo de alimentación de las fibras, la chapa tubular de alimentación sujeta el extremo de alimentación de las fibras y la junta de segmento separa una pluralidad de segmentos de la chapa tubular de alimentación unos de otros.

35 Las características, funciones y ventajas que se han tratado pueden conseguirse independientemente en diversas realizaciones o pueden combinarse en otras realizaciones más, detalles de las mismas pueden verse haciendo referencia a la siguiente descripción y a los dibujos.

Breve descripción de los dibujos

La siguiente descripción se realiza haciendo referencia a los siguientes dibujos adjuntos.

45 Las figuras 1, 2 y 5 son unas vistas desde arriba, lateral y en sección, respectivamente, de un elemento para un módulo de separación de gases.

Las figuras 3, 4 y 6 son unas vistas desde arriba, lateral y en sección, respectivamente, de otro elemento para un módulo de separación de gases.

Las figuras 7 y 8 son unas vistas desde arriba y lateral, respectivamente, de un elemento adicional para un módulo

de separación de gases.

La figura 9 es una vista en sección transversal de una junta de segmento para un elemento de separación de gases y la figura 10 es una vista en despiece de la misma.

5 Las figuras 11 y 12 son unas vistas isométricas y en primer plano, respectivamente, de un módulo de separación de gases.

La figura 13 muestra un sistema de reducción de inflamabilidad del tanque de combustible.

La figura 14 es una vista desde arriba de un elemento para un módulo de separación de gases con un velo entre las capas de fibra.

10 La figura 15 es una vista en sección transversal de un material de membrana de fibra hueca enrollado en una junta de segmento y un soporte junto con una película de matriz y la figura 16 es una vista lateral en una etapa posterior a la mostrada en la figura 15 después del curado y mecanizado para abrir los extremos de fibra.

La figura 17 es una vista desde arriba de una abrazadera para un elemento de separación de gases cilíndrico para aplicar una presión radial en una chapa tubular durante un proceso de aplicación de matriz.

15 La figura 18 es una vista lateral de una abrazadera para un elemento de separación de gases rectangular mostrado en una vista en sección transversal para aplicar una presión transversal en una chapa tubular durante un proceso de aplicación de matriz.

Descripción detallada

20 Algunos módulos de separación de gases conocidos utilizan membranas de fibra hueca (HFM). Las membranas de fibra hueca pueden incluir una pared de fibra de un material permeable y poroso que soporta una membrana delgada sobre la misma que se proporciona selectivamente en el proceso de separación de gases. Durante la operación del módulo de separación de gases, la alimentación de gas entra en un extremo de alimentación de las fibras y los gases seleccionados se difunden a través de las paredes de fibra para producir el filtrado. Los gases retenidos avanzan por las fibras huecas hasta el extremo de producto y salen como material concentrado. Ambos extremos de las membranas de fibra hueca pueden rellenarse con resina para sujetar las fibras. La resina de relleno que sujeta los extremos de fibra forma unas chapas tubulares en cada extremo que separan la alimentación de gas y el material concentrado del filtrado. La combinación de las fibras y las chapas tubulares forma un elemento que puede insertarse en una carcasa para formar el módulo. Algunos pueden referirse al elemento como un "cartucho" y a la carcasa como un "recipiente". Sin embargo, en el presente documento, el significado de "elemento" y "carcasa" no se limitan a los respectivos significados ordinarios de "cartucho" y "recipiente". En general, la resina de relleno forma un tapón con un perímetro circular alrededor de los extremos de fibra respectivos encajados dentro de una carcasa en forma de tubo. Aun así, las configuraciones incluidas en el presente documento incluyen geometrías adicionales para las chapas tubulares.

35 Para algunas aplicaciones en las que se usa un módulo de separación de gases, tales como un sistema de reducción de inflamabilidad del tanque de combustible, puede suministrarse la alimentación de gas a una temperatura elevada. Para la separación de oxígeno del aire y para otros pares de gases, la eficacia de separación puede aumentar con el aumento de la temperatura de la alimentación de gas. Beneficiosamente, una fuente de gas fácilmente disponible podría suministrar gas caliente como un subproducto de un proceso no relacionado. En la aeronave, el aire de sangrado de motor es una fuente conocida para la alimentación de gas a un módulo de separación de aire y, a menudo, alcanza el módulo de separación de aire entre 71,11 °C y 149,90 °C (160 °F a 300 °F).

45 La exposición de la chapa tubular a temperaturas elevadas puede provocar una expansión en direcciones radiales y circunferenciales, seguida de una contracción cuando más tarde se enfría la chapa tubular. Un módulo de separación de aire se enciende y apaga en función de los períodos en los que se suministra gas inerte al espacio vacío de tanque de combustible y cuando no se hace. Debido al perímetro circular y a que se encaja dentro de una carcasa en forma de tubo, puede limitarse la expansión de la chapa tubular en la dirección circunferencial. La restricción de la expansión circunferencial puede producir tensión dentro de los materiales de la chapa tubular, incluyendo tanto a la resina como a las fibras huecas.

50 Además, el envejecimiento físico puede hacer que la resina se contraiga o se vuelva quebradiza o ambos con el paso del tiempo. En consecuencia, como resultado del envejecimiento físico, la resistencia a la tracción de la resina puede disminuir y puede volverse propensa al agrietamiento, permitiendo que penetren las fugas de alimentación de gas. El envejecimiento térmico puede acelerar el envejecimiento físico como resultado de la exposición al calor. Las expansiones o contracciones, o ambas mencionadas anteriormente, tienen más probabilidades de producir grietas.

Es decir, la contracción de la resina en la dirección radial que sigue a la expansión térmica puede crear una carga de tensión en la dirección radial. Las fibras a menudo se forman en capas concéntricas de diámetro creciente desde el centro de la chapa tubular. Una vez que la tensión de tracción en la dirección radial supera la resistencia de unión entre la resina y las fibras, pueden iniciarse grietas de la chapa tubular entre las capas de fibra o en otras localizaciones. A menudo, los materiales de resina se seleccionan para soportar tales tensiones con suficiente resistencia de unión. Sin embargo, la resistencia de unión reducida como resultado del envejecimiento térmico puede permitir que las grietas se inicien y a continuación se propaguen entre las capas de fibra. Además de las grietas que separan la resina de las fibras, el agrietamiento puede separar la membrana delgada de una pared de fibra del material poroso subyacente que la soporta.

El agrietamiento puede reducirse al operar un módulo de separación de gases a una temperatura más baja para retrasar los efectos del envejecimiento térmico. Desafortunadamente, la temperatura reducida puede reducir la eficacia de separación en el módulo de separación de gases. Con una eficacia reducida, se usaría un módulo de separación de gases más grande para producir un caudal comparable de gas separado. Un módulo de separación de gases más grande pesa más que un módulo más pequeño de la misma construcción y puede ser una desventaja en algunas aplicaciones, tal como en el sector aeroespacial.

Otra posibilidad incluye aceptar un ciclo de vida reducido de un módulo de separación de gases que acompaña el uso a temperaturas elevadas y ajustar los ciclos de mantenimiento para permitir la reparación o el reemplazo con mayor frecuencia. Sin embargo, el aumento del coste asociado con la reducción del ciclo de vida podría no ser aceptable.

Las configuraciones descritas en el presente documento permiten una chapa tubular para soportar las tensiones asociadas con la expansión y la contracción térmica y para resistir el agrietamiento. Las chapas tubulares pueden diseñarse para permitir la operación a la capacidad de temperatura de la resina de relleno con menor riesgo de agrietamiento de las chapas tubulares. El aumento de la temperatura de funcionamiento permite una mayor eficacia de separación y un menor tamaño y peso del módulo. Las aeronaves comerciales que usan un módulo de separación de gases en un sistema de reducción de inflamabilidad del tanque de combustible pueden beneficiarse especialmente de la reducción del tamaño y el peso del módulo.

Aunque los aparatos y métodos en el presente documento proporcionan beneficios significativos para la industria aeroespacial, podrían usarse en otras aplicaciones de tecnología de separación de gases con membrana de fibra hueca. Los ejemplos incluyen la separación de metano/nitrógeno/dióxido de carbono, tales como en los campos petrolíferos, la separación de componentes seleccionados de gases de combustión, tales como en las centrales eléctricas alimentadas con petróleo o gas, purificaciones químicas de gases, deshidratación de gases, etc. Del mismo modo, las configuraciones podrían usarse en diversos tipos de aeronaves, tanto comerciales como militares, incluyendo aeronaves de combate y helicópteros. Existen muchas aplicaciones posibles para un sistema de inercia de tanque de combustible en el que pueden usarse las configuraciones del presente documento.

Las configuraciones en el presente documento incluyen el uso de al menos una junta de segmento en una chapa tubular. La junta de segmento puede contener un material adaptable y segmentos separados de la chapa tubular unos de otros. Por consiguiente, los segmentos pueden expandirse y contraerse debido a las temperaturas de operación cíclicas sin agrietamiento de la chapa tubular, ya que la junta de segmento puede comprimirse para permitir la expansión de la chapa tubular en la dirección circunferencial. Un diseño de chapa tubular segmentada de este tipo podría adaptarse para formas perimetrales de chapas tubulares circulares, rectangulares y de otro tipo.

Un módulo de separación de gases incluye una carcasa exterior que tiene al menos un puerto de entrada y una pluralidad de puertos de salida y una pluralidad de membranas de fibra hueca dentro de la carcasa. Las fibras individuales tienen un extremo de alimentación y un extremo de producto con un lado interior concentrador y un lado exterior filtrador entre el extremo de alimentación y el extremo de producto. El módulo incluye una chapa tubular de alimentación dentro de la carcasa que sujeta el extremo de alimentación de las fibras y que separa el al menos un puerto de entrada y el lado filtrador de las fibras. La chapa tubular de alimentación incluye una matriz y al menos una junta de segmento. La matriz encapsula el extremo de alimentación de las fibras. La junta de segmento contiene un material adaptable diferente de la matriz y separa una pluralidad de segmentos de la chapa tubular de alimentación unos de otros. La matriz puede incluir la resina descrita anteriormente o un adhesivo o ambos. Los ejemplos incluyen resina y un adhesivo que contiene componentes de epoxi, bismaleimida, éster de cianato o benzoxazina y que muestran una viscosidad de menos de 1 Pa*s (10 poises) a una temperatura usada para la infusión de la matriz de rellena.

Las figuras 1, 2, y 5 muestran un elemento 10 adecuado para su uso en un módulo de separación de gases. El elemento 10 incluye una chapa tubular 24 en un extremo de las fibras 18. La chapa tubular 24 incluye una pluralidad de segmentos 12 separados unos de otros por unas juntas de segmento 14. Un soporte 16 soporta la estructura del elemento 10, reteniéndolo en la forma cilíndrica mostrada en las figuras 1, 2 y 5. Cuando las juntas de segmento 14 incluyen un material adaptable, la chapa tubular 24 puede configurarse para permitir la expansión y la contracción de los segmentos 12 en una dirección circunferencial en la vista desde arriba del elemento 10 mostrada en la figura 1.

En la figura 2, se muestra una chapa tubular adicional 26 en el otro extremo de las fibras 18. Las juntas de segmento 14 se incluyen en la chapa tubular 26 de la misma manera como se muestra en la vista desde arriba de la figura 1. Sin embargo, como puede apreciarse a partir de la siguiente exposición, puede existir una configuración diferente de juntas de segmento en una chapa tubular en comparación con otra chapa tubular. Por ejemplo, ya que una chapa tubular de alimentación podría estar expuesta a temperaturas más altas, una chapa tubular de producto en un extremo opuesto de las fibras podría no contener ninguna junta de segmento o podría tener menos juntas de segmento o una disposición diferente de las juntas de segmento o ambas en la contemplación de una menor exposición térmica. De manera similar, la chapa tubular de producto puede contener una matriz diferente de la matriz de la chapa tubular de alimentación dada una exposición a una temperatura potencialmente diferente. Sin embargo, un diseño simétrico suele ser más fácil de fabricar y las chapas tubulares de alimentación y producto pueden ser iguales en muchos aspectos o en todos los aspectos. Las juntas de segmento 14 en la chapa tubular 26 dividen la chapa tubular 26 en cuatro segmentos 20 de la misma manera mostrada en la vista desde arriba de la figura 1.

La vista lateral de la figura 2 y la vista en sección de la figura 5 tomada a lo largo de la línea 5-5 mostrada en la figura 2 muestran una disposición ideal de las fibras 18 entre la chapa tubular 24 y la chapa tubular 26. Ya que las juntas de segmento 14 se proporcionan dentro de la chapa tubular 24 y de la chapa tubular 26, no se extienden entre la chapa tubular 24 y la chapa tubular 26. Dicha colocación adapta métodos eficientes para formar el elemento 10, como se aprecia a partir de la siguiente descripción. En particular, los espacios 22 entre las fibras 18 son evidentes en las figuras 2 y 5. En el elemento 10, la colocación de las juntas de segmento 14 en la chapa tubular 24 y en la chapa tubular 26 produce espacios 22 ya que los extremos de las fibras 18 están sujetos en la matriz comprendida por la chapa tubular 24 y por la chapa tubular 26. Sin embargo, en la práctica, las fibras 18 pueden ser algo flexibles y pueden reorientarse, desplazarse, hincharse o distribuirse de otro modo natural para ocupar al menos parcialmente los espacios 22, incluso aunque la matriz se sujete en los extremos de las fibras 18.

Las figuras 3, 4 y 6 muestran un elemento 30 con una configuración alternativa que proporciona al menos una junta de segmento que separa una pluralidad de segmentos de una chapa tubular de alimentación unos de otros. Una chapa tubular 44 en un extremo de las fibras 38 incluye una pluralidad de juntas de segmentos 34 que separan los segmentos 32 de las chapas tubulares 44 unos de otros. Aunque toda la chapa tubular 44 es continua, no obstante, incluye partes que están separadas unas de otras identificadas como segmentos 32. La chapa tubular continua 44, que tiene cuatro segmentos 32 conectados en otras partes por la chapa tubular 44, puede contrastarse con una chapa tubular discontinua 24 (figuras 1 y 2), que tiene cuatro segmentos discontinuos 12 (figuras 1 y 2). Un soporte 36 proporciona una estructura a la forma cilíndrica del elemento 30 mostrada en las figuras 3, 4 y 6.

La figura 4 muestra una vista lateral del elemento 30, que incluye además la chapa tubular 46. Los extremos de las fibras 38 están sujetos dentro de la chapa tubular 44 y de la chapa tubular 46. La chapa tubular 46 no contiene ninguna junta de segmento y puede caracterizarse como una chapa tubular continua que carece de segmentos separados unos de otros por una junta de segmento que contenga un material adaptable. El soporte 36 localizado en el centro de la chapa tubular 46 (como en la chapa tubular 44) separa los segmentos opuestos de la chapa tubular 46 en los lados opuestos del soporte 36. Sin embargo, el soporte 36 se extiende entre la chapa tubular 44 y la chapa tubular 46. Las juntas de segmento 34 no se extienden entre la chapa tubular 44 y la chapa tubular 46. Además, el soporte 36 es rígido y no contiene un material adaptable para adaptarse a cualquier expansión o contracción. Por consiguiente, el soporte 36 no se caracteriza adecuadamente como una junta de segmento.

Las juntas de segmento 34 pueden permitir la contracción o la expansión o ambas en la dirección circunferencial dentro de la chapa tubular 44. Se apreciará en la vista desde arriba de la figura 1 que existe una mayor distancia entre las juntas de segmento 14 en el perímetro de la chapa tubular 24 en comparación con las regiones de la chapa tubular 24 más cerca del centro del soporte 16. Ya que existe más material de la chapa tubular 24 entre las juntas de segmento 14 en el perímetro, existe una mayor necesidad en el perímetro de adaptar la expansión.

De esto se deduce que las juntas de segmento 34 en la figura 3, que se extienden solo en parte desde el perímetro hasta el centro de la chapa tubular 44 en el soporte 36, todavía pueden adaptarse a la expansión circunferencial. Mientras que los segmentos 12 separados y discontinuos de la chapa tubular 24 (figuras 1 y 2) pueden adaptarse a una mayor expansión, la chapa tubular 44 puede ser adecuada, no obstante, en algunas circunstancias, en función de las condiciones de operación o de la extensión de la expansión o ambas. Como se describe a continuación, existen algunas diferencias en las técnicas de fabricación para el elemento 10 (figuras 1 y 2) en comparación con el elemento 30 (figuras 3 y 4). Existen algunos beneficios de fabricación para el elemento 10 como resultado de la estructura mostrada para las juntas de segmento 14.

Se tienen en cuenta las dimensiones y configuraciones de las juntas de segmento y los segmentos de la chapa tubular para que tengan el tamaño adecuado. Es decir, los diseños pueden adaptar la expansión y la contracción de los ciclos térmicos y el encogimiento a partir del envejecimiento físico/térmico que puede variar entre aplicaciones. Por ejemplo, el número de juntas de segmento en una lámina de tubo circular puede variar en función del diámetro de la chapa tubular. De cuatro a ocho segmentos pueden ser adecuados. El espesor de junta de segmento puede depender de las propiedades físicas del material adaptable usado, tal como un módulo elástico y la ductilidad bajo

ES 2 707 896 T3

las condiciones operativas esperadas. En el caso de aeronaves comerciales, el módulo y la ductilidad pueden considerarse dentro de un amplio intervalo de temperatura desde aproximadamente -40 °C (-40 °F) a aproximadamente 149 °C (300 °F) para cubrir las bajas temperaturas experimentadas en altitud y las altas temperaturas experimentadas por la alimentación de aire de sangrado de motor.

5 La figura 6 muestra una vista en sección del elemento 30 mostrada en la figura 4 tomada a lo largo de la línea 6-6. Los espacios 42 son evidentes en el elemento 30 que se extiende entre la chapa tubular 44 y la chapa tubular 46 como se ha tratado con respecto a los espacios 22 (figuras 2 y 5). En la práctica, las fibras 38 pueden distribuirse al menos parcialmente para rellenar los espacios 42, como se ha tratado anteriormente para los espacios 22. Las juntas de segmento 34 (figuras 3 y 4) se proporcionan dentro de la chapa tubular 44 y de la chapa tubular 46 y no se extienden entre las mismas.

15 Las figuras 7 y 8 muestran un elemento 70 que incluye una chapa tubular 84 que tiene una pluralidad de segmentos 72 separados unos de otros por medio de juntas de segmento 74. En particular, la chapa tubular 84 mostrada en la figura 7 tiene un perímetro rectangular en comparación con la chapa tubular circular 24 mostrada en la figura 1. El perímetro rectangular puede ser un rectángulo cuadrado. Se apreciará que un material adaptable en las juntas de segmento 74 permite la expansión y la contracción de los segmentos 72 de una manera similar a la descrita anteriormente para la chapa tubular 24 (figuras 1 y 2). La vista en sección del elemento 70 tomada a lo largo de la línea 8-8 mostrada en la figura 8 muestra los extremos de las fibras 78 sujetos por una chapa tubular 84 y una chapa tubular 86. Las fibras 78 están dispuestas en un haz para cada segmento 72. Cada haz tiene un segmento 72 con un perímetro rectangular en los extremos de fibra. La chapa tubular 86 incluye unos segmentos 80 también separados unos de otros por unas juntas de segmento 74.

Existen espacios 82 entre las fibras 78 que se extienden desde la chapa tubular 84 a la chapa tubular 86. En la práctica, las fibras 78 pueden distribuirse al menos parcialmente para rellenar los espacios 82, como se ha tratado anteriormente para los espacios 22 (figuras 2 y 5). Las juntas de segmento 74 se proporcionan dentro de la chapa tubular 84 y de la chapa tubular 86 y no se extienden entre las mismas.

25 Las figuras 7 y 8 no muestran ningún soporte para el elemento 70 como se muestra para el elemento 10 y el elemento 30 con respecto al soporte 16 (figuras 1, 2 y 5) y al soporte 36 (figuras 3, 4 y 6) respectivos. Aun así, el elemento 70 puede incluir un soporte o múltiples soportes colocados como apropiados para mantener la integridad estructural del elemento 70. Como alternativa, puede concebirse que cualquiera de los elementos 10, 30 y 70 pueda formarse sin un soporte cuando el método de formación, la selección de materiales, la carcasa de módulo o las combinaciones de los mismos se adaptan a la falta de un soporte con las características de diseño apropiadas.

35 La figura 9 muestra una junta de segmento 14 en una vista en sección transversal que incluye un material adaptable 92 y una chapa frontal 90 configurada para sellar el material adaptable 92 a partir de la matriz de una chapa tubular. La chapa frontal 90 puede proteger la matriz de la desgasificación de contaminantes del material adaptable 92. La chapa frontal 90 también puede proteger el material adaptable 92 de la matriz que fluye hacia las partes porosas de la misma. La vista en despiece de la junta de segmento 14 en la figura 10 muestra que la chapa frontal 90 puede incluir varias partes de chapa frontal 94 ensambladas para sellar el material adaptable 92. En su lugar, la chapa frontal 90 puede incluir un recubrimiento continuo. El material adaptable 92 puede contener espumas poliméricas de baja densidad, espumas metálicas, materiales elastoméricos y combinaciones de las mismas.

40 Un ejemplo de espuma de baja densidad incluye una espuma de poliimida que tiene una densidad inferior a 240,28 kg/m³ (15 libras por pie cúbico (lb/ft³)), tal como 128,15-240,28 kg/m³ (8-15 lb/ft³). Un ejemplo de espuma metálica incluye espuma de aluminio. Un ejemplo de material elastomérico incluye caucho de silicona. El material adaptable 92 puede tener un espesor de 0,635 cm a 0,953 cm (0,25 a 0,375 pulgadas) para adaptarse a la expansión del segmento. Sin embargo, las dimensiones del espesor del material adaptable pueden variar entre las aplicaciones. De manera más general, el espesor del material adaptable podría ser del 2 al 5 % del espesor del segmento en la chapa tubular rectangular.

La chapa frontal 90 puede incluir un material compuesto de carbono o una lámina de aluminio o ambos y puede tener un espesor de 0,0127 cm a 0,0381 cm (0,005 a 0,015 pulgadas). La chapa frontal 90 puede proporcionar una resistencia estructural en la dirección axial de la chapa tubular, pero flexionarse en la dirección circunferencial de la chapa tubular para adaptarse a la expansión y la contracción de los materiales de chapa tubular.

50 Las figuras 11 y 12 muestran un módulo de separación de gases 100 que incluye una carcasa 102 en la que está instalado el elemento 10. Un puerto de entrada 106 permite la entrada de un gas de alimentación 108 para hacer contacto con la chapa tubular 24 y entre las fibras 18. Aunque no se muestra en las figuras 1, 3, 7 y 11 por simplicidad, debe entenderse que los extremos de las fibras están abiertos en los extremos de las chapas tubulares para permitir que el gas fluya a través de las fibras. En consecuencia, el gas de alimentación 108 fluye hacia una fibra individual 118 (mostrada en la figura 12) para producir el filtrado 116, que pasa a través de la pared de la fibra individual 118. El material concentrado 112 sale de la fibra individual 118 en la chapa tubular 26 (no mostrada en la figura 11) y fluye a través de un puerto de salida 110. El filtrado 116 de cada una de las fibras 18 se acumula entre la

chapa tubular 24 y la chapa tubular 26 y fluye a través del puerto de salida 114.

Se proporciona un borde 104 alrededor de la chapa tubular 24 para sellar la chapa tubular 24 dentro de la carcasa 102. El elemento 10 puede retirarse de la carcasa 102 y reemplazarse cuando sea necesario. Como alternativa, el borde 104 puede fijarse a la carcasa 102 y al conjunto que contiene la carcasa 102 y el elemento 10 pueden retirarse y reemplazarse cuando sea necesario. En tal caso, el elemento 10 podría formarse sin soporte 16 cuando el elemento 10 se fije a la carcasa 102, de tal manera que la carcasa 102 funcione como un soporte.

Por consiguiente, por medio de un ejemplo, el módulo de separación de gases puede ser un módulo de separación de aire compuesto por un sistema de reducción de inflamabilidad del tanque de combustible de la aeronave. El sistema puede incluir además una fuente de aire para al menos un puerto de entrada y un tanque de combustible a bordo de la aeronave para recibir el material concentrado, que contiene aire enriquecido con nitrógeno.

La figura 13 muestra un sistema 200 con un ASM 202 que puede incluir los módulos de separación de gases descritos en el presente documento. Una fuente de aire 206 puede estar presurizada, como se muestra en la figura 13. La eficacia de separación a menudo aumenta con el aumento de la presión diferencial a través de un medio de separación, como en el caso de la producción de membrana con fibra hueca de aire enriquecido con nitrógeno. La fuente de aire 206 proporciona una alimentación de aire 210 para el ASM 202, que produce el filtrado 208 y el aire enriquecido con nitrógeno 212. Un tanque de combustible 204 está configurado para recibir aire enriquecido con nitrógeno 212 para reducir la inflamabilidad del espacio vacío de tanque de combustible.

Por consiguiente, la pluralidad de puertos de salida puede incluir al menos un puerto de salida para extraer el material concentrado del extremo de producto de las fibras. El módulo puede incluir además una chapa tubular de producto dentro de la carcasa que sujeta el extremo de producto de las fibras y separa el lado filtrador de las fibras y el al menos un puerto de salida. La chapa tubular de producto puede incluir una matriz y al menos una junta de segmento, encapsulando la matriz el extremo de producto de las fibras. La junta de segmento puede contener un material adaptable diferente de la matriz y separar una pluralidad de segmentos de la chapa tubular de producto unos de otros. La junta de segmento en la chapa tubular de alimentación puede estar separada de la junta de segmento en la chapa tubular de producto. Las juntas de segmento respectivas en las chapas tubulares de alimentación y de producto podrían no extenderse entre las chapas tubulares de alimentación y de producto.

La chapa tubular de alimentación puede mostrar un perímetro rectangular alrededor del extremo de alimentación de las fibras. De manera correspondiente, las fibras pueden estar dispuestas en uno o más haces, teniendo los haces individuales un segmento de una chapa tubular con un perímetro rectangular en el extremo de alimentación y un segmento de una chapa tubular con un perímetro rectangular en el extremo de producto. La al menos una junta de segmento puede incluir una chapa frontal que sella el material adaptable de la matriz. Además, la chapa frontal puede tener una superficie tratada que mejora la unión con la matriz. La chapa tubular de alimentación puede incluir además un velo termoplástico entre las capas de las membranas de fibra hueca, conteniendo el velo termoplástico un material diferente de la matriz y que aumenta la tenacidad de la chapa tubular de alimentación. El velo termoplástico puede usarse en una chapa tubular con una forma rectangular, circular u otra forma para su perímetro.

Un módulo de separación de gases incluye una carcasa exterior que tiene al menos un puerto de entrada y una pluralidad de puertos de salida. Una pluralidad de membranas de fibra hueca está dentro de la carcasa, teniendo las fibras individuales un extremo de alimentación y un extremo de producto con un lado interior concentrador y un lado exterior filtrador entre el extremo de alimentación y el extremo de producto. Una chapa tubular de alimentación está dentro de la carcasa que sujeta el extremo de alimentación de las fibras y separa el al menos un puerto de entrada y el lado filtrador de las fibras. La chapa tubular de alimentación incluye una matriz y una pluralidad de juntas de segmentos. La matriz contiene un adhesivo o una resina o ambos, encapsulando la matriz el extremo de alimentación de las fibras. Las juntas de segmento contienen un material adaptable diferente de la matriz y que separa una pluralidad de segmentos de la chapa tubular de alimentación unos de otros. Una pluralidad de chapas frontales sella las juntas de segmentos respectivas de la matriz. El módulo incluye un borde que contiene la matriz alrededor de la chapa tubular de alimentación.

Por medio de un ejemplo, el módulo de separación de gases puede ser un módulo de separación de aire compuesto por un sistema de reducción de inflamabilidad del tanque de combustible de la aeronave. Además, la chapa tubular de alimentación puede mostrar un perímetro rectangular alrededor del extremo de alimentación de las fibras. La chapa tubular de alimentación puede contener de cuatro a ocho juntas de segmentos. La matriz puede incluir además nano partículas de sílice, que pueden variar en tamaño desde 50 a 150 nanómetros. Una fracción de volumen de las nano partículas de sílice en la matriz puede ser menor o igual al 40 %, tal como del 10-40 %. Pueden usarse otras partículas, tales como nano partículas de carbono de bola de bucky.

Las nano partículas pueden tener un coeficiente de expansión térmica (CTE) menor que otros materiales de matriz para reducir el encogimiento de curado total y el CTE de la chapa tubular. Se ha determinado una reducción de hasta el 50 % en el CTE para la chapa tubular de material compuesto. Las superficies de las nano partículas pueden hacerse funcionales con restos químicos para reaccionar con la matriz circundante, tal como una resina, y para

resistir el agrietamiento a lo largo de la interfaz resina/nano partícula. Si se usa más de un 40 % de fracción de volumen de nano partículas de sílice, la observación indica que pueden formarse grumos y producir un material de matriz heterogénea cuando se intentan mezclar los componentes. Las nano partículas agregadas también pueden aumentar la viscosidad y limitar la infusión de la matriz en las capas de las fibras.

5 Las chapas frontales pueden incluir una superficie tratada que mejora la unión con la matriz. El borde puede incluir además fibras de carbono o nano partículas de sílice o ambas reforzando estructuralmente el borde. Un borde reforzado de este tipo puede ayudar con la sujeción mecánica a otros componentes, incluida la carcasa exterior, y proporcionar una superficie de sellado confiable para interconectarse con la carcasa. La fibra de carbono puede mostrar un CTE cercano a cero y las nano partículas de sílice pueden mostrar un CTE menor que la resina en el
10 borde. Como una posibilidad, las fibras de carbono para el borde pueden enrollarse circunferencialmente alrededor de la chapa tubular o al material de membrana de fibra o a ambos para mantener la compresión radial de manera más eficaz. La chapa tubular de alimentación puede incluir además un velo termoplástico entre las capas de las membranas de fibra hueca, conteniendo el velo termoplástico un material diferente de la matriz y que aumenta la tenacidad de la chapa tubular de alimentación. Las características descritas anteriormente para la chapa tubular de
15 alimentación también pueden usarse en la chapa tubular de producto según sea el caso.

La figura 14 muestra una vista desde arriba de un ejemplo de un elemento similar al mostrado en la figura 1. Un elemento 190 incluye un velo 192 entre las capas de fibras 198 y las juntas de segmento 194 en asociación con los extremos de las fibras 198. Como alternativa, los velos 192 y las capas de las fibras 198 se extienden hacia el centro del elemento 190. La matriz (no mostrada) entre los velos puede encapsular y sujetar los extremos de las fibras en
20 cada capa de las fibras 198 y unirse a las juntas de segmentos 194 para separar la alimentación de gas de un lado filtrador de las fibras 198. El elemento 190 se muestra sin un soporte, tal como el soporte 16 de la figura 1.

Los materiales de velo pueden ser termoplásticos y pueden hacerse funcionales con un resto químico que se une con un material de matriz. La temperatura de transición vítrea del velo puede ser de al menos 37,77 °C, tal como 37,77-65,55 °C (100 °F, tal como 100-150 °F), por encima de la temperatura operativa diseñada del módulo de separación de gases. La temperatura de transición vítrea marca una transición entre un sólido rígido y un líquido súper enfriado. El peso del área del velo puede ser de 0,006-0,015 gramos por metro cuadrado (g/m²), tal como 0,01-0,010 g/m², y el espesor puede ser de 50-100 micrómetros. El peso por área indica la masa por unidad de área del material de velo.

Un método de formación de módulos de separación de gases incluye colocar un material de membrana de fibra hueca en asociación con al menos una junta de segmento de chapa tubular y aplicar una matriz al material de fibra y a la junta de segmento y curar la matriz. La junta de segmento contiene un material adaptable diferente de la matriz. El método incluye formar una chapa tubular de alimentación a partir de la matriz curada y la junta de segmento y formar una pluralidad de membranas de fibra hueca a partir del material de fibra. Las fibras individuales tienen un extremo de alimentación y un extremo de producto, la matriz curada encapsula el extremo de alimentación de las
30 fibras, la chapa tubular de alimentación sujeta el extremo de alimentación de las fibras y la junta de segmento separa una pluralidad de segmentos de la chapa tubular de alimentación unos de otros.

Por medio de un ejemplo, el método puede incluir además aplicar una matriz adicional al material de fibra y al menos a otra junta de segmento y curar la matriz adicional. La otra junta de segmento puede contener un material adaptable diferente de la matriz adicional. Puede formarse una chapa tubular de producto a partir de la matriz curada adicional y de la otra junta de segmento de chapa tubular, encapsulando la matriz curada adicional el extremo de producto de las fibras, sujetando la chapa tubular de producto el extremo de producto de las fibras, y separando la otra junta de segmento una pluralidad de segmentos de la chapa tubular de producto unos de otros.

La aplicación de la matriz puede incluir aplicar una película de matriz o una resina líquida. La película de matriz puede ser una película adhesiva o una película de resina o una combinación de las mismas. El uso de resina líquida puede producirse, por ejemplo, cuando las técnicas conocidas para los extremos de fibra de relleno se combinan con las configuraciones en el presente documento. Como tal, las juntas de segmento se unen entre sí con extremos de fibra y se aplica resina líquida para infundirse entre las fibras. La película adhesiva puede usarse en combinación con o como alternativa a la película de resina.

El uso de película adhesiva o película de resina o ambas puede producirse, por ejemplo, en las configuraciones en el presente documento descritas con más detalle a continuación. Puede aplicarse un velo termoplástico entre las capas de las membranas de fibra hueca, conteniendo el velo termoplástico un material diferente de la matriz y que aumenta la tenacidad de la chapa tubular de alimentación. Antes de aplicar el velo, el método puede incluir la preparación de un conjunto de velo montando una película de matriz como la matriz en el velo. En su lugar, o además, puede usarse una resina líquida en los extremos de fibra de relleno.

La junta de segmento puede unirse a un soporte y la colocación del material de fibra puede incluir enrollar el material de fibra sobre el soporte. Las técnicas conocidas para enrollar el material de fibra sobre un soporte, que incluyen los arrollamientos en espiral y diagonal, pueden usarse adaptando la junta de segmento unida al mismo. Un ejemplo de

un material de fibra incluye una hebra continua de membrana de fibra hueca. La formación de la chapa tubular de alimentación y la formación de la pluralidad de membranas de fibra hueca pueden incluir el mecanizado de la matriz curada y el material de fibra y la apertura del extremo de alimentación de las fibras. Abrir el extremo de alimentación de las fibras puede incluir cortar y retirar el exceso de material de fibra para abrir las fibras en los extremos de las chapas tubulares.

Como alternativa a la unión de la junta de segmento al soporte, colocar el material de fibra en asociación con al menos una junta de segmento de chapa tubular puede incluir mecanizar unas ranuras en la matriz curada e insertar la junta de segmento en la ranura en asociación con el material de fibra. La matriz, ya sea una película de matriz, resina líquida u otro material puede contener nano partículas de sílice.

Si se usa o no un velo junto con una película adhesiva o una película de resina o ambas, un proceso de infusión puede permitir una mayor selección de una matriz de resina más tenaz para rellenar la chapa tubular y reducir de este modo el agrietamiento de la chapa tubular. Las resinas líquidas adecuadas para su uso a temperatura ambiente para la infusión que rellena la chapa tubular a menudo se vuelven quebradizas y propensas a agrietarse. Las películas adhesivas y las películas de resina adecuadas pueden tener menos densidad de reticulación y una viscosidad mucho más alta a temperatura ambiente. Sin embargo, la viscosidad puede descender a menos de 1 Pa*s (10 poises), tal como 0,2-1 Pa*s (2-10 poises), a una temperatura de infusión antes de que se produzca la gelificación, seguida del curado en la matriz de chapa tubular final a una temperatura de curado más alta que la temperatura de gelificación. La ventana operativa en la que la película permanece a una viscosidad inferior a 1 Pa*s (10 poises) suficiente para infundir entre las fibras puede controlarse mediante formulaciones. En consecuencia, puede diseñarse una composición de película para permitir la infusión entre fibras de hasta dos horas durante el curado. Las fases de tenacidad también pueden formularse en la película de resina para aumentar la tenacidad de la película de resina.

El uso de un velo en sí puede funcionar para aumentar la tenacidad de la chapa tubular. Como capa intermedia entre las capas de las membranas de fibra hueca, un velo puede constituir una fase de tenacidad para la resina quebradiza circundante para resistir el inicio y la propagación de grietas a lo largo de las interfaces entre las capas de las membranas de fibra hueca. Tal puede ser el caso si se utilizan líquidos o materiales de matriz de película. El velo como una capa intermedia de fibra también puede definir mejor el espacio entre las capas de fibra para una distribución de matriz más uniforme antes del curado o durante la infusión o ambas cosas.

Un método de formación de módulos de separación de gases incluye colocar un material de membrana de fibra hueca en asociación con al menos una junta de segmento de chapa tubular y aplicar una matriz al material de fibra y a la junta de segmento. La matriz contiene un adhesivo o una resina o ambos y la junta de segmento contiene un material adaptable diferente al de la matriz. El método incluye colocar la junta de segmento, una parte del material de fibra y la matriz en un molde y aplicar presión sobre el material de fibra y la junta de segmento en una dirección radial. Mientras se aplica la presión y adicionalmente se aplica calor, la matriz se cura en el molde. La matriz curada y el material de fibra se mecanizan. El método incluye formar una chapa tubular de alimentación a partir de la matriz curada y mecanizada y la junta de segmento y formar una pluralidad de membranas de fibra hueca a partir del material de fibra, teniendo las fibras individuales un extremo de alimentación y un extremo de producto. El extremo de alimentación de las fibras se abre, encapsulando la matriz curada el extremo de alimentación de las fibras, sujetando la chapa tubular de alimentación el extremo de alimentación de las fibras y separando la junta de segmento una pluralidad de segmentos de la chapa tubular de alimentación unos de otros. El método incluye formar un borde que contiene la matriz alrededor de la chapa tubular de alimentación.

Por medio de un ejemplo, pueden usarse las características de otros métodos en este caso en el presente método. También, el método puede incluir además montar una película de resina como la matriz en un velo termoplástico y aplicar el velo termoplástico y la película de resina entre las capas de las membranas de fibra hueca. El velo termoplástico puede contener un material diferente de la matriz y aumentar la tenacidad de la chapa tubular de alimentación. La colocación del material de fibra puede incluir enrollar el material de fibra sobre un soporte cilíndrico y la chapa tubular de alimentación puede tener un perímetro circular. En su lugar, la colocación del material de fibra puede incluir enrollar el material de fibra sobre un soporte que incluya una columna con una sección transversal rectangular y la chapa tubular de alimentación puede tener un perímetro rectangular. La formación de la chapa tubular de alimentación puede incluir apilar una pluralidad de segmentos de una chapa tubular de alimentación, teniendo cada segmento un perímetro rectangular, con la junta de segmento entre la pluralidad de los segmentos.

La figura 15 muestra una vista en sección transversal de un elemento de separación de gases 130a durante el montaje. El material de fibra 138' se enrolla sobre un soporte 136, la junta de segmento 134 y la junta de segmento 140. Las juntas de segmento 134 y 140 están dispuestas como se muestra en la figura 16 unidas al soporte 136. Las cuñas de separación 142 tienen un espesor suficiente como para colocar las juntas de segmento 134 y 140 en un aparato de bobinado (no mostrado) en una posición deseada. La película de matriz 148 está soportada por los velos 132 (demasiado delgados para mostrar en detalle) y se aplica a los extremos de las fibras (véase la figura 16).

La figura 16 muestra una vista lateral del elemento 130a en una etapa posterior después de curar la película de

matriz 148 y del mecanizado para abrir los extremos de las fibras 138 y formar la chapa tubular 144 y la chapa tubular 146 del elemento 130b. La película de matriz 148 se muestra parcialmente cortada de la chapa tubular 144 y la chapa tubular 146 para desvelar una capa de fibras 138 por debajo. Las fibras 138 están dispuestas en un haz rectangular y el velo 132 (figura 15) proporciona una capa intermedia de chapas tubulares entre las capas de fibras 138, de manera similar a la mostrada en la figura 14 para una chapa tubular con un perímetro circular. Después del curado, puede formarse un elemento de acuerdo con las descripciones del presente documento. Aunque el soporte 136 se muestra incluido en el elemento 130a y 130b, puede concebirse que el elemento pueda formarse sin soporte 136 usando técnicas conocidas.

La figura 17 muestra una vista desde arriba de un molde 170 que incluye una abrazadera 172 que sujeta un anillo 174 en el que se colocan los segmentos 12, la junta de segmento 14 y el soporte 16. Un revestimiento de expansión 176 permite que un molde de compresión proporcione una presión radial en una chapa tubular circular durante un ciclo de curado. El revestimiento de expansión 176 puede contener silicona o una vejiga neumática de silicona. Además de la presión radial aplicada por la abrazadera 172 y el anillo 174, la silicona del revestimiento de expansión 176 que se expande durante un ciclo de curado puede aplicar una presión radial adicional. De manera similar, puede estar provista de una vejiga neumática de silicona que aumenta la presión durante un ciclo de curado para aumentar la presión radial en la chapa tubular. El revestimiento de expansión 176 puede tener un espesor que oscila entre aproximadamente el 5 % y aproximadamente el 6 % del diámetro de la chapa tubular ajustada en la misma y un material para resistir las temperaturas de curado.

La figura 18 muestra una vista lateral de un molde 180 que incluye una abrazadera 182 que sujeta una pared móvil 184 contra una pared fija 188 entre las que se coloca el elemento rectangular sin curar 130a. Un revestimiento de expansión 186 permite que un molde de compresión proporcione una presión transversal a través de la dirección axial de las fibras en el elemento durante un ciclo de curado. El revestimiento de expansión 186 puede ser como se describe para el revestimiento de expansión 176.

El molde de compresión descrito ayuda a superar el desplazamiento de la fibra durante los procesos de relleno o en la consolidación o infusión de la matriz con fibras, ya sean líquidas o en película. La observación indica que un efecto capilar de infusión de la matriz puede separar las fibras antes del curado. Un molde de compresión permite expulsar el exceso de la matriz y mantener la uniformidad de separación de las fibras.

Además, la divulgación comprende las realizaciones de acuerdo con las siguientes cláusulas:

1. Un módulo de separación de gases que comprende:

una carcasa exterior que tiene al menos un puerto de entrada y una pluralidad de puertos de salida;
una pluralidad de membranas de fibra hueca dentro de la carcasa, unas fibras individuales que tienen un extremo de alimentación y un extremo de producto con un lado interior concentrador y un lado exterior filtrador entre el extremo de alimentación y el extremo de producto;
una chapa tubular de alimentación dentro de la carcasa que sujeta el extremo de alimentación de las fibras y separa al menos un puerto de entrada y el lado exterior filtrador de las fibras; e
incluyendo la chapa tubular de alimentación una matriz y al menos una junta de segmento, encapsulando la matriz el extremo de alimentación de las fibras, y conteniendo la junta de segmentos un material adaptable diferente de la matriz y que separa una pluralidad de segmentos de la chapa tubular de alimentación unos de otros.

2. El módulo de la cláusula 1, en el que el módulo de separación de gases es un módulo de separación de aire compuesto por un sistema de reducción de inflamabilidad del tanque de combustible de la aeronave, comprendiendo además el sistema:

una fuente de aire para el al menos un puerto de entrada; y
un tanque de combustible a bordo de la aeronave para recibir el material concentrado, que contiene aire enriquecido con nitrógeno.

3. El módulo de la cláusula 1, en el que:

la pluralidad de puertos de salida comprende al menos un puerto de salida para extraer el material concentrado del extremo de producto de las fibras;
el módulo comprende además una chapa tubular de producto dentro de la carcasa que sujeta el extremo de producto de las fibras y separa el lado filtrador de las fibras y el al menos un puerto de salida; y
la chapa tubular de producto incluye una matriz y al menos una junta de segmento, encapsulando la matriz el extremo de producto de las fibras, conteniendo la junta de segmento un material adaptable diferente de la matriz y separando una pluralidad de segmentos de la chapa tubular de producto unos de otros, y estando la junta de segmento en la chapa tubular de alimentación separada de la junta de segmento en la chapa tubular

de producto.

4. El módulo de la cláusula 3, en el que las juntas de segmento respectivas en las chapas tubulares de alimentación y de producto no se extienden entre las chapas tubulares de alimentación y de producto.

5 El módulo de la cláusula 1, en el que la chapa tubular de alimentación presenta un perímetro rectangular alrededor del extremo de alimentación de las fibras.

6. El módulo de la cláusula 1, en el que las fibras están dispuestas en uno o más haces, teniendo los haces individuales un segmento de una chapa tubular con un perímetro rectangular en el extremo de alimentación y un segmento de una chapa tubular con un perímetro rectangular en el extremo de producto.

10 7. El módulo de la cláusula 1, en el que la al menos una junta de segmento comprende una chapa frontal que sella el material adaptable de la matriz.

8. El módulo de la cláusula 6, en el que la chapa frontal comprende una superficie tratada que mejora la unión con la matriz.

15 9. El módulo de la cláusula 1, en el que la chapa tubular de alimentación comprende además un velo termoplástico entre las capas de la pluralidad de membranas de fibra hueca, conteniendo el velo termoplástico un material diferente de la matriz y que aumenta la tenacidad de la chapa tubular de alimentación.

10. Un módulo de separación de gases que comprende:

una carcasa exterior que tiene al menos un puerto de entrada y una pluralidad de puertos de salida;

20 una pluralidad de membranas de fibra hueca dentro de la carcasa exterior, teniendo las fibras individuales un extremo de alimentación y un extremo de producto con un lado interior concentrador y un lado exterior filtrador entre el extremo de alimentación y el extremo de producto;

una chapa tubular de alimentación dentro de la carcasa exterior que sujeta el extremo de alimentación de las fibras y que separa al menos un puerto de entrada y el lado filtrador de las fibras;

25 la chapa tubular de alimentación que incluye una matriz y una pluralidad de juntas de segmentos, conteniendo la matriz un adhesivo o una resina o ambos, encapsulando la matriz el extremo de alimentación de las fibras y conteniendo las juntas de segmentos un material adaptable diferente de la matriz y que separa una pluralidad de segmentos de la chapa tubular de alimentación unos de otros;

una pluralidad de chapas frontales que sellan las juntas de segmentos respectivas de la matriz; y

un borde que contiene la matriz alrededor de la chapa tubular de alimentación.

30 11. El módulo de la cláusula 10, en el que el módulo de separación de gases es un módulo de separación de aire compuesto por un sistema de reducción de inflamabilidad del tanque de combustible de la aeronave.

12. El módulo de la cláusula 10 u 11, en el que la chapa tubular de alimentación presenta un perímetro rectangular alrededor del extremo de alimentación de las fibras.

35 13. El módulo de cualquiera de las cláusulas 10-12, en el que la chapa tubular de alimentación contiene de cuatro a ocho juntas de segmento.

14. El módulo de cualquiera de las cláusulas 10-13, en el que la matriz comprende además unas nano partículas de sílice.

15. El módulo de la cláusula 14 en el que las nano partículas de sílice varían de 50 a 150 nanómetros.

40 16. El módulo de las cláusulas 14 o 15, en el que una fracción de volumen de las nano partículas de sílice en la matriz es menor o igual al 40 %.

17. El módulo de cualquiera de las cláusulas 10-16, en el que la pluralidad de chapas frontales incluye una superficie tratada que mejora la unión con la matriz.

18. El módulo de cualquiera de las cláusulas 10-17, en el que el borde comprende además fibras de carbono o nano partículas de sílice o ambas refuerzan estructuralmente el borde.

45 19. El módulo de cualquiera de las cláusulas 10-18, en el que la chapa tubular de alimentación comprende además un velo termoplástico entre las capas de la pluralidad de membranas de fibra hueca, conteniendo el velo termoplástico un material diferente de la matriz y que aumenta la tenacidad de la chapa tubular de alimentación.

20. Un método de formación de módulos de separación de gases que comprende:

colocar un material de membrana de fibra hueca en asociación con al menos una junta de segmento de chapa tubular;

50 aplicar una matriz al material de membrana de fibra hueca y a la junta de segmento y curar la matriz, conteniendo la al menos una junta de segmento de chapa tubular un material adaptable diferente de la matriz; formar una chapa tubular de alimentación a partir de la matriz curada y de la al menos una junta de segmento de chapa tubular; y

formar una pluralidad de membranas de fibra hueca a partir del material de membrana de fibra hueca, teniendo las fibras individuales un extremo de alimentación y un extremo de producto,

55 encapsular la matriz curada el extremo de alimentación de las fibras, sujetar la chapa tubular de alimentación el extremo de alimentación de las fibras, y separar la al menos una junta de segmento de chapa tubular una pluralidad de segmentos de la chapa tubular de alimentación unos de otros.

21. El método de la cláusula 20, que comprende además:

aplicar una matriz adicional al material de membrana de fibra hueca y al menos a otra junta de segmento de chapa tubular y curar la matriz adicional, conteniendo la al menos otra junta de segmento un material adaptable diferente de la matriz adicional; y

5 formar una chapa tubular de producto a partir de la matriz adicional curada y de la al menos otra junta de segmento de chapa tubular, encapsulando la matriz adicional curada el extremo de producto de las fibras, sujetando la chapa tubular de producto el extremo de producto de las fibras y separando la al menos otra junta de segmento una pluralidad de segmentos de la chapa tubular de producto unos de otros.

22. El método de la cláusula 20 o 21, en el que la aplicación de la matriz comprende aplicar una película de matriz, una resina líquida o una combinación de las mismas.

10 23. El método de cualquiera de las cláusulas 20-22, que comprende además la aplicación de un velo termoplástico entre las capas de la pluralidad de membranas de fibra hueca, conteniendo el velo termoplástico un material diferente de la matriz y que aumenta la tenacidad de la chapa tubular de alimentación.

24. El método de la cláusula 23, que comprende además, antes de la aplicación del velo termoplástico, preparar un conjunto de velo montando una película de matriz como la matriz en el velo termoplástico.

15 25. El método de cualquiera de las cláusulas 20-24, en el que la al menos una junta de segmento de chapa tubular está unida a un soporte y la colocación del material de membrana de fibra hueca comprende enrollar el material de membrana de fibra hueca en el soporte.

26. El método de cualquiera de las cláusulas 20-25, en el que formar la chapa tubular de alimentación y formar la pluralidad de membranas de fibra hueca comprende mecanizar la matriz curada y el material de membrana de fibra hueca y abrir el extremo de alimentación de las fibras.

20 27. El método de cualquiera de las cláusulas 20-26, en el que colocar el material de membrana de fibra hueca en asociación con la al menos una junta de segmento de chapa tubular comprende mecanizar al menos una ranura en la matriz curada e insertar la al menos una junta de segmento de chapa tubular en la al menos una ranura en asociación con el material de membrana de fibra hueca.

25 28. El método de cualquiera de las cláusulas 20-27, en el que la matriz comprende además unas nano partículas de sílice.

29. Un método de formación de módulos de separación de gases que comprende:

colocar un material de membrana de fibra hueca en asociación con al menos una junta de segmento de chapa tubular;

30 aplicar una matriz al material de membrana de fibra hueca y a la al menos una junta de segmento de chapa tubular, conteniendo la matriz un adhesivo o una resina o ambos y conteniendo la al menos una junta de segmento de chapa tubular un material adaptable diferente de la matriz;

colocar la al menos una junta de segmento de chapa tubular, una parte del material de membrana de fibra hueca y la matriz en un molde;

35 aplicar presión al material de membrana de fibra hueca y a la al menos una junta de segmento de chapa tubular en una dirección radial;

curar la matriz en el molde mientras se aplica la presión y adicionalmente se aplica calor;

mecanizar la matriz curada y el material de membrana de fibra hueca;

40 formar una chapa tubular de alimentación a partir de la matriz mecanizada y curada y de la al menos una junta de segmento de chapa tubular;

formar una pluralidad de membranas de fibra hueca a partir del material de membrana de fibra hueca, teniendo las fibras individuales un extremo de alimentación y un extremo de producto, y abrir el extremo de alimentación de las fibras, encapsulando la matriz curada el extremo de alimentación de las fibras, sujetando

45 la chapa tubular de alimentación el extremo de alimentación de las fibras, y separando la al menos una junta de segmento de chapa tubular una pluralidad de segmentos de la chapa tubular de alimentación unos de otros; y

formar un borde que contenga la matriz alrededor de la chapa tubular de alimentación.

30. El método de la cláusula 29, que comprende además montar una película de resina como la matriz en un velo termoplástico y aplicar el velo termoplástico y la película de resina entre las capas de la pluralidad de membranas de fibra hueca, conteniendo el velo termoplástico un material diferente de la matriz y que aumenta la tenacidad de la chapa tubular de alimentación.

50 31. El método de la cláusula 29 o 30, en el que colocar el material de membrana de fibra hueca comprende enrollar el material de membrana de fibra hueca sobre un soporte cilíndrico y teniendo la chapa tubular de alimentación un perímetro circular.

55 32. El método de cualquiera de las cláusulas 29-31, en el que colocar el material de membrana de fibra hueca comprende enrollar el material de membrana de fibra hueca sobre un soporte que incluye una columna con una sección transversal rectangular y teniendo la chapa tubular de alimentación un perímetro rectangular.

60 33. El método de cualquiera de las cláusulas 29-32, en el que formar la chapa tubular de alimentación comprende apilar una pluralidad de segmentos de una chapa tubular de alimentación, teniendo cada segmento un perímetro rectangular, con la al menos una junta de segmento de chapa tubular entre la pluralidad de segmentos.

34. El método de cualquiera de las cláusulas 29-33, en el que la matriz comprende además unas nano partículas

de sílice y el borde comprende además unas fibras de carbono o unas nano partículas de sílice o ambas que refuerzan estructuralmente el borde.

5 De conformidad con el estatuto, las configuraciones se han descrito en un lenguaje más o menos específico en cuanto a las características estructurales y metódicas. Sin embargo, debe entenderse que las configuraciones no se limitan a las características específicas mostradas y descritas. Por lo tanto, las configuraciones se reivindican en cualquiera de sus formas o modificaciones dentro del alcance adecuado de las reivindicaciones adjuntas, interpretadas de manera apropiada de acuerdo con la doctrina de las equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un módulo de separación de gases (100) que comprende:

una carcasa exterior (102) que tiene al menos un puerto de entrada (106) y una pluralidad de puertos de salida (110, 114);

5 una pluralidad de membranas de fibra hueca dentro de la carcasa (102), unas fibras individuales (118) que tienen un extremo de alimentación y un extremo de producto con un lado interior concentrador y un lado exterior filtrador entre el extremo de alimentación y el extremo de producto;

una chapa tubular de alimentación (24) dentro de la carcasa (102) que sujeta el extremo de alimentación de las fibras (118) y separa el al menos un puerto de entrada (106) y el lado exterior filtrador de las fibras (118); e

10 incluyendo la chapa tubular de alimentación (24) una matriz y al menos una junta de segmento (14), encapsulando la matriz el extremo de alimentación de las fibras (118), matriz que incluye una resina y/o un adhesivo, y conteniendo la junta de segmento (14) un material adaptable (92) diferente de la matriz y que separa una pluralidad de segmentos (12) de la chapa tubular de alimentación (24) unos de otros, material adaptable (92) que contiene espumas poliméricas de baja densidad, espumas metálicas, materiales elastoméricos, y combinaciones de los mismos, por lo que la chapa tubular (24) está configurada para permitir la expansión y la

15 contracción de los segmentos (12) en una dirección circunferencial.

2. El módulo (100) de la reivindicación 1, en el que el módulo de separación de gases (100) es un módulo de separación de aire (202) compuesto por un sistema de reducción de inflamabilidad del tanque de combustible de la aeronave (200), comprendiendo además el sistema:

20 una fuente de aire (206) para el al menos un puerto de entrada (106); y un tanque de combustible (204) a bordo de la aeronave para recibir el material concentrado, que contiene aire enriquecido con nitrógeno (212).

3. El módulo (100) de las reivindicaciones 1 o 2, en el que:

25 la pluralidad de puertos de salida (110, 114) comprende al menos un puerto de salida (110) para extraer el material concentrado (112) del extremo de producto de las fibras (118);

el módulo (100) comprende además una chapa tubular de producto (26) dentro de la carcasa (102) que sujeta el extremo de producto de las fibras (118) y separa el lado filtrador de las fibras y el al menos un puerto de salida (110, 114); y

30 la chapa tubular de producto (26) incluye una matriz y al menos una junta de segmento, encapsulando la matriz el extremo de producto de las fibras (118), matriz que incluye una resina y/o un adhesivo y conteniendo la junta de segmento un material adaptable (92) diferente de la matriz y que separa una pluralidad de segmentos de la chapa tubular de producto unos de otros, material adaptable (92) que contiene espumas poliméricas de baja densidad, espumas metálicas, materiales elastoméricos y combinaciones de los mismos, por lo que la chapa tubular (26) está configurada para permitir la expansión y la contracción de los segmentos (12) en una dirección

35 circunferencial,

la junta de segmento (14) en la chapa tubular de alimentación (24) está separada de la junta de segmento en la chapa tubular de producto (26), en la que las respectivas juntas de segmento (14) en las chapas tubulares de alimentación y de producto (24, 26) no se extienden entre las chapas tubulares de alimentación y de producto (24, 26).

40 4. El módulo (100) de cualquier reivindicación anterior, en el que la chapa tubular de alimentación (24) presenta un perímetro rectangular alrededor del extremo de alimentación de las fibras (118).

5. El módulo (100) de cualquier reivindicación anterior, en el que las fibras (118) están dispuestas en uno o más haces, teniendo los haces individuales un segmento de una chapa tubular con un perímetro rectangular en el extremo de alimentación y un segmento de una chapa tubular con un perímetro rectangular en el extremo de

45 producto.

6. El módulo (100) de cualquier reivindicación anterior, en el que la al menos una junta de segmento (14) comprende una chapa frontal (90) que sella el material adaptable (92) de la matriz; y en el que la chapa frontal (90) comprende una superficie tratada que mejora la unión con la matriz.

7. El módulo (100) de cualquier reivindicación anterior, en el que la chapa tubular de alimentación comprende además un velo termoplástico (192) entre las capas de la pluralidad de membranas de fibra hueca, conteniendo el

50 velo termoplástico (192) un material diferente de la matriz y que aumenta la tenacidad de la chapa tubular de alimentación (24).

8. Un método de formación de módulos de separación de gases (100) que comprende:

- colocar un material de membrana de fibra hueca en asociación con al menos una junta de segmento de chapa tubular (14);
 aplicar una matriz, matriz que incluye una resina y/o un adhesivo, al material de membrana de fibra hueca y a la junta de segmento (14) y curar la matriz, conteniendo la al menos una junta de segmento de chapa tubular (14)
- 5 un material adaptable (92) diferente de la matriz; material adaptable (92) que contiene espumas poliméricas de baja densidad, espumas metálicas, materiales elastoméricos y combinaciones de los mismos, formando una chapa tubular de alimentación (24) a partir de la matriz curada y la al menos una junta de segmento de chapa tubular (14) y formando una pluralidad de membranas de fibra huecas a partir del material de membrana de fibra hueca, teniendo las fibras individuales (118) un extremo de alimentación y un extremo de producto,
- 10 encapsulando la matriz curada el extremo de alimentación de las fibras, ajustando la chapa tubular de alimentación (24) el extremo de alimentación de las fibras y separando la al menos una junta de segmento de chapa tubular (14) una pluralidad de segmentos (12) de la chapa tubular de alimentación (24) unos de otros, por lo que la chapa tubular (24) está configurada para permitir la expansión y la contracción de los segmentos (12) en una dirección circunferencial.
- 15 9. El método de la reivindicación 8, que comprende además:
- aplicar una matriz adicional al material de membrana de fibra hueca y al menos a otra junta de segmento de chapa tubular (14) y curar la matriz adicional, conteniendo la al menos otra junta de segmento (14) un material de adaptabilidad (92) diferente de la matriz adicional; y
- 20 formar una chapa tubular de producto (26) a partir de la matriz adicional curada y la al menos otra junta de segmento de chapa tubular (14), encapsulando la matriz adicional curada el extremo de producto de las fibras, sujetando la chapa tubular de producto (26) el extremo de producto de las fibras, y separando la al menos otra junta de segmento (14) una pluralidad de segmentos de la chapa tubular de producto unos de otros.
10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9, en el que aplicar la matriz comprende aplicar una película de matriz (148), una resina líquida o una combinación de las mismas.
- 25 11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, que comprende además aplicar un velo termoplástico (192) entre las capas de la pluralidad de membranas de fibra hueca, conteniendo el velo termoplástico (192) un material diferente de la matriz y que aumenta la tenacidad de la chapa tubular de alimentación (24); y antes de aplicar el velo termoplástico (192), preparar un conjunto de velo montando una película de matriz (148) como la matriz en el velo termoplástico (192).
- 30 12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en el que la al menos una junta de segmento de chapa tubular (14) está unida a un soporte (16) y la colocación del material de membrana de fibra hueca comprende enrollar el material de membrana de fibra hueca en el soporte (16).
13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, en el que formar la chapa tubular de alimentación (24) y formar la pluralidad de membranas de fibra hueca comprende mecanizar la matriz curada y el material de membrana de fibra hueca y abrir el extremo de alimentación de las fibras (118).
- 35 14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, en el que colocar el material de membrana de fibra hueca en asociación con la al menos una junta de segmento de chapa tubular (14) comprende mecanizar al menos una ranura (152) en la matriz curada e insertar la al menos una junta de segmento de chapa tubular (14) en la al menos una ranura (152) en asociación con el material de membrana de fibra hueca.
- 40 15. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14, en el que la matriz comprende además nano partículas de sílice.

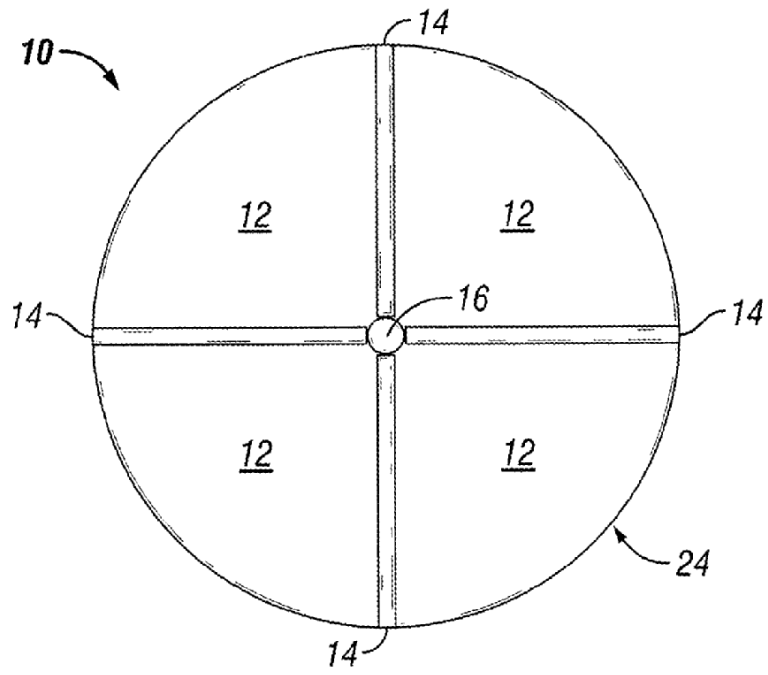


FIG. 1

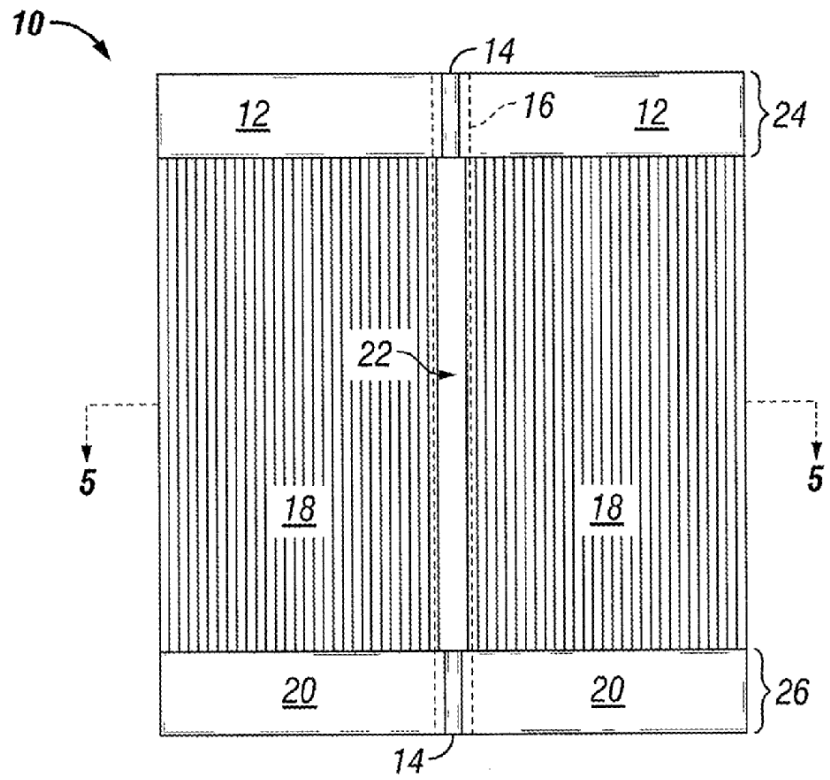


FIG. 2

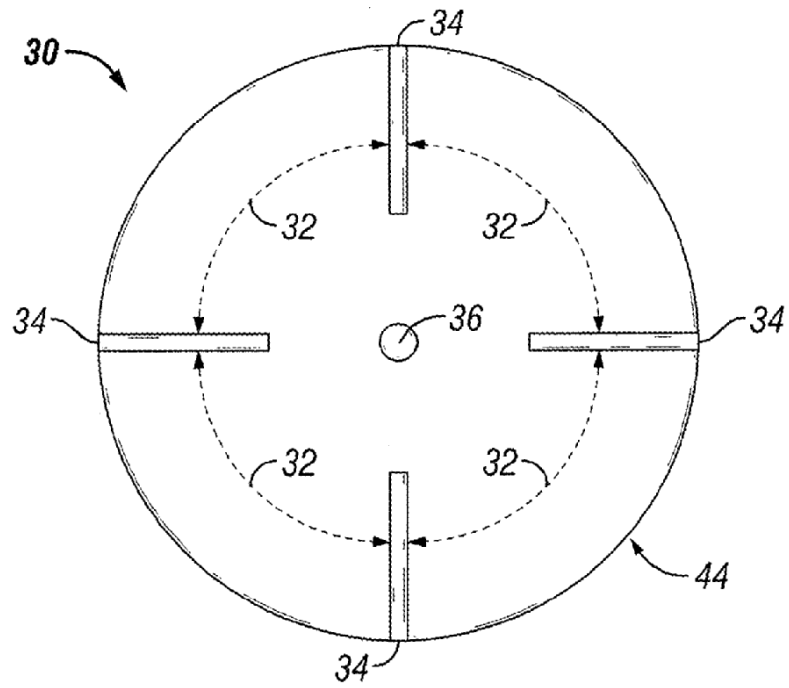


FIG. 3

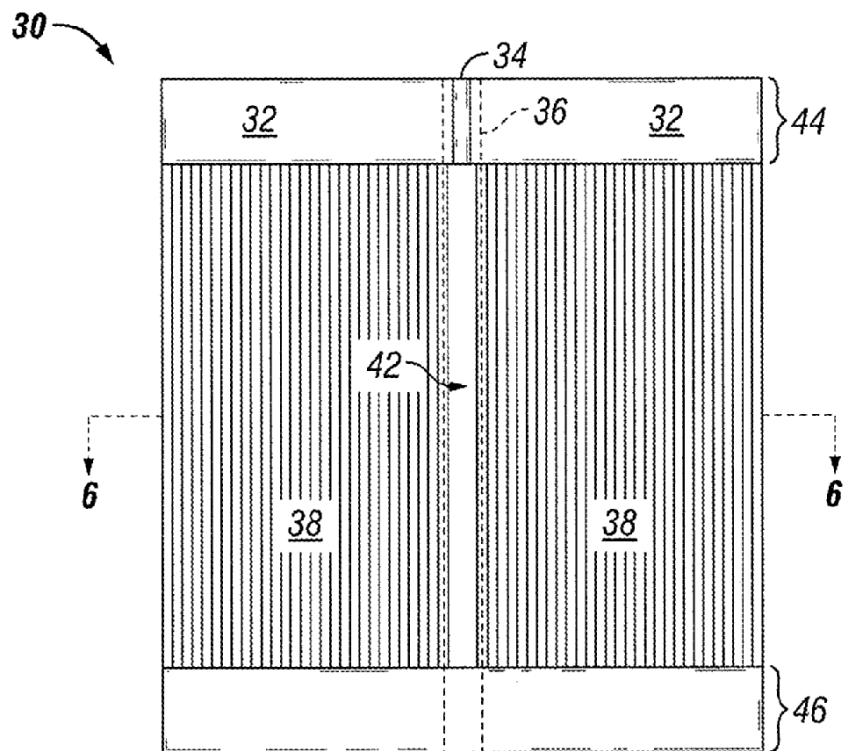


FIG. 4

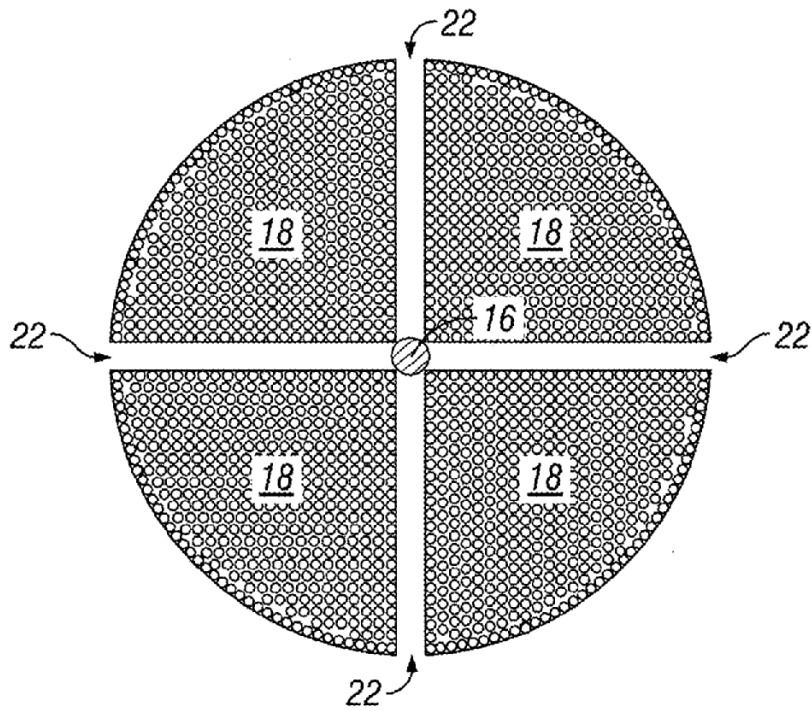


FIG. 5

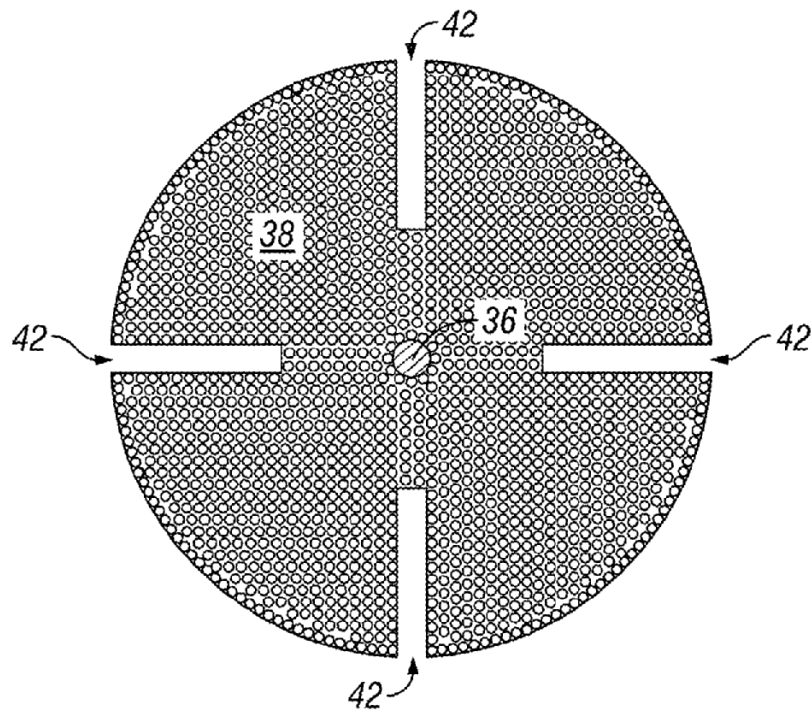


FIG. 6

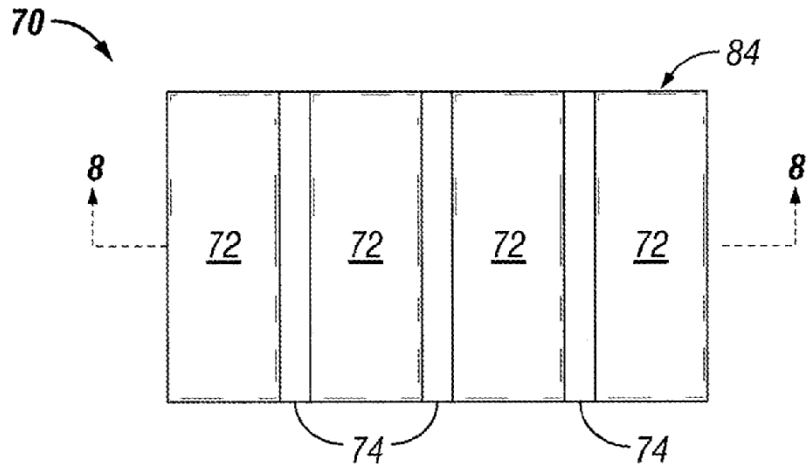


FIG. 7

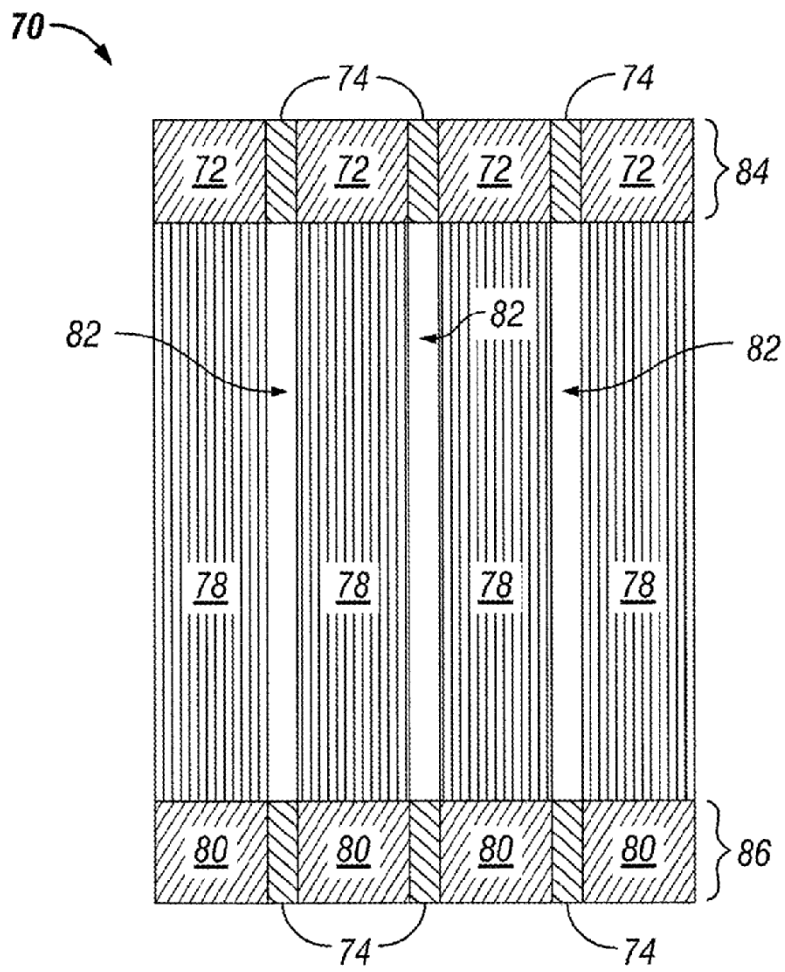


FIG. 8

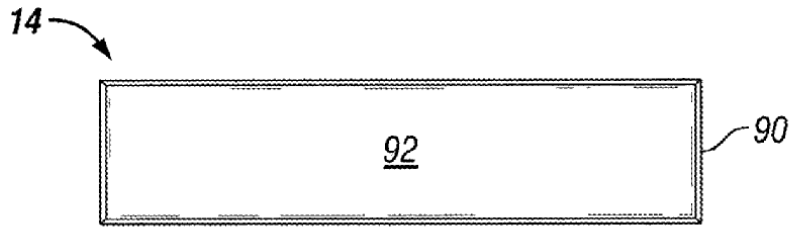


FIG. 9

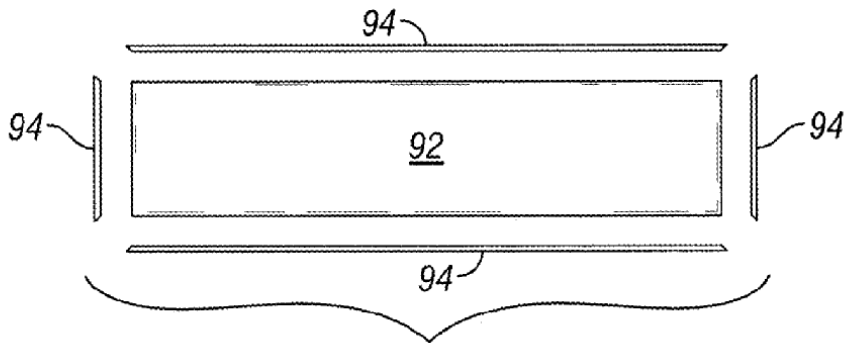


FIG. 10

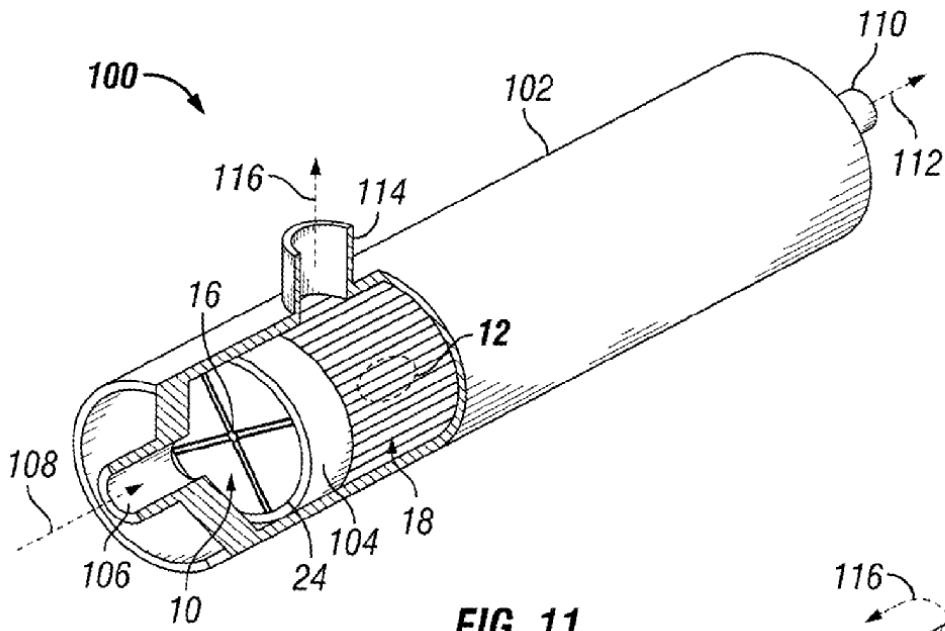


FIG. 11

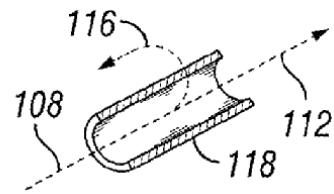


FIG. 12

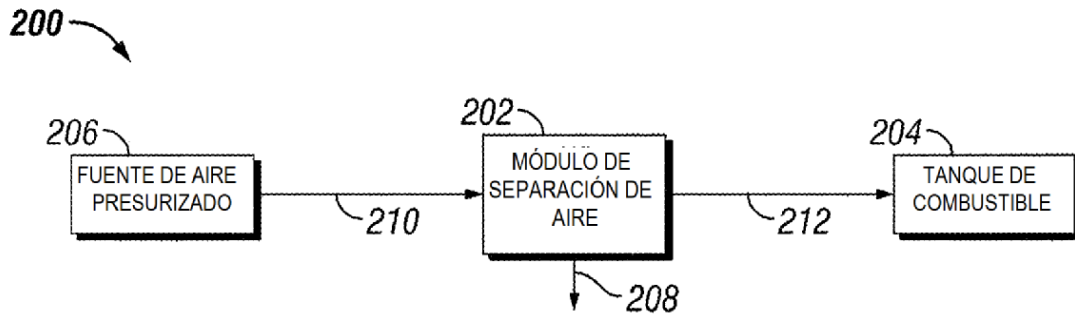


FIG. 13

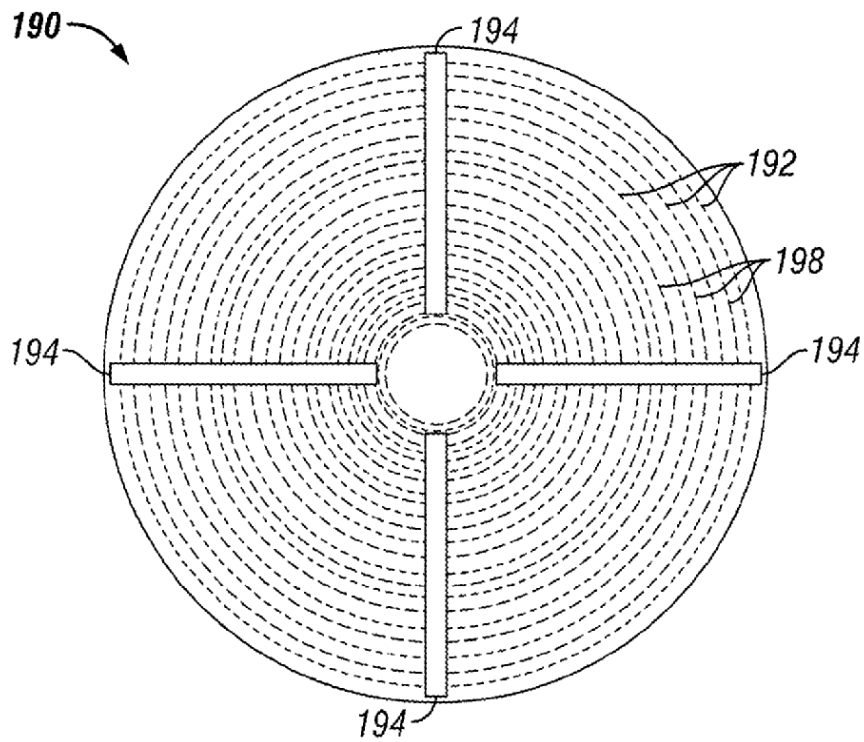


FIG. 14

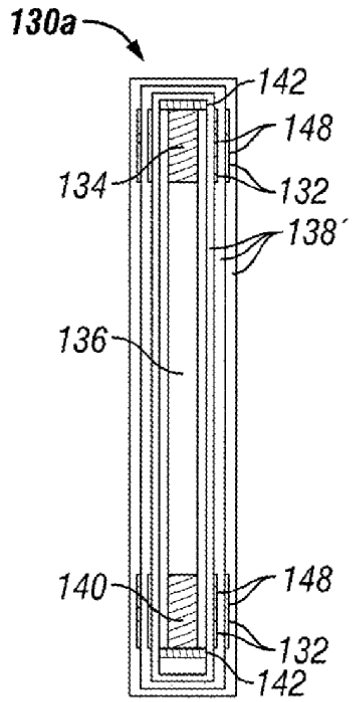


FIG. 15

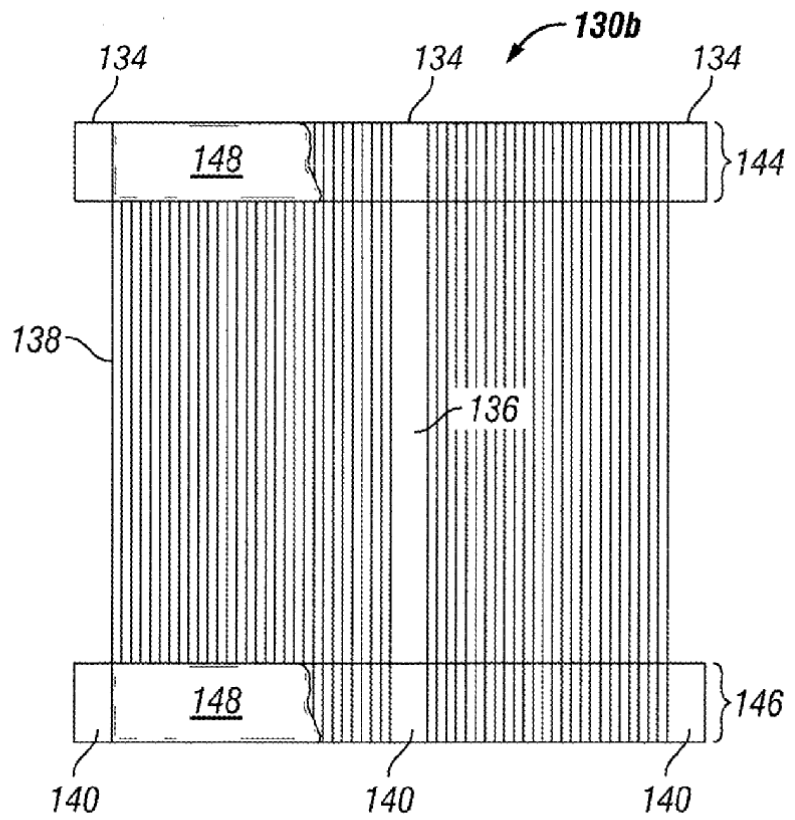


FIG. 16

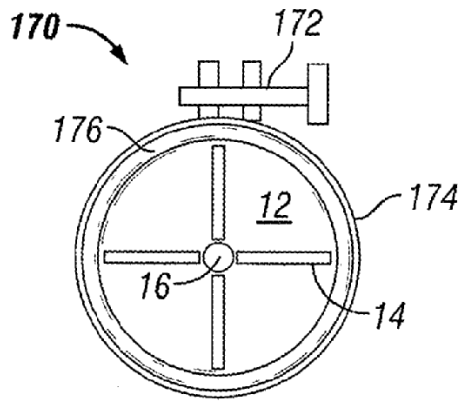


FIG. 17

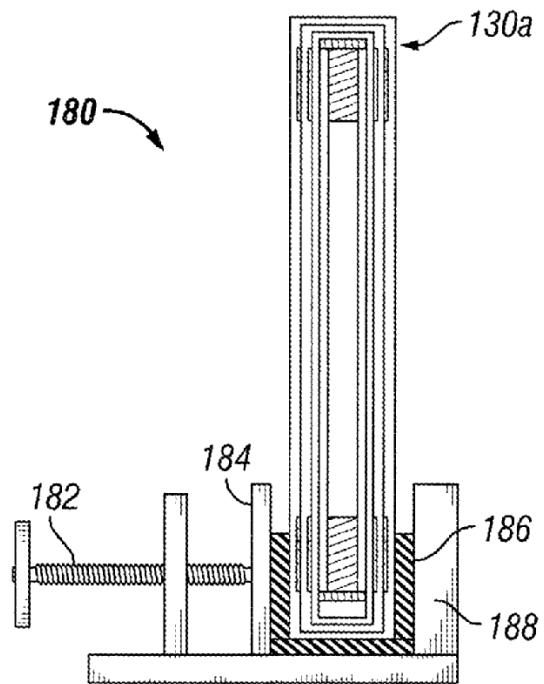


FIG. 18