

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 906 958**

51 Int. Cl.:

F16J 15/10 (2006.01)

F16J 15/02 (2006.01)

F16J 15/06 (2006.01)

B60J 10/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.10.2017** **PCT/US2017/055111**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.12.2018** **WO18231267**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2017** **E 17791775 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.12.2021** **EP 3638928**

54 Título: **Espumas elastoméricas soportadas y procesos para elaborar las mismas**

30 Prioridad:

15.06.2017 US 201762520421 P

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

21.04.2022

73 Titular/es:

W. L. GORE & ASSOCIATES, INC. (50.0%)

555 Paper Mill Road

Newark, DE 19711, US y

W. L. GORE & ASSOCIATES GMBH (50.0%)

72 Inventor/es:

GARDNER, JOHN y

WIESEMANN, AMADEUS

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 906 958 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

Espumas elastoméricas soportadas y procesos para elaborar las mismas

5 CAMPO TÉCNICO

La presente divulgación se refiere, generalmente, a espumas elastoméricas soportadas. Más específicamente, la divulgación se refiere a una espuma de matriz elastomérica soportada para sellar conexiones.

10 ANTECEDENTES

Muchas industrias emplean selladores para evitar la intrusión de líquidos entre elementos físicos en productos o estructuras. Los selladores comunes incluyen pinturas, masillas, materiales poliméricos, juntas tóricas y juntas o similares y varían de acuerdo con la aplicación específica. La industria de las aerolíneas, en particular, emplea selladores para proteger diversas interfaces con el fin de evitar la corrosión y la degradación de la superficie, p. ej., debido a la intrusión de agua o productos químicos.

El documento US 2004/0142149 divulga un material aislante compuesto que incluye un componente de espuma sintáctica y una pluralidad de insertos de aerogel. También se proporciona un método para elaborar el material aislante compuesto y un método para potenciar la flexibilidad de un material sólido.

Uno de los materiales empleados a menudo por la industria aeronáutica es un material de polisulfuro líquido de 2 partes, usado para aumentar la protección de diversas interfaces contra la corrosión y la degradación de la superficie. Esta práctica se puede usar para proteger los soportes instalados a lo largo del fuselaje, entre otros conjuntos. Por ejemplo, un material (tal como aluminio, plástico reforzado con fibra o compuesto de carbono) se puede unir a una sección del bastidor de la aeronave usando pernos o remaches. Un instalador puede aplicar sellador líquido entre las partes conectadas y, a continuación, fijar el soporte al bastidor usando sujetadores. A medida que se aprietan los sujetadores, la presión de las cabezas de los sujetadores esparce el sellador. Típicamente, el sellador se debe dejar curar a temperatura ambiente durante largos periodos de tiempo, p. ej., 72 horas o más, dependiendo de la calidad del sellador. Este proceso lleva mucho tiempo, requiere técnicas cuidadosas de mezclado y aplicación y, típicamente, requiere un equipo de protección personal (EPP) y ventilación debido a los compuestos orgánicos volátiles (COV) que se emiten.

Los diseños tradicionales que usan materiales de "sellado en seco", tales como juntas tóricas, juntas u otras estructuras flexibles, requieren una colocación y presión precisas para ser eficaces y pueden experimentar una degradación con el paso del tiempo debido al ataque químico. Los materiales de sellado en seco que pueden resistir el ataque químico a menudo tienen deficiencias con las temperaturas de funcionamiento frías y el nivel de adaptabilidad. Los selladores líquidos, que se pueden adaptar más fácilmente a geometrías de interfaz específicas, experimentan deficiencias de procedimientos de instalación difíciles y no se pueden retirar fácilmente una vez ajustados sin romper el sello. Además, los selladores líquidos de polisulfuro solos a menudo no pueden ser eficaces después de una exposición prolongada a determinadas químicas agresivas, como el fluido hidráulico de éster de fosfato. Por consiguiente, existe la necesidad de tecnologías de sellado que puedan funcionar en una diversidad de perfiles de interfaz sin sacrificar la durabilidad o la resistencia al ataque químico.

45 SUMARIO

De acuerdo con la invención, se proporciona una espuma elastomérica soportada de acuerdo con la reivindicación 1. La espuma elastomérica soportada incluye una matriz elastomérica formada por un elastómero que incluye una región espumada y una región de refuerzo. La región espumada incluye una pluralidad de celdas llenadas de gas definidas en el elastómero; y la región de refuerzo incluye una capa porosa que tiene una red interconectada de poros empapados al menos parcialmente con el elastómero. En determinadas realizaciones, la región de refuerzo se puede formar a partir de una película o membrana de politetrafluoroetileno expandido (ePTFE en inglés) impregnada con elastómero. En diversas realizaciones, la región de refuerzo se puede formar a partir de cualquier capa de polímero porosa adecuada, tal como una capa tejida de poliéter éter cetona (PEEK en inglés) o similares. En otras diversas realizaciones, la región de refuerzo puede estar formada por cualquier capa porosa adecuada, tal como una capa de fibra de vidrio tejida o no tejida.

De acuerdo con algunas realizaciones, la capa porosa se puede empapar completamente con el elastómero. De acuerdo con algunas realizaciones, la región de refuerzo puede ser una primera región de refuerzo y la espuma elastomérica puede incluir una segunda región de refuerzo que incluya una segunda capa porosa que tenga una segunda red interconectada de poros empapados al menos parcialmente con el elastómero. La primera región de refuerzo y la segunda región de refuerzo se pueden posicionar en lados opuestos de la región espumada.

De acuerdo con algunas realizaciones, la región de refuerzo está sustancialmente libre de celdas llenadas de gas. Por ejemplo, de acuerdo con algunas realizaciones, la capa porosa incrustada en la región de refuerzo tiene un tamaño de poro que es menor que el tamaño de partícula del agente espumante usado para formar las celdas llenadas de gas.

en la región espumada, de tal manera que se evita que el agente espumante penetre y se expanda dentro de la región de refuerzo. De acuerdo con algunas realizaciones, la matriz elastomérica puede incluir múltiples elastómeros que se pueden mezclar para formar la matriz elastomérica. Las celdas llenadas de gas cerradas pueden tener un tamaño de celda promedio, en diámetro, de aproximadamente 5 µm a aproximadamente 700 µm.

De acuerdo con algunas realizaciones, la capa porosa en la zona de refuerzo puede estar formada por diversos materiales. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la capa porosa puede incluir cualquiera de, o cualquier combinación adecuada de, un material tejido, un material no tejido, una membrana polimérica o un material poroso no polimérico. De acuerdo con algunas realizaciones, la capa porosa puede incluir una película de fluoropolímero expandido, una película de politetrafluoroetileno expandido (ePTFE), un material tejido de poliéter éter cetona (PEEK), un material no tejido de PEEK, un material tejido de fibra de vidrio, un material no tejido de fibra de vidrio u otro material poroso adecuado. De acuerdo con algunas realizaciones específicas, la capa porosa puede incluir una película de ePTFE que tenga un espesor de 8 a 35 µm o de 1 a 100 µm.

De acuerdo con algunas realizaciones, la espuma elastomérica soportada se puede formar en diversos espesores o configuraciones. Por ejemplo, de acuerdo con algunas realizaciones, la espuma se puede formar en una lámina que tenga un espesor de 85 a 2.000 µm, que se puede formar en un rollo.

De acuerdo con algunas realizaciones, la matriz elastomérica puede incluir uno o más de una silicona, una fluorosilicona o un elastómero de perfluoropoliéter. De acuerdo con algunas realizaciones, el elastómero puede incluir un fluoroelastómero. La región espumada se puede formar a partir de una mezcla espumada que incluye cualquier elastómero adecuado y un agente espumante, p. ej., un agente químico espumante añadido al elastómero, un agente espumante en seco activado por calor o esferas poliméricas en expansión activadas por calor. De acuerdo con algunas realizaciones, la región espumada tiene un espesor de 90 µm a 1.850 µm.

De acuerdo con algunas realizaciones, la espuma se puede comprimir a un esfuerzo de hasta el 85 % con una tensión de 16 MPa. De acuerdo con diversas realizaciones, la espuma presenta una deformación por compresión desde un mínimo o inferior al 11 % cuando se somete a un esfuerzo inicial del 25 %. La espuma puede ser sustancialmente inerte a productos químicos, tales como combustibles, y capaz de formar un sello hermético al combustible con compresión. Por ejemplo, de acuerdo con algunas realizaciones, la espuma absorbe menos del 2,0 % de combustible JP-8 en peso cuando se sumerge durante 20 horas con compresión y puede evitar la intrusión de líquidos cuando la espuma se inserta en una interfaz de acuerdo con un ensayo de intrusión de líquidos cuando la espuma se somete a un esfuerzo por compresión del 15 % o menos. De acuerdo con algunas realizaciones, la espuma puede permanecer en funcionamiento para sellar una interfaz contra la intrusión de líquidos en un intervalo de temperaturas de -50 °C a al menos 100 °C.

De acuerdo con diversas realizaciones, una espuma elastomérica soportada puede incluir un revestimiento desprendible conectado de manera retirable con una de las regiones de refuerzo y espumada que se pueden retirar antes de la instalación y puede incluir un segundo revestimiento desprendible conectado de manera retirable con la otra de las regiones de refuerzo y espumada.

De acuerdo con diversas realizaciones, una espuma elastomérica soportada puede incluir un tratamiento adhesivo sobre una superficie o sobre ambas superficies. El tratamiento adhesivo puede incluir un patrón de regiones adhesivas discontinuas conectadas con al menos una de una primera superficie o una segunda superficie de la matriz elastomérica, en donde la matriz elastomérica se puede hacer funcionar para adaptarse alrededor de las regiones adhesivas para evitar la entrada de fluido cuando la espuma elastomérica se comprime en una dirección perpendicular a cualquier superficie. La deformación de la espuma elastomérica con compresión forma un sello que protege las regiones adhesivas dentro del sello de la intrusión de fluido, que protege las regiones adhesivas de los fluidos que pueden ser reactivos con el material adhesivo, pero no con la espuma elastomérica. De acuerdo con diversas realizaciones, cualquiera de las espumas elastoméricas descritas en el presente documento se puede usar como junta de sellado en seco, arandela de sellado en seco u otra forma de dispositivo de sellado en seco.

En otra realización, la presente divulgación se refiere a un método para formar una espuma selladora en seco. El método incluye proporcionar una capa porosa que tiene una red interconectada de poros y colar una mezcla líquida de un elastómero y un agente espumante con la capa porosa. La mezcla líquida se empapa al menos parcialmente o, en algunas realizaciones, se empapa completamente, en la capa porosa. El agente espumante se activa para crear una pluralidad de celdas cerradas en la mezcla líquida. El conjunto de la capa porosa al menos parcialmente empapada y la región espumada con la pluralidad de celdas cerradas se cura para formar una matriz elastomérica que contiene una región de refuerzo que incluye la capa porosa y una región espumada que contiene la pluralidad de celdas cerradas.

De acuerdo con algunas realizaciones, los métodos descritos en el presente documento pueden incluir proporcionar una segunda capa porosa que incluye una segunda red interconectada de poros, posicionar la segunda capa porosa en un segundo lado de la mezcla líquida opuesto al primer lado, de tal manera que la mezcla líquida humedezca la segunda capa porosa, y curar el elastómero para formar la matriz elastomérica que contiene una segunda región de refuerzo que incluye la segunda capa porosa.

De acuerdo con diversas realizaciones, se puede aplicar un adhesivo a al menos una de una primera superficie y una segunda superficie de la matriz elastomérica. La aplicación del adhesivo puede incluir aplicar un patrón de regiones adhesivas discontinuas a la al menos una de la primera superficie y la segunda superficie. De acuerdo con algunas realizaciones, la aplicación del adhesivo puede incluir la aplicación de un adhesivo de cara completa a la al menos una de la primera superficie y la segunda superficie.

De acuerdo con algunas realizaciones, el elastómero puede incluir un fluoroelastómero termoestable y el agente espumante un agente espumante activado por calor; de tal manera que la activación del agente espumante incluye el calentamiento de la mezcla líquida hasta una temperatura de activación, de tal manera que el ciclo de calentamiento aumenta drásticamente el tamaño de la pluralidad de celdas llenadas de gas cerradas. La temperatura de activación puede estar en un intervalo de 100 °C a aproximadamente 160 °C; y la etapa de activación puede incluir el calentamiento de la mezcla líquida hasta la temperatura de activación durante 1 a 10 minutos. En algunos casos, la etapa de activación también puede curar parcialmente la matriz elastomérica. Una etapa de curado posterior puede incluir el calentamiento de la mezcla líquida hasta una temperatura de curado de aproximadamente 75 °C a 125 °C durante 5 a 180 minutos.

En otra realización, la presente divulgación se refiere a un sello comprimible, que incluye un cuerpo comprimible y un patrón de regiones adhesivas discontinuas formadas por un adhesivo conectado con al menos una de una primera superficie o una segunda superficie del cuerpo comprimible. De acuerdo con algunas realizaciones, el cuerpo comprimible es una espuma elastomérica, que puede incluir una matriz elastomérica formada con un elastómero espumado, tal como se ha descrito anteriormente, con o sin una región de refuerzo. El cuerpo comprimible se puede hacer funcionar para adaptarse alrededor del patrón de las regiones adhesivas para evitar la entrada de fluido a través del patrón cuando el sello comprimible se comprime en una dirección perpendicular a la primera o segunda superficie.

De acuerdo con algunas realizaciones, el cuerpo comprimible tiene un primer espesor y se puede hacer funcionar para comprimir al menos un 15 % del primer espesor con una tensión por compresión de menos de 1 MPa y en donde el patrón de las regiones adhesivas tiene un espesor de menos del 15 % del primer espesor.

De acuerdo con diversas realizaciones, el patrón de las regiones adhesivas discontinuas puede incluir diversas geometrías específicas, incluyendo, pero sin limitación, una cualquiera o una combinación de una disposición de puntos adhesivos circulares o regiones adhesivas cuadradas. De acuerdo con algunas realizaciones específicas, el patrón de las regiones adhesivas discontinuas incluye puntos circulares que tienen diámetros de aproximadamente 1 mm, un espaciado de borde a borde de cada punto al siguiente punto más cercano de aproximadamente 2,2 mm y espesores de aproximadamente 0,03 mm. Son posibles diversos intervalos específicos de conformidad con las realizaciones. Por ejemplo, las regiones adhesivas pueden tener diámetros (o, si son cuadradas, longitudes de los lados) que varían de aproximadamente 0,2 mm a aproximadamente 5 mm, de aproximadamente 0,2 a 1 mm o de aproximadamente 1 mm a 5 mm. Cada región adhesiva del patrón de las regiones adhesivas puede estar separada por una distancia que varía de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 25 mm, p. ej., de aproximadamente 1 mm a 20 mm o de aproximadamente 2 a 5 mm. En diversas realizaciones, las regiones adhesivas pueden tener espesores menores de o iguales a 100 µm, menores de o iguales a 50 µm, menores de o iguales a 25 µm o menores de o iguales a 10 µm. De acuerdo con algunas realizaciones específicas, las regiones adhesivas pueden tener espesores que varían de aproximadamente 10 µm a aproximadamente 100 µm; o, en algunas realizaciones, de aproximadamente 10 µm a aproximadamente 50 µm o de aproximadamente 20 µm a aproximadamente 50 µm.

De acuerdo con diversas realizaciones, el adhesivo puede incluir una diversidad de formas específicas de adhesivo, incluyendo, pero sin limitación, adhesivos sensibles a la presión (PSA en inglés), tal como se describe en los Ejemplos más adelante. Generalmente, los adhesivos adecuados se pueden depositar en forma líquida o de masa fundida caliente o en una forma comparable. De acuerdo con algunas realizaciones, el tipo de adhesivo puede ser un adhesivo sensible a la presión de silicona mixto de dos partes. De acuerdo con otras realizaciones, el tipo de adhesivo puede ser un adhesivo sensible a la presión acrílico de fijación por UV. Las realizaciones adicionales pueden incluir materiales adhesivos alternativos, incluyendo, pero sin limitación, silicona, acrílico, caucho butílico, acetato etilen-vinílico, caucho natural, nitrilo, copolímero de bloques de estireno, poliuretano o cualquier mezcla adecuada de los materiales adhesivos anteriores. El adhesivo se puede aplicar en el patrón de acuerdo con cualquier medio adecuado, incluyendo, p. ej., el paso del adhesivo a través de una forma que contiene un patrón de orificios sobre el cuerpo comprimible o la impresión del adhesivo sobre el cuerpo comprimible.

De acuerdo con diversas realizaciones, el cuerpo comprimible puede incluir una diversidad de formas específicas, incluyendo, p. ej., una espuma elastomérica que incluye una región espumada que incluye una pluralidad de celdas llenadas de gas definidas por el elastómero y una región de refuerzo que incluye una capa porosa que tiene una red interconectada de poros empapados al menos parcialmente con el elastómero; una espuma o una gomaespuma no reforzada; o un sellador comprimible comparable.

En otra realización, la presente divulgación se refiere a un método para formar un sello comprimible, que incluye la aplicación de un patrón de regiones adhesivas discontinuas formadas por un adhesivo a una primera superficie de un cuerpo comprimible hasta un espesor de adhesivo, siendo el espesor del adhesivo lo suficientemente delgado en

comparación con el espesor de la espuma del sello comprimible como para que el sello comprimible se pueda hacer funcionar para adaptarse alrededor del patrón de las regiones adhesivas discontinuas cuando se comprime. De acuerdo con algunas realizaciones, la aplicación del patrón de las regiones adhesivas discontinuas incluye la aplicación de manera retirable de una forma al cuerpo comprimible, donde la forma tiene un patrón de orificios configurado para coincidir con el patrón de las regiones adhesivas discontinuas. El adhesivo se puede aplicar a la forma y a la primera superficie a través del patrón de orificios de la forma. De acuerdo con algunas realizaciones alternativas, la aplicación del patrón de las regiones adhesivas discontinuas puede incluir la impresión del patrón de las regiones adhesivas discontinuas sobre la primera superficie. De acuerdo con algunas realizaciones, el patrón de las regiones adhesivas se puede curar mediante la aplicación de un tratamiento térmico al adhesivo o, como alternativa, mediante la aplicación de un tratamiento de luz ultravioleta al adhesivo.

Estas y otras realizaciones, junto con muchas de sus ventajas y características, se describen con más detalle junto con la siguiente descripción y las Figuras adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente divulgación se comprenderá mejor a la vista de las Figuras no limitantes adjuntas.

La FIG. 1 es una vista en corte transversal lateral de una realización de espuma elastomérica soportada.

La FIG. 2 es una vista en corte transversal lateral que muestra etapas de ejemplo para generar una espuma elastomérica soportada.

La FIG. 3 es una vista en corte transversal lateral que muestra una segunda realización de espuma elastomérica soportada.

La FIG. 4A es una vista en corte transversal lateral que muestra una realización de espuma elastomérica soportada de puntos con un adhesivo.

La FIG. 4B es una vista en corte transversal lateral que muestra una realización de espuma elastomérica soportada con una capa adhesiva.

La FIG. 5 es una imagen de micrografía electrónica de barrido (SEM en inglés) que muestra un primer ejemplo de una espuma elastomérica soportada con una única membrana de refuerzo.

La FIG. 6 es una imagen de SEM que muestra un segundo ejemplo de una espuma elastomérica soportada con membranas de refuerzo dobles.

La FIG. 7A es una imagen de SEM que muestra un tercer ejemplo de una espuma elastomérica soportada con membranas de refuerzo dobles.

La FIG. 7B es una imagen de SEM que muestra la espuma elastomérica soportada de la FIG 7A con mayor detalle.

La FIG. 8 es una imagen de microscopio que muestra un ejemplo de una espuma elastomérica soportada de puntos con un adhesivo discontinuo.

La FIG. 9 es una imagen de microscopio que muestra una vista lateral de la espuma elastomérica soportada y el adhesivo discontinuo de la FIG. 8.

La FIG. 10 es una vista en corte transversal lateral que muestra una realización de espuma elastomérica soportada con una capa adhesiva discontinua sometida a compresión.

Aunque lo siguiente es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, se han mostrado realizaciones específicas a modo de ejemplos no limitantes en los dibujos y se describen con detalle a continuación. La descripción cubre todas las modificaciones, equivalentes y alternativas de la misma.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Diversas realizaciones descritas en el presente documento se refieren, generalmente, a selladores en seco para proteger una interfaz mecánica, p. ej., en una estructura de fuselaje o estructura comparable. En realizaciones específicas, se puede formar un sellador en seco a partir de espuma elastomérica soportada. Las espumas elastoméricas adecuadas pueden limitar la capacidad de los líquidos para penetrar en la interfaz, con el fin de evitar la corrosión, la intrusión de líquidos u otros problemas. La espuma elastomérica se puede formar de un material químicamente inerte para evitar la intrusión de agua, combustible de aviación, fluidos hidráulicos (incluyendo los basados en ésteres de fosfato), aceites, agentes descongelantes u otros materiales.

Las realizaciones específicas de espuma elastomérica soportada incluyen una matriz elastomérica que incluye un elastómero que define una región espumada y una región de refuerzo. La región de refuerzo incluye una capa porosa definida por una red interconectada de poros en un material poroso o microporoso, donde los poros están empapados al menos parcialmente con el elastómero. De acuerdo con diversas realizaciones, la capa porosa se puede empapar con elastómero hasta que el elastómero penetre un espesor de la capa porosa, aunque no todos los poros estén llenados de elastómero. De acuerdo con algunas realizaciones, la capa porosa se puede empapar completamente con el elastómero, hasta que todos los poros estén llenados con elastómero. De acuerdo con diversas realizaciones, la capa porosa puede ser un polímero poroso o fluoropolímero, p. ej., una membrana porosa, tal como una membrana de politetrafluoroetileno expandido (ePTFE), un material tejido, un material no tejido u otra capa porosa adecuada. De acuerdo con algunas realizaciones, la capa porosa puede ser una capa de fibra de vidrio porosa, p. ej., un material tejido de fibra de vidrio o un material no tejido de fibra de vidrio. La región espumada está formada por elastómero y

una pluralidad de celdas cerradas llenadas de gas en el elastómero. La región de refuerzo y la región espumada están conectadas entre sí por medio del elastómero, formando una estructura compuesta. La región de refuerzo proporciona una mayor resistencia a la estructura global de la espuma elastomérica soportada, al tiempo que se puede hacer funcionar la región espumada para contraerse con la carga para proporcionar capacidades de sellado con un alto intervalo de trabajo, es decir, siendo capaz de sellar un espacio en una interfaz en un amplio intervalo de presiones de sujeción o entre superficies irregulares.

La divulgación se puede entender mejor con referencia a las Figuras, en las que las partes iguales tienen la misma numeración.

La FIG. 1 es una vista lateral en corte transversal de una realización de espuma elastomérica 100 soportada. La espuma elastomérica 100 está formada por una matriz elastomérica 102 que incluye una región de refuerzo 104 y una región espumada 106. Tal como se muestra en el presente documento, la región espumada 106 se posiciona adyacente a y por encima de la región de refuerzo 104, sin embargo, las regiones espumadas y de refuerzo pueden adoptar, generalmente, cualquier configuración adecuada entre sí, p. ej., con la región de refuerzo en un lado superior o inferior de la región espumada, incrustada en la región espumada, o como una de las múltiples regiones de refuerzo intercaladas o posicionadas a profundidades variables en la región espumada. La región de refuerzo 104 incluye una capa porosa, generalmente, formada por un polímero, opcionalmente en forma de una membrana polimérica, que posee una red de poros, opcionalmente, una matriz interconectada de nodos y fibrillas, o solo fibrillas, en la que se empapa al menos parcialmente un elastómero que forma la matriz elastomérica 102. La región espumada 106 se expande por medio de una serie de huecos 108 llenados de gas y de celdas cerradas en el elastómero formados por medio de un agente espumante en el elastómero o en un precursor de elastómero que forma la matriz elastomérica. En algunas realizaciones, el agente espumante usado para expandir la región espumada se mezcla con el elastómero y está formado por partículas que son más grandes que el tamaño de poro de la capa porosa posicionada en la región de refuerzo 104. Por tanto, el agente espumante, generalmente, está excluido de la región de refuerzo 104, evitando la expansión de los huecos 108 dentro de la región de refuerzo. Por tanto, aunque los huecos 108 pueden hacer tope con la región de refuerzo 104, la región de refuerzo permanecerá sustancialmente desprovista de grandes huecos formados por el agente espumante. Los huecos llenados de gas y de celdas cerradas pueden variar de tamaño de acuerdo con el agente espumante seleccionado. De acuerdo con algunas realizaciones, los huecos tienen un tamaño de celda promedio que varía de diámetros de aproximadamente 5 μm a 700 μm , tal como se mide mediante SEM en corte transversal. De acuerdo con determinadas realizaciones, el tamaño de celda promedio de los huecos 108, en diámetro, puede variar de 5 μm a 100 μm o de 5 μm a 50 μm . Los agentes espumantes adecuados pueden incluir esferas poliméricas en expansión activadas por calor, rellenos de esferas huecas, agentes espumantes químicos activados por calor, agentes espumantes de inyección de gas o similares.

El espesor total 114 de la espuma elastomérica 100 soportada puede incluir un primer espesor 110 correspondiente a la región de refuerzo 104 y un segundo espesor 112 correspondiente a la región espumada 106. De acuerdo con determinadas realizaciones, el espesor total 114 a una presión de aproximadamente 0,5 kPa puede variar de aproximadamente 100 μm a aproximadamente 2.000 μm (2,0 mm), p. ej., de 200 μm a 600 μm o de 220 μm a 380 μm . La relación entre el primer espesor 110 de la región de refuerzo 104 y el espesor total 114 puede variar, opcionalmente, del 1 % al 50 %, del espesor total, p. ej., del 2 % al 20 % o del 4 % al 8 %.

De acuerdo con algunas realizaciones, la región de refuerzo 104 incluye una membrana de fluoropolímero. En algunas realizaciones específicas, la región de refuerzo incluye una membrana de politetrafluoroetileno expandido (ePTFE). Tales membranas de ePTFE son ventajosamente fuertes y químicamente resistentes, al tiempo que son lo suficientemente porosas como para empapar un elastómero líquido o un precursor de elastómero con el fin de formar la matriz elastomérica 102. En algunas realizaciones específicas, una membrana de ePTFE adecuada puede tener un espesor del orden de 1 μm a 100 μm , p. ej., de 4 μm a 40 μm o aproximadamente 34 μm , una densidad del orden de 0,02 a 1,5 g/cm³, p. ej., de 0,1 a 0,5 g/cm³ o de aproximadamente 0,27 g/cm³, una porosidad del orden del 30 % al 98 %, p. ej., del 80-95 % o aproximadamente 88 %, y resistencias a la tracción de la matriz de 30 MPa a 1.500 MPa, p. ej., de 240 MPa a 440 MPa o al menos 320 MPa, en una primera dirección y al menos de 30 MPa a 1.500 MPa, p. ej., de 130 MPa a 350 MPa o al menos 160 MPa, en una segunda dirección. Las resistencias a la tracción de la matriz descritas en el presente documento se refieren a direcciones ortogonales en la película definidas haciendo referencia al área en corte transversal del polímero únicamente, no a la estructura de los poros o al área total en corte transversal. Generalmente, las resistencias a la tracción de la matriz se refieren a la resistencia en una dirección de resistencia máxima y la resistencia en una dirección ortogonal a ese máximo. De acuerdo con diversas realizaciones, las membranas de ePTFE adecuadas pueden variar en espesor hasta aproximadamente 8 μm o más delgadas, con densidades que varían hasta aproximadamente 0,18 g/cm³. Se pueden elaborar membranas de ePTFE adecuadas, de conformidad con las realizaciones, de acuerdo con los métodos analizado, p. ej., en la Patente de EE. UU. N.º 3.953.566. En realizaciones alternativas, la región de refuerzo 104 puede incluir una capa porosa no de ePTFE, tal como una membrana de polímero porosa alternativa, una estera fibrosa tejida o no tejida, un material tejido o no tejido de fibra de vidrio o similares. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la región de refuerzo 104 es un material tejido de poliéter éter cetona (PEEK). Un material tejido de PEEK adecuado es una malla de PEEK resistente a productos químicos a altas temperaturas, tal como la malla de PEEK, con n.º de pieza 9289T12 (McMaster-Carr, Santa Fe Springs, CA), que está formada por plástico de PEEK en una malla tejida de un alambre de plástico que tiene un diámetro de 60 a 80 μm , p. ej., de aproximadamente 65 a 75 μm o aproximadamente 71 μm , y un área abierta del 12

al 32 %, p. ej., del 15 al 29 % o aproximadamente del 22 %. Sin embargo, se pueden usar otros diversos materiales tejidos y materiales no tejidos de PEEK u otras capas poliméricas porosas similares.

De acuerdo con algunas realizaciones, la espuma elastomérica 100 soportada se puede apilar junto con elementos de espuma adicionales o con espaciadores para sellar una interfaz si la espuma por sí sola no es lo suficientemente espesa como para atravesar la interfaz. Por ejemplo, la primera y/o segunda caras 120, 118 de la espuma elastomérica 100 soportada se pueden conectar con espaciadores, arandelas o con materiales compuestos de espuma elastomérica adicionales. En algunos casos, la primera o segunda caras 120, 118 se pueden tratar, p. ej., con adhesivo u otro material, para mejorar una conexión entre la espuma elastomérica con un componente sellado.

La FIG. 2 es una vista en corte transversal lateral que muestra etapas de ejemplo para generar una espuma elastomérica soportada. De conformidad con algunas realizaciones, se proporciona o prepara una capa porosa 204, que se convertirá en la región de refuerzo en la espuma elastomérica soportada finalmente formada, que tiene una microestructura porosa y se combina con una mezcla de elastómero líquido 202, en una primera etapa 200a del proceso. La capa porosa 204 se puede colocar en tensión, p. ej., dentro de un bastidor, hasta que la capa adopte un estado plano y libre de arrugas antes de colarse con la mezcla de elastómero líquido 202. La mezcla de elastómero líquido 202 puede incluir un agente espumante, que puede ser un agente espumante químico difundido por toda la mezcla o que puede ser un agente espumante 206 en seco en polvo mezclado con todo el elastómero 202. En algunas realizaciones, el agente espumante 206 y el elastómero 202 se mezclan hasta una fracción de masa diana mediante el pesaje de cada componente cuando se mezcla. El agente espumante 206 puede incluir una combinación de diferentes agentes espumantes que tienen diferentes propiedades, p. ej., agentes espumantes diseñados para producir cavidades de gas de diferentes tamaños. Si se usa una segunda región de refuerzo para la espuma elastomérica soportada específica, una segunda capa porosa se puede tensar y, a continuación, colocar sobre la parte superior de la mezcla de elastómero líquido 202 y dejar que se cuele con la mezcla de elastómero líquido hasta que la mezcla de elastómero líquido se haya empapado en los poros de la segunda capa porosa.

La mezcla de elastómero líquido 202 se cuele con la capa porosa 204 tensada y se deja humedecer o llenar parte de o toda la capa porosa hasta que la capa porosa esté al menos parcialmente empapada (es decir, llenada) con elastómero, es decir, hasta que al menos algunos poros en todo el espesor de la capa porosa se llenen con la mezcla de elastómero (dejando pocas bolsas de gas aisladas en la estructura porosa de la capa de refuerzo, si es que hay alguna), o completamente empapada (en cuyo caso no queda gas en los poros de la capa porosa 204). Una vez montada/s, la(s) región(es) de refuerzo y la capa de elastómero líquido se fijan, opcionalmente, a un espesor predeterminado mediante cualquier combinación adecuada de etapas de procesamiento, incluyendo, pero sin limitación, el método de recubrimiento seleccionado (p. ej., laminación, cepillado, pulverización), retirada de elastómero líquido (p. ej., mediante el paso del conjunto a través de un espacio para herramienta) o parámetros de proceso (p. ej., velocidad lineal, espacio para herramienta, etc.). A continuación, la composición se somete a un primer ciclo de calentamiento 208 de formación de espuma para activar el agente espumante 206 en una segunda etapa 200b del proceso. Los parámetros específicos del ciclo de calentamiento 208 de formación de espuma también pueden afectar al espesor final de la composición, dependiendo de la concentración de agente espumante usado y del grado y la duración de la exposición al calor. Dependiendo del agente espumante elegido, el primer ciclo de calentamiento 208 se puede omitir o realizar a temperatura ambiente, es decir, para un agente espumante de contacto o de temperatura ambiente o cuando se puede hacer funcionar el agente espumante para activarse completamente a una temperatura de curado para toda la espuma soportada. En algunas realizaciones, se puede requerir un ciclo de calentamiento específico para activar el agente espumante 206. Por ejemplo, en algunos casos, el conjunto se puede someter a un ciclo de calor a una temperatura de 125 a 175 °C, p. ej., a aproximadamente 150 °C durante 1 a 10 minutos. De acuerdo con algunas realizaciones, el primer ciclo de calentamiento 208 de formación de espuma puede curar al menos parcialmente la matriz elastomérica. En algunas realizaciones, se pueden ajustar diversos parámetros del ciclo de calentamiento 208 de formación de espuma para mantener al menos un grado de movilidad en el elastómero parcialmente curado durante el proceso de formación de espuma, con el fin de evitar el agrietamiento, la deformación u otros problemas.

Una vez que la mezcla de elastómero líquido se ha expandido a través del agente espumante 206 incrustado, el elastómero se puede curar *in situ* por medio de un ciclo de calor de curado 210 para solidificar la mezcla de elastómero en una matriz de espuma elastomérica en una tercera etapa 200c del proceso. Dependiendo del agente espumante específico y la mezcla de elastómero líquido elegidos, es posible que la etapa de curado no requiera temperaturas por encima de la temperatura ambiente. Sin embargo, en algunos casos, la etapa de curado puede requerir una acción diferente según lo dictado por el elastómero específico, tal como exposición a UV. De acuerdo con algunas realizaciones, la etapa de curado puede incluir el calentamiento de la mezcla líquida hasta una temperatura de curado de aproximadamente 75 °C a 125 °C durante 5 a 180 minutos. En realizaciones alternativas, se pueden añadir múltiples membranas para crear múltiples regiones de refuerzo, por ejemplo, regiones de refuerzo sobre ambos lados del material compuesto, tal como se analiza con referencia a la FIG. 3.

La FIG. 3 es una vista en corte transversal lateral que muestra una segunda realización de espuma elastomérica 300 soportada que tiene regiones de refuerzo 304, 306 dobles. Cada región de refuerzo 304, 306 está formada de una manera similar a la región de refuerzo 104 analizada anteriormente con referencia a la FIG. 1, con una región espumada 308 intermedia similar a la región espumada 106. Una matriz de elastómero 302 penetra en ambas regiones

de refuerzo 304, 306 y en toda la región espumada 308. La región espumada 308 se expande por los huecos 310, 312 llenados de gas y de celdas cerradas, similares a los huecos 108 descritos anteriormente con referencia a la FIG. 1. De manera notable, los huecos 310, 312 pueden incluir huecos de diferentes tamaños, que se pueden formar usando diferentes agentes espumantes mezclados junto con el elastómero. Tal como se muestra, los huecos 310 más grandes se pueden intercalar con huecos 312 más pequeños. Se puede usar una mezcla de huecos 310, 312 grandes y pequeños para promover una expansión más completa de la región espumada 308 causada por la disposición de los huecos grandes y pequeños, que se orientarán de manera natural para formarse en una estructura empaquetada, a medida que los huecos interactúan durante la expansión. El espesor total 324 de la matriz elastomérica 302 incluye un primer y segundo espesores 318, 320 respectivos de la primera y segunda regiones de refuerzo 304, 306 y un tercer espesor 322 de la región espumada 308. De acuerdo con algunas realizaciones, el primer y segundo espesores 318, 320 pueden variar de aproximadamente 1 μm a 100 μm , p. ej., de 4 μm a 40 μm o aproximadamente 34 μm . De acuerdo con algunas realizaciones específicas, el espesor total 324 puede variar de aproximadamente 100 μm a aproximadamente 2.000 μm . De acuerdo con algunas realizaciones, la primera o segunda caras 316, 314 de la espuma elastomérica 300 soportada se pueden conectar con espaciadores, arandelas o con materiales compuestos de espuma elastomérica adicionales para un espesor total protegible por la espuma elastomérica soportada. En algunos casos, la primera o segunda caras 316, 314 se pueden tratar, p. ej., con adhesivo u otro material, para mejorar una conexión entre la espuma elastomérica con un componente sellado.

La FIG. 4A es una vista lateral en corte transversal que muestra una realización de espuma elastomérica 400A soportada de puntos con múltiples regiones adhesivas 412. La espuma elastomérica 400A soportada incluye una matriz elastomérica 402 formada por una región de refuerzo 404 y una región espumada 406 que contiene huecos 408 de celdas cerradas a lo largo de la misma, de conformidad con las realizaciones y tal como se ha descrito anteriormente. Las regiones adhesivas 412 se pueden imprimir, colar o depositar de otro modo individualmente a lo largo de cualquier superficie 410 adecuada de la espuma elastomérica 400A soportada, incluyendo la adyacente a la región de refuerzo 404, la adyacente a la región espumada 406 o ambas. En realizaciones alternativas de espumas elastoméricas soportadas que emplean dos regiones de refuerzo intercaladas con una región espumada, las regiones adhesivas 412 se pueden colocar adyacentes a una o ambas regiones de refuerzo. Durante el uso, las regiones adhesivas 412 se presionan en la matriz elastomérica 402 cuando se comprime la espuma elastomérica 400A soportada, de modo que las regiones adhesivas y la matriz elastomérica se nivelan aproximadamente entre sí y con una superficie de interfaz. Aunque se formen pequeñas bolsas de aire directamente adyacentes a las regiones adhesivas 412, el espacio intermedio entre las regiones adhesivas inhibirá la intrusión de líquidos transversal a lo largo de la espuma elastomérica 400A soportada. Por tanto, la intrusión de líquidos se inhibe o se evita como máximo en todas las regiones adhesivas 412, evitando el ataque químico de las regiones adhesivas.

Las realizaciones de espumas elastoméricas soportadas también pueden emplear películas adhesivas o tratamientos de superficie completa. Por ejemplo, la FIG. 4B es una vista en corte transversal lateral que muestra una realización de espuma elastomérica 400B soportada con capas adhesivas 414 que cubren una superficie 410 completa de la espuma elastomérica soportada. Las capas adhesivas 414 se pueden imprimir, colar o depositar de otro modo a lo largo de cualquier superficie 410 adecuada de la espuma elastomérica 400B soportada, incluyendo la adyacente a la región de refuerzo 404, la adyacente a la región espumada 406 o ambas. En realizaciones alternativas de espumas elastoméricas soportadas que emplean dos regiones de refuerzo intercaladas con una región espumada, las capas adhesivas 414 se pueden posicionar adyacentes a una o ambas regiones de refuerzo. De acuerdo con algunas realizaciones, se puede aplicar un adhesivo a toda la cara de espuma elastomérica soportada mediante cinta de transferencia, laminación u otros medios comparables. Un adhesivo adecuado es ARSEAL 8026 (Adhesives Research, Glen Rock, PA), que se puede aplicar por medio de una cinta de transferencia, ya sea por medio de presión manual firme o presión de laminación.

Las realizaciones de las espumas elastoméricas soportadas se muestran con detalle en las imágenes de micrografía electrónica de barrido (SEM) reproducidas en las FIG. 5-7.

La FIG. 5 es una primera imagen 500 de micrografía electrónica de barrido (SEM) que muestra un primer ejemplo de espuma elastomérica 502 soportada con una única región de refuerzo 504 y una región espumada 506. La región espumada 506 contiene muchos huecos 508 llenados de gas que llenan la mayor parte del espesor total 514 de la espuma elastomérica 502 soportada. Un primer espesor 510 de la región de refuerzo 504 es de aproximadamente 25 μm , el espesor total 514 de la espuma elastomérica 502 soportada es de aproximadamente 270 μm y un segundo espesor 512 de la región espumada 506 es de aproximadamente 245 μm .

La FIG. 6 es una segunda imagen 600 de SEM que muestra un segundo ejemplo de espuma elastomérica 602 soportada con un aumento de 250X con regiones de refuerzo 604, 606 dobles que intercalan una región espumada 608. Tal como se ha descrito anteriormente, la región espumada 608 contiene muchos huecos 610 llenados de gas en toda su extensión. Las regiones de refuerzo 604, 606 están definidas por un primer y segundo espesores 612, 614 de aproximadamente 50 y 52 μm , respectivamente. Un tercer espesor 616 de la región espumada 608 es de aproximadamente 275 μm , lo que da como resultado un espesor total 618 de la espuma elastomérica 602 soportada de aproximadamente 377 μm .

Las FIG. 7A y 7B muestran diferentes vistas de un tercer ejemplo de espuma elastomérica 702 soportada. La FIG. 7A

es una tercera imagen 700A de SEM que muestra la espuma elastomérica 702 soportada con regiones de refuerzo 704, 706 dobles que intercalan una región espumada 708 que contiene muchos huecos 710 llenados de gas. La FIG. 7B es una cuarta imagen 700B de SEM que muestra la espuma elastomérica 702 soportada de la FIG. 7A con mayor detalle, en la que el primer y segundo espesores 712, 714 de la primera y segunda regiones de refuerzo 702, 706 son visibles (a aproximadamente 45 μm). Un tercer espesor 716 de la región espumada 708 es de aproximadamente 368 μm , el primer, segundo y tercer espesores se suman a un espesor total 718 de la espuma elastomérica 702 soportada de aproximadamente 377 μm .

Tal como se ha analizado anteriormente con referencia a las FIG. 4A y 4B, se puede aplicar una capa adhesiva a una o ambas caras de un sello comprimible para ayudar en la colocación del sello durante la fabricación de un conjunto. De acuerdo con diversas realizaciones, la capa adhesiva se puede aplicar a un sello comprimible formado por una espuma elastomérica, tal como las espumas elastoméricas soportadas descritas anteriormente; o con un sello formado a partir de otro material comprimible adecuado. El uso de un adhesivo con el sello puede proporcionar ventajas durante la instalación, p. ej., permitir que un técnico fije el sello en una localización de montaje donde, de otro modo, se podría caer y, a continuación, fijar una superficie de contacto al sello y apretar los sujetadores. Tal como se muestra en la FIG. 4A, se puede añadir un adhesivo discontinuo (412) para lograr estas ventajas sin comprometer la compatibilidad con los líquidos del sello. En el caso de una capa adhesiva continua (p. ej., la capa adhesiva 414 mostrada en la FIG. 4B), los bordes de la(s) capa(s) adhesiva(s) y la espuma elastomérica se exponen a la sobrecarga de fluidos. Si el adhesivo tiene menos compatibilidad química que la espuma elastomérica, el adhesivo podría permitir la humectación en la interfaz al permitir que la sobrecarga de fluidos penetre en la capa adhesiva, mediante la disolución de la capa adhesiva en el fluido y su sustitución por el fluido o mediante otros mecanismos. A diferencia de ello, mediante la utilización de una capa adhesiva discontinua (p. ej., las regiones adhesivas 412, tal como se muestra en la FIG. 4A), una espuma elastomérica en una interfaz sellada formará un sello hermético a los líquidos para la sobrecarga de fluidos, dado que el volumen de espuma es químicamente estable en la sobrecarga de fluidos. Por lo tanto, solo las secciones discretas de adhesivo expuestas en el borde del sello permitirán la entrada de fluido y el volumen de espuma elastomérica permitirá que el adhesivo esté protegido del fluido. De conformidad con diversas realizaciones, cualquier espuma elastomérica adecuada, tal como se describe en el presente documento, se puede combinar con un adhesivo de superficie para asegurar la espuma elastomérica cuando se usa para sellar una interfaz. De acuerdo con algunas realizaciones alternativas, las regiones adhesivas discontinuas se pueden aplicar a otros tipos de selladores en seco comprimibles que no sean las espumas elastoméricas soportadas, p. ej., los selladores de caucho comprimibles, las juntas, las espumas o similares. De acuerdo con algunas realizaciones, la espuma elastomérica puede incluir regiones adhesivas discontinuas aplicadas, es decir, "puntos" adhesivos, tal como se ha descrito anteriormente con respecto a la FIG. 4. Los ejemplos específicos de regiones adhesivas discontinuas, y su uso en una operación de sellado, se describen a continuación con referencia a las FIG. 8-10.

La FIG. 8 es una imagen 800 de la superficie superior de un sello 802 tomada con un aumento de 10X. Un adhesivo sensible a la presión 804, con un patrón de puntos, se adhiere a una superficie delantera del sello 802. El adhesivo 804 con patrón muestra que cada "punto" adhesivo tiene un diámetro de aproximadamente 0,97 mm y el espaciado de borde a borde de cada punto hasta el siguiente punto más cercano es de aproximadamente 2,19 mm. De acuerdo con las realizaciones, el sello 802 es una espuma elastomérica soportada que tiene dos regiones de refuerzo que intercalan una región espumada; sin embargo, el adhesivo 804 con patrón discontinuo se puede aplicar de manera similar a cualquier espuma elastomérica adecuada (p. ej., con una región de refuerzo) o a un material de sellado comprimible alternativo. La configuración del adhesivo 804 con patrón se puede caracterizar en términos de diámetros de puntos 808 y anchos de celdas unitarias 810 y se puede determinar un porcentaje de cobertura del sello 802 a partir de estos valores de acuerdo con la siguiente ecuación, donde U representa el ancho de celda unitaria 810 y D representa el ancho del "punto".

$$C = \frac{\pi D^2}{8U^2} \quad (\text{Para "puntos" circulares}) \quad C = \frac{D^2}{2U^2} \quad (\text{Para "puntos" cuadrados})$$

Ecuación 1: Cobertura proporcional

La FIG. 9 es una imagen de un corte transversal de una espuma elastomérica 900 soportada (correspondiente a la espuma 800 de la FIG. 8) con una región adhesiva 908 discontinua, tomada con un aumento de 57X. En el corte transversal, la muestra se cortó con una cuchilla de afeitar de acero sumergida en nitrógeno líquido en un esfuerzo por preservar la superficie en corte transversal antes de obtener la imagen. La espuma elastomérica 900 soportada para esta muestra incluye dos regiones de refuerzo 902, 906, una sobre cada cara, y un adhesivo sensible a la presión 908 discontinuo, con un patrón de puntos, sobre una de esas caras. Cada una de las dos regiones de soporte 902, 906 utiliza una capa porosa de ePTFE que tiene un espesor inicial de aproximadamente 16 μm y una densidad inicial de aproximadamente 0,28 g/cm³. Se seleccionó un elastómero de perfluoropolietileno, SIFEL 2618, como elastómero y se mezcló con esferas poliméricas en expansión EXPANCEL 920 DU 20 como agente espumante, en una relación de mezclado de 6,5:01 (13:02) en masa. La mezcla se empapó en ambas capas porosas de ePTFE en las regiones de refuerzo 902, 906 y se estiró con un espacio para herramienta de 0,076 mm antes de tratarse térmicamente a 150 °C durante 10 minutos para activar el agente espumante y comenzar el curado del elastómero. A continuación, el material compuesto se trató térmicamente a 100 °C durante 60 minutos para completar el curado y formar la espuma elastomérica 900 soportada. Se aplicó un patrón de adhesivo sensible a la presión a la espuma elastomérica 900

soportada usando una lámina de acero inoxidable de aproximadamente 0,025 mm de espesor con un patrón de orificios pasantes a través de los que se aplicó el adhesivo 908 discontinuo. El adhesivo específico usado para este patrón fue PSA-16 (Silicone Solutions, Ltd., Cuyahoga Falls, OH, EE. UU.). El adhesivo PSA-16 incluye una mezcla de dos partes y se preparó mediante el mezclado de dos Partes A y B en una relación en masa de 16:01. El PSA-16 mezclado se aplicó sobre la parte superior de la lámina de acero y la espuma elastomérica soportada debajo del acero se recubrió selectivamente con el adhesivo líquido. A continuación, la espuma elastomérica 900 recubierta con adhesivo se trató térmicamente a 125 °C durante 75 minutos para curar el adhesivo. Las dimensiones finales de la espuma elastomérica 900 recubierta con adhesivo incluyen unos espesores 910, 912 de región de refuerzo de las regiones de refuerzo 902, 906 de aproximadamente 12-13 µm; y un espesor 914 de región espumada de aproximadamente 251 µm. El adhesivo 908 discontinuo tiene un espesor 916 de aproximadamente 30 µm. Durante el uso, la espuma elastomérica 900 recubierta con adhesivo se puede deformar a presión, de modo que el adhesivo 908 discontinuo esté rodeado por la matriz elastomérica, evitando la entrada de fluido al adhesivo, tal como se muestra a continuación con referencia a la FIG. 10.

La FIG. 10 muestra una vista en corte transversal lateral que muestra una realización de espuma elastomérica 1002 soportada con regiones adhesivas 1012, 1014 discontinuas sometidas a compresión. En una primera configuración 1000a sin comprimir, la espuma elastomérica 1002 soportada se posiciona entre dos superficies rígidas 1020, 1022, pero no entra en contacto con ellas. La espuma elastomérica 1002 soportada incluye una región de refuerzo 1004 posicionada a lo largo de un lado y una región espumada 1006 posicionada a lo largo de un lado opuesto, con huecos 1008 formados a lo largo de la región espumada para conferir compresibilidad. Un primer conjunto de regiones adhesivas 1012 discontinuas se localiza sobre una primera superficie 1016 de la espuma elastomérica 1002 soportada y un segundo conjunto de regiones adhesivas 1014 discontinuas se localiza sobre una segunda superficie 1018 de la espuma elastomérica soportada. Antes de la compresión, cada una de la región de refuerzo 1004 y la región espumada 1006 tienen espesores iniciales 1032a, 1034a que totalizan un espesor total inicial 1030a.

Cuando la espuma elastomérica 1002 soportada se comprime, en una segunda configuración 1000b comprimida, las partes de la primera y segunda superficies 1016, 1018 se presionan para que entren en contacto con la primera y segunda superficies rígidas 1020, 1022, al tiempo que se forman pequeñas bolsas 1036 alrededor de cada una de las regiones adhesivas 1006 que se comprimen en la espuma elastomérica. El contacto entre la primera y segunda superficies 1016, 1018 y la primera y segunda superficies rígidas 1020, 1022 crea un sello contra la intrusión de líquidos a lo largo de esas superficies. Después de la compresión, cada una de la región de refuerzo 1004 y la región espumada 1006 tienen espesores comprimidos 1032b, 1034b que totalizan un espesor total comprimido 1030b que es menor que el espesor inicial sin comprimir 1030a. Generalmente, la región espumada 1006 se comprimirá en mayor grado que la región de refuerzo 1004.

Se describen más detalles con respecto a la divulgación junto con los siguientes Ejemplos.

EJEMPLOS DE ESPUMA ELASTOMÉRICA SOPORTADA

Ejemplo 1

De acuerdo con un primer ejemplo, la espuma elastomérica soportada se formó usando una única capa porosa de ePTFE que tenía un espesor inicial de aproximadamente 34 µm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm³, para formar una región de refuerzo que soporta una región espumada sobre un lado. Un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2618 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) se seleccionó como elastómero y se mezcló con esferas poliméricas en expansión EXPANCEL 951 DU 120 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezclado de 15:01 en masa. La mezcla se empapó en la capa porosa de ePTFE y se estiró con un espacio para herramienta de 1,321 mm antes de tratarse térmicamente a 150 °C durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el material compuesto se curó a 100 °C durante 60 minutos.

Ejemplo 2

De acuerdo con un segundo ejemplo, la espuma elastomérica soportada se formó usando una única capa porosa de ePTFE que tenía un espesor inicial de aproximadamente 34 µm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm³, para formar una región de refuerzo que soporta una región espumada sobre un lado. Un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2618 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) se seleccionó como elastómero y se mezcló con esferas poliméricas en expansión EXPANCEL 920 DU 20 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezclado de 10:01 en masa. La mezcla se empapó en la capa porosa de ePTFE y se estiró con un espacio para herramienta de 0,229 mm antes de tratarse térmicamente a 150 °C durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el material compuesto se curó a 100 °C durante 60 minutos.

Ejemplo 3

De acuerdo con un tercer ejemplo, la espuma elastomérica soportada se formó usando una única capa porosa de ePTFE que tenía un espesor inicial de aproximadamente 34 µm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm³, para formar una región de refuerzo que soporta una región espumada sobre un lado. Un elastómero de perfluoropoliéter,

SIFEL 2618 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) se seleccionó como elastómero y se mezcló con una combinación de esferas poliméricas en expansión EXPANCEL 951 DU 120 y EXPANCEL 920 DU 40 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezclado de 10:01 en masa. La relación de 951 DU 120 respecto a 920 DU 40 fue de 1:2 en masa. La mezcla se empapó en la capa porosa de ePTFE y se estiró con un espacio para herramienta de 0,178 mm antes de tratarse térmicamente a 150 °C durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el material compuesto se curó a 100 °C durante 60 minutos.

Ejemplo 4

De acuerdo con un cuarto ejemplo, la espuma elastomérica soportada se formó usando una única capa porosa de ePTFE que tenía un espesor inicial de aproximadamente 34 µm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm³, para formar una región de refuerzo que soporta una región espumada sobre un lado. Un elastómero de silicona, SS-156 (Silicone Solutions, Ltd., Cuyahoga Falls, OH, EE. UU.) se seleccionó como elastómero y se mezcló con esferas poliméricas en expansión EXPANCEL 920 DU 20 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezclado de 10:01 en masa. La mezcla se empapó en la capa porosa de ePTFE y se estiró con un espacio para herramienta de 0,229 mm antes de tratarse térmicamente a 150 °C durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el material compuesto se curó a 110 °C durante 30 minutos.

Ejemplo 5

De acuerdo con un quinto ejemplo, la espuma elastomérica soportada se formó usando una única capa porosa de ePTFE que tenía un espesor inicial de aproximadamente 34 µm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm³, para formar una región de refuerzo que soporta una región espumada sobre un lado. Un elastómero de silicona, SS-2600 (Silicone Solutions, Ltd., Cuyahoga Falls, OH, EE. UU.) se seleccionó como elastómero, que incluye un agente espumante premezclado. La mezcla se empapó en la capa porosa de ePTFE y se estiró con un espacio para herramienta de 1,321 mm. Se dejó que el conjunto de colada se espumara y se curara a temperatura ambiente durante 120 minutos.

Ejemplo 6

De acuerdo con un sexto ejemplo, se formó una espuma elastomérica soportada usando una única capa porosa de ePTFE que tenía un espesor inicial de aproximadamente 8 µm y una densidad de aproximadamente 0,18 g/cm³ para formar una región de refuerzo que soporta una región espumada sobre un lado. Un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2618 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) se seleccionó como elastómero y se mezcló con una combinación de esferas poliméricas en expansión EXPANCEL 951 DU 120 y EXPANCEL 920 DU 40 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezclado de 10:01 en masa. La relación de 951 DU 120 respecto a 920 DU 40 fue de 1:2 en masa. La mezcla se empapó en la capa porosa de ePTFE y se estiró con un espacio para herramienta de 0,178 mm antes de tratarse térmicamente a 150 °C durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el material compuesto se curó a 100 °C durante 60 minutos.

Ejemplo 7

De acuerdo con un séptimo ejemplo, se formó una espuma elastomérica soportada usando una capa porosa tejida de poliéter éter cetona (PEEK) que tenía un espesor inicial de aproximadamente 71 µm y un área abierta de aproximadamente el 22 % para formar una región de refuerzo que soporta una región espumada sobre un lado. Un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2618 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) se seleccionó como elastómero y se mezcló con esferas poliméricas en expansión EXPANCEL 951 DU 120 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezclado de 15:01 en masa. La mezcla se empapó en la capa porosa y se estiró con un espacio para herramienta de 1,321 mm antes de tratarse térmicamente a 150 °C durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el material compuesto se curó a 100 °C durante 60 minutos. Se aplicó un revestimiento desprendible al material compuesto antes de ambos ciclos de calentamiento, debajo de la capa porosa en la región de refuerzo, para evitar que la mezcla líquida goteara a través de la capa porosa antes de que se curara.

Ejemplo 8

De acuerdo con un octavo ejemplo, se formó una espuma elastomérica soportada usando dos capas porosas de ePTFE, teniendo cada una un espesor inicial de aproximadamente 8 µm y una densidad de aproximadamente 0,18 g/cm³, para formar dos regiones de refuerzo que soportan una región espumada sobre ambos lados en una configuración intercalada. Un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2618 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) se seleccionó como elastómero y se mezcló con una combinación de esferas poliméricas en expansión EXPANCEL 951 DU 120 y EXPANCEL 920 DU 40 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezclado de 10:01 en masa. La relación de 951 DU 120 respecto a 920 DU 40 fue de 1:2 en masa. La mezcla se empapó en ambas capas porosas de ePTFE y se estiró con un espacio para herramienta de 0,178 mm antes de tratarse térmicamente a 150 °C durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el material compuesto se curó a 100 °C durante 60 minutos.

Ejemplo 9

De acuerdo con un noveno ejemplo, se formó una espuma elastomérica soportada usando dos capas porosas de ePTFE, teniendo cada una un espesor inicial de aproximadamente 34 μm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm³, para formar dos regiones de refuerzo que soportan una región espumada sobre ambos lados en una configuración intercalada. Un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2618 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) se seleccionó como elastómero y se mezcló con esferas poliméricas en expansión EXPANCEL 920 DU 20 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezclado de 10:01 en masa. La mezcla se empapó en ambas capas porosas de ePTFE y se estiró con un espacio para herramienta de 0,229 mm antes de tratarse térmicamente a 150 °C durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el material compuesto se curó a 100 °C durante 60 minutos.

Ejemplo 10

De acuerdo con un décimo ejemplo, se formó una espuma elastomérica soportada usando dos capas porosas de ePTFE, teniendo cada una un espesor inicial de aproximadamente 34 μm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm³, para formar dos regiones de refuerzo que soportan una región espumada sobre ambos lados en una configuración intercalada. Un elastómero de silicona, SS-156 (Silicone Solutions, Ltd., Cuyahoga Falls, OH, EE. UU.) se seleccionó como elastómero y se mezcló con esferas poliméricas en expansión EXPANCEL 920 DU 20 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezclado de 10:01 en masa. La mezcla se empapó en ambas capas porosas de ePTFE y se estiró con un espacio para herramienta de 0,229 mm antes de tratarse térmicamente a 150 °C durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el material compuesto se curó a 110 °C durante 30 minutos.

Ejemplo 11

De acuerdo con un decimoprimer ejemplo, se formó una espuma elastomérica soportada usando dos capas porosas de ePTFE, teniendo cada una un espesor inicial de aproximadamente 8 μm y una densidad de aproximadamente 0,18 g/cm³, para formar dos regiones de refuerzo que soportan una región espumada sobre ambos lados en una configuración intercalada. Un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2661 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) se seleccionó como elastómero y se mezcló con una combinación de esferas poliméricas en expansión EXPANCEL 951 DU 120 y EXPANCEL 920 DU 40 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezclado de 10:01 en masa. La relación de 951 DU 120 respecto a 920 DU 40 fue de 1:2 en masa. La mezcla se empapó en la capa porosa de ePTFE y se estiró con un espacio para herramienta de 0,178 mm antes de tratarse térmicamente a 150 °C durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el material compuesto se curó a 100 °C durante 60 minutos.

Ejemplo 12

De acuerdo con un decimosegundo ejemplo, la espuma elastomérica soportada se formó usando dos capas porosas de ePTFE, teniendo cada una un espesor inicial de aproximadamente 34 μm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm³, para formar dos regiones de refuerzo que soportan una región espumada sobre ambos lados en una configuración intercalada. Un elastómero de silicona, SS-2600 (Silicone Solutions, Ltd., Cuyahoga Falls, OH, EE. UU.) se seleccionó como elastómero, que incluye un agente espumante premezclado. La mezcla se empapó en ambas capas porosas de ePTFE y se estiró con un espacio para herramienta de 1,321 mm. Se dejó que el conjunto de colada formara espuma y se curara a temperatura ambiente durante 120 minutos.

Ejemplo 13

De acuerdo con un decimotercer ejemplo, se formó una espuma elastomérica soportada usando dos capas porosas de ePTFE, teniendo cada una un espesor inicial de aproximadamente 34 μm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm³, para formar dos regiones de refuerzo que soportan una región espumada sobre ambos lados en una configuración intercalada. Un elastómero de fluorosilicona, FL 60-9201 (Dow Corning Co., Auburn, MI, EE. UU.) se seleccionó como elastómero y se mezcló con esferas poliméricas en expansión EXPANCEL 920 DU 20 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezclado de 10:01 en masa. Se añadió metil etil cetona (MEK) a la mezcla de elastómero y agente espumante como disolvente, llevando la mezcla al 17 % de MEK en peso, con el fin de disminuir la viscosidad de la mezcla y facilitar el proceso de impregnación de los poros del sustrato. La mezcla se empapó en ambas capas porosas de ePTFE y se estiró con un espacio para herramienta de 0,229 mm y, a continuación, se dejó secar durante 2 minutos antes de tratarse térmicamente a 150 °C durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el material compuesto se curó a 100 °C durante 60 minutos.

Ejemplo 14

De acuerdo con un decimocuarto ejemplo, la espuma elastomérica soportada se formó usando una única capa porosa

de ePTFE que tenía un espesor inicial de aproximadamente 34 μm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm³, para formar una región de refuerzo que soporta una región espumada sobre un lado. Un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2618 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) se seleccionó como elastómero y se mezcló con una combinación de esferas poliméricas en expansión EXPANCEL 951 DU 120 y EXPANCEL 920 DU 40 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezclado de 10:01 en masa. La relación de 951 DU 120 respecto a 920 DU 40 fue de 1:2 en masa. La mezcla se empapó en la capa porosa de ePTFE y se estiró con un espacio para herramienta de 0,178 mm antes de tratarse térmicamente a 150 °C durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el material compuesto se curó a 100 °C durante 60 minutos. Se aplicó adhesivo al lado de soporte del material compuesto después de curar la matriz de elastómero. Se aplicaron puntos circulares del adhesivo sensible a la presión de silicona PSA-16 (Silicone Solutions, Ltd., Cuyahoga Falls, OH, EE. UU.) como líquido a la cara del material compuesto y, a continuación, se curaron usando calor. El adhesivo líquido se mezcló a una relación de base:catalizador de 16:1, se aplicó al material compuesto y, a continuación, se calentó hasta 150 °C durante aproximadamente dos minutos para curarlo.

Se han descrito anteriormente diversos ejemplos de espumas elastoméricas soportadas con referencia a los Ejemplos 1-14. Cualquiera de los ejemplos analizados anteriormente se puede combinar con materiales adhesivos, tales como adhesivos de puntos, adhesivos impresos o películas adhesivas para fomentar la unión a las superficies. Las espumas elastoméricas de ejemplo se sometieron a ensayo de acuerdo con los métodos de ensayo a los que se hace referencia a continuación para determinar los atributos físicos, tales como espesores y densidades de partes, criterios de rendimiento, tales como compresibilidad (es decir, esfuerzo por compresión a diferentes tensiones aplicadas), y características estructurales internas, tales como la relación del espesor de la capa porosa respecto al espesor total de la estructura (porcentaje de soporte). Las métricas de rendimiento seleccionadas para los ejemplos a los que se hace referencia se analizan a continuación con referencia a las Tablas 1-4.

MÉTODOS DE ENSAYO

Espesor, densidad y porcentaje de compresión

A fin de someter a ensayo las métricas físicas de espesor, densidad y porcentaje de compresión, se llevaron a cabo los siguientes procedimientos. En primer lugar, cada muestra de espuma elastomérica soportada se cortó con un punzón hasta 2,263 cm de diámetro, se pesó en una balanza de precisión y, a continuación, se colocó sobre una platina en un analizador mecánico dinámico INSTRON 5565 (Instron Tool Works, Inc., MA, EE. UU.). Se colocó un disco de compresión de 1,786 cm de diámetro sobre la parte superior de la muestra. Se inició un ensayo de tensión-esfuerzo por compresión donde el cabezal del analizador se mueve a una velocidad de esfuerzo de 0,06 mm/min hasta que alcanza una carga de 0,74 N. Junto con la masa y el tamaño del disco de compresión, esto dio como resultado una presión sobre la muestra de 3,45 kPa. El espesor de la muestra se extrajo a 0,48 kPa, que está justo por encima del umbral de ruido de la celda de carga. Mediante el uso de este espesor y la masa medida anteriormente, se calculó la densidad de cada muestra. Una vez que el analizador alcanzó 0,74 N, este continuó comprimiendo la muestra a una velocidad de esfuerzo de 0,6 mm/min, al tiempo que capturaba datos de carga en su celda de carga para crear una curva de tensión-esfuerzo. Los esfuerzos por compresión de la muestra se extrajeron a una presión de 1 MPa y 16 MPa para representar esta curva.

Porcentaje de soporte

El espesor relativo de cada región de refuerzo, con respecto al espesor total, se midió mediante inspección visual de un corte transversal de la espuma elastomérica soportada, de acuerdo con los siguientes procedimientos. Cada muestra se cortó con una cuchilla de afeitar de acero sumergida en nitrógeno líquido en un esfuerzo por preservar la superficie en corte transversal. Estas muestras cortadas se montaron en un adhesivo y se colocaron en un SEM para su medición. Se midieron el espesor total de cada muestra y el espesor total de cada capa de soporte. El porcentaje de soporte se calculó mediante la división del espesor de cada región de refuerzo por el espesor total de cada muestra. El tamaño de los huecos producidos en la región espumada de cada muestra se puede determinar mediante una inspección visual de la superficie en corte transversal, en la que las áreas de corte transversal de los huecos seleccionados son visibles.

Histéresis

Cada muestra se cortó con un punzón hasta un diámetro predeterminado de aproximadamente 8 mm y se colocó sobre una platina en un analizador mecánico dinámico RS17 (TA Instruments, New Castle, DE, EE. UU.). Las muestras se "cargaron" mediante su compresión hasta un esfuerzo diana (descrito a continuación), al tiempo que se medía la tensión para generar una curva de carga de tensión-esfuerzo. A continuación, las muestras se "descargaron" mediante la elevación del disco de compresión de nuevo a su localización original, al tiempo que se medía la tensión para generar una curva de descarga de tensión-esfuerzo. Típicamente, las curvas de descarga midieron una tensión nula o insignificante a un esfuerzo nominal antes de que se alcanzara el 0 por ciento de esfuerzo. La cantidad de esfuerzo por compresión todavía aplicada a una muestra cuando ya no había tensión por compresión durante la curva de descarga se extrajo como una métrica para la muestra. La deformación por compresión se calcula tomando esta métrica de esfuerzo de descarga y dividiéndola por el esfuerzo por compresión de pico en la muestra. La diferencia

de energía total en las curvas de carga y descarga se usó como indicación de la cantidad de energía mecánica que puede ser almacenada y devuelta por cada muestra en lugar de perderse durante la compresión cíclica como calor. La energía mecánica total en cada curva de carga se calculó aproximando la integral definida entre el 0 por ciento de esfuerzo y el esfuerzo de pico alcanzado por la muestra. La energía mecánica total en cada curva de descarga se calculó aproximando la integral definida entre el esfuerzo de pico alcanzado por la muestra y el esfuerzo al que se alcanzó la tensión nula (la deformación por compresión). El porcentaje de energía de esfuerzo mantenida se calculó tomando la integral de la curva de descarga y dividiéndola por la integral de la curva de carga.

Relajación de la tensión

Cada muestra se cortó con un punzón hasta un diámetro predeterminado de aproximadamente 8 mm y se colocó sobre una platina en el analizador mecánico dinámico RS17 (TA Instruments, New Castle, DE, EE. UU.). Cada muestra se comprimió hasta un esfuerzo diana, al tiempo que se medía dinámicamente el módulo del material. Al tiempo que se mantenía en este esfuerzo diana, el módulo del material se controló continuamente durante un periodo de tiempo predeterminado antes de descargar la muestra. El porcentaje de esfuerzo retenido se calculó mediante la división del módulo medido cinco minutos después de que se alcanzara el esfuerzo diana por el módulo medido en el momento en que se alcanzó el esfuerzo diana.

Intrusión de líquidos /sellado y aumento de peso

Cada muestra de entrada se cortó con un troquel en una prensa hasta una forma cuadrada con un orificio centrado. Esta muestra cortada se pesó y se capturó como una masa antes de la inmersión. Cada muestra cortada se comprimió entre una placa de acero inoxidable y una placa de plexiglás pulido que tenía las mismas dimensiones de área que la muestra. Cada apilamiento se mantuvo unido con un perno de máquina y una contratuerca. El porcentaje de compresión en cada muestra se calculó mediante la comparación de la medición micrométrica de la altura de apilamiento sin una muestra con la medida con una muestra comprimida y sin comprimir. Una vez que se alcanzaron los porcentajes de compresión diana, cada apilamiento se sumergió hasta el lado de la placa de vidrio en combustible de aviación JP8 y se fotografió desde arriba a través del vidrio para inspeccionar visualmente la penetración de fluido durante un periodo de 20 horas. Después de este periodo, las muestras se retiraron de la interfaz empennada, el líquido de la superficie se secó suavemente con una toalla de papel y la muestra se pesó de nuevo y se capturó como una masa después de la inmersión. El % de aumento de peso es el % de diferencia en la masa de la muestra después de la inmersión y antes de la inmersión. A continuación, se estima la tensión en el sello de entrada mediante la comparación del porcentaje de compresión con la relación tensión-esfuerzo descrita anteriormente.

DATOS DEL ENSAYO

La Tabla 1 se refiere a las características estructurales de cada ejemplo respectivo de los Ejemplos 1-14 analizados anteriormente. Se obtuvieron espesores y densidades de ejemplo a una presión convencional aplicada de aproximadamente 0,5 kPa, junto con ejemplos comparativos que incluyen el Ejemplo Comparativo 1: un sellador líquido de polisulfuro PR-1782 B2 (PPG Industries, Inc., Pittsburgh, PA, EE. UU.); el Ejemplo comparativo 2: un sellador de fluorosilicona FLUOROSILICONE 50A que tiene una dureza Shore-A de durómetro 50, nominalmente de 1 mm de espesor; y el Ejemplo comparativo 3: una simple membrana de ePTFE INTERTEX ePTFE disponible como pieza n.º SQ-S PTFE Sheet Gasket, con 0,5 mm de espesor (Inertech, Inc., Monterey Park, CA, EE. UU.). Los Ejemplos comparativos se denominan EC-1, EC-2 y EC-3.

Tabla 1: Características estructurales de los Ejemplos 1-14 y Ejemplos comparativos

Ejemplo	Espesor (mm)	Densidad (g/cm ³)	Compresión a 1 MPa (%)	Compresión a 16 MPa (%)	% de región de refuerzo frente al espesor total
1	1,400	0,68	37	N/D	3 %
2	0,455	0,63	18	46	12 %
3	0,310	0,62	28	48	17 %
4	0,717	0,30	48	N/D	9 %
5	1,420	0,44	44	N/D	3 %
6	0,295	0,55	29	51	4 %
7	1,850	0,62	42	71	5 %
8	0,246	0,66	21	44	5 %
9	0,446	0,66	16	47	27 %
10	0,350	0,35	37	55	35 %
11	0,395	0,38	48	71	2 %
12	1,089	0,54	29	N/D	5 %

Ejemplo	Espesor (mm)	Densidad (g/cm ³)	Compresión a 1 MPa (%)	Compresión a 16 MPa (%)	% de región de refuerzo frente al espesor total
13	0,335	0,65	18	31	24 %
14	0,310	0,62	28	48	17 %
EC-1	0,134	0,88	5	8	N/D
EC-2	1,090	1,02	4	N/D	N/D
EC-3	0,555	0,60	5	51	N/D

Tal como se muestra en la Tabla 1, las espumas elastoméricas soportadas de ejemplo variaban en espesor de aproximadamente 246 µm a aproximadamente 1,85 mm y toleraron esfuerzos por compresión de aproximadamente el 16 al 48 % (a 1 MPa) o de aproximadamente el 31 al 71 % (a 16 MPa), lo que indicaba un alto grado de compresibilidad de las espumas de ejemplo y la capacidad para ajustar la compresibilidad con la composición del material. De acuerdo con las realizaciones, las espumas elastoméricas soportadas se pueden comprimir de aproximadamente el 20 % al 80 % (a 16 MPa). En la Tabla 1, "N/D" indica una muestra que comenzó a deformarse plásticamente o a presentar signos de daños a 16 MPa. Se prepararon capas de sellador comparativas formadas por materiales alternativos (es decir, selladores líquidos, una capa de ePTFE) dentro del mismo intervalo aproximado de espesores, pero, notablemente, estos selladores comparativos no presentaron esfuerzos por compresión comparables a los valores de compresión en el intervalo de 1 MPa. El Ejemplo comparativo de fluorosilicona, EC-1, que es una lámina de elastómero completamente densa, solo comprime el -4 % con carga, por lo tanto, no puede tener un buen intervalo de trabajo. El Ejemplo comparativo EC-2 de polisulfuro, de manera similar, se comprimió solo el -8 % a 16 MPa, por lo que también tiene un intervalo de trabajo bajo. El Ejemplo comparativo EC-3 de ePTFE se comprime mucho más que los Ejemplos comparativos de fluorosilicona o polisulfuro al 51 % a 16 MPa. Sin embargo, el Ejemplo comparativo de ePTFE adopta una deformación por compresión del 48 % (véase la Tabla 2), lo que indica una recuperación deficiente después de la compresión.

La Tabla 2 se refiere a los valores de histéresis para la recuperación de esfuerzo para muestras seleccionadas, incluyendo el porcentaje de energía de esfuerzo mantenida y el porcentaje de deformación por compresión después de la compresión a entre el 25 % y el 30 % de esfuerzo. El % de energía de esfuerzo retenida es una medida de cuánta fuerza de retorno confiere el material compuesto, al tiempo que se recupera, en comparación con la cantidad usada para deformar inicialmente el material compuesto, y se calcula basándose en el área bajo una curva de tensión-esfuerzo obtenida durante la descarga de la muestra, en comparación con el área bajo una curva de tensión-esfuerzo obtenida durante la carga de la muestra. Específicamente, el % de energía de esfuerzo retenida se puede definir como la energía de esfuerzo medida durante la descarga de la muestra (después de la deformación), dividido por la energía de esfuerzo medida durante la carga inicial de la muestra. La deformación por compresión es una medida de la deformación permanente de una muestra después de un esfuerzo aplicado y se mide mediante la medición del esfuerzo final después de descargar completamente la muestra y la división de este valor por la deflexión original o el esfuerzo de pico.

Tabla 2: Valores de histéresis para ejemplos seleccionados

N.º de Ejemplo	Curva de histéresis: % de energía de esfuerzo mantenida	Curva de histéresis: % de deformación por compresión (% de deformación permanente)
1	68 %	21 %
3	61 %	23 %
5	68 %	24 %
6	59 %	21 %
7	70 %	11 %
11	53 %	17 %
13	78 %	44 %
EC-1	63 %*	29 %*
EC-2	92 %*	14 %*
EC-3	92 %*	48 %*

Tal como se muestra en la Tabla 2, la mayoría de las espumas elastoméricas soportadas sometidas a ensayo lograron una recuperación casi completa después de la compresión, con deformaciones por compresión del orden del 11-24 % (basándose en el % de esfuerzo aplicado) para la mayoría de los Ejemplos, y al 44 %, en el caso del Ejemplo 13. El Ejemplo 13 tiene un espesor de la región de refuerzo mayor que las otras muestras enumeradas en la Tabla 2 y se diferencia de los otros ejemplos por tener regiones de refuerzo parcialmente empapadas (llenadas a aproximadamente el 20-60 %) en lugar de regiones de refuerzo completamente empapadas. En este caso, "*" indica un esfuerzo aplicado

mayor de o igual al 30 %. Los Ejemplos comparativos demostraron deformaciones por compresión del 14 % (fluorosilicona) al 48 % (capa de ePTFE). En particular, el EC-1 y el EC-2 son selladores de caucho que deben tener buenas propiedades de deformación por compresión. Los valores de los Ejemplos comparativos de caucho demostraron deformaciones por compresión del 14 % (fluorosilicona) al 29 % (polisulfuro), lo que indica que las espumas de elastómero soportadas se comportaron al menos de manera comparable o mejor que los selladores de caucho de ejemplo comparativo en términos de deformación por compresión. El Ejemplo comparativo de ePTFE, EC-3, presenta propiedades de deformación por compresión menos satisfactorias que los selladores de caucho de ejemplo comparativo, demostrado como el 48 %, pero se comprime significativamente más que el EC-1 y el EC-2, demostrando el 51 % de compresión a 16 MPa (véase la Tabla 1). Las espumas elastoméricas soportadas combinan las propiedades deseables de los selladores de caucho y los selladores de ePTFE, demostrando buenas propiedades de deformación por compresión y la capacidad de comprimir a altos esfuerzos. Por tanto, las espumas elastoméricas de ejemplo presentan un buen comportamiento de deformación por compresión, al tiempo que presentan un intervalo de compresión excelente. La alta energía de esfuerzo retenida, tal como se muestra en los Ejemplos, sugiere que estos elaborarían buenos sellos dinámicos porque se recuperan bien (tal como lo indica la baja deformación por compresión), manteniendo al mismo tiempo una buena fuerza de retorno (necesaria para el sellado) durante esa recuperación. Por tanto, estos valores para la energía de esfuerzo retenida sugieren que las espumas elastoméricas de ejemplo mantendrían una buena integridad de sellado a lo largo del tiempo.

La Tabla 3 se refiere al porcentaje de tensión retenida en muestras seleccionadas después de un periodo de relajación de cinco minutos durante un esfuerzo constante. El esfuerzo mantenido en las muestras fue entre el 18 % y el 25 % de esfuerzo, excepto para los Ejemplos seleccionados indicados por **, a los que se aplicaron esfuerzos menores (p. ej., menos del 16 % de esfuerzo). Este valor se obtuvo mediante la medición del módulo de cada muestra inmediatamente después de la aplicación del esfuerzo de pico y en un periodo de tiempo posterior y la división del módulo a los 5 minutos después del esfuerzo de pico por el módulo en el momento del esfuerzo de pico.

Tabla 3: Relajación de la tensión

N.º de Ejemplo	% de tensión retenida
1	62 %
2	83 %
3	83 %
4	58 %
5	68 %
6	82 %
7	54 %
8	95 %*
9	94 %*
10	71 %
11	45 %
12	79 %
13	82 %*

Cabe señalar que * indica un esfuerzo de la muestra menor de o igual al 16 %. Tal como se muestra en la Tabla 3, las espumas elastoméricas soportadas de ejemplo retuvieron, típicamente, un alto porcentaje de fuerza de retorno durante la compresión constante, tal como lo indican las relaciones de retención de tensiones del orden del 45 al 95 %. Esta retención de la fuerza de retorno es muy importante para los conjuntos sujetados y, por ejemplo, podría estar relacionada con un mayor par retenido en los pernos y una mayor presión de compresión retenida en los remaches a lo largo del tiempo.

La Tabla 4 se refiere a la capacidad de sellado comprimido y el aumento de peso de las espumas elastoméricas soportadas seleccionadas contra la entrada de combustible de aviación en una celda protegida por las espumas elastoméricas soportadas, para los ejemplos seleccionados. Las espumas elastoméricas soportadas de ejemplo se cargaron en una celda que incluía una parte superior transparente y se comprimieron hasta una presión nominal para lograr un esfuerzo de menos del 15 %. A continuación, las muestras se introdujeron en una solución teñida de combustible JP8 y se evaluaron visualmente para determinar la penetración del combustible de aviación en la espuma cargada y, a continuación, se tomaron muestras para determinar el aumento de peso (de combustible de aviación).

Tabla 4: Aumento de peso y entrada de combustible de aviación

N.º de Ejemplo	% de aumento de peso de combustible de aviación en inmersión comprimida	Esfuerzo aplicado que evita la entrada de combustible de aviación	Tensión estimada en el sello de entrada (MPa)
2	0,6 %	10,0 %	0,59
9	0,6 %	11,5 %	0,88
14	-1,6 %	13,7 %	0,11

Se usó combustible de aviación como líquido de trabajo práctico para demostrar la eficacia de las realizaciones descritas anteriormente de espumas elastoméricas soportadas en el sellado de una interfaz de una sobrecarga de fluido agresiva. Tal como se muestra en la Tabla 4, las espumas elastoméricas de soporte representativas fueron eficaces para evitar la intrusión de líquidos con una absorción mínima del combustible de aviación a un esfuerzo aplicado relativamente bajo. En algunos casos, el aparato de ensayo se reinició en uno o dos esfuerzos aplicados secuencialmente descendentes, comenzando en un esfuerzo de aproximadamente el 15 %, y se sometió a ensayo hasta que se observó una entrada visible de combustible de aviación. Se observó un resultado de "pasa" cuando se observó una entrada visible mínima (es decir, <1 %) de JP8 después de 20 horas sumergido en JP8 teñido, lo que indica que la muestra seleccionada creó un sello de entrada al % de esfuerzo por compresión seleccionado. Las tensiones en cada muestra, al esfuerzo mínimo de la serie de esfuerzos sometidos a ensayo que lograron un sello de entrada, se enumeran con referencia al esfuerzo en el sello de entrada. Sin embargo, cada ejemplo también puede sellar a esfuerzos por debajo de la tensión/el esfuerzo mínimo sometido a ensayo que logró un resultado de "pasa". Los conjuntos de ensayo que incluían espumas elastoméricas soportadas de acuerdo con los Ejemplos 2 y 9 absorbieron solo una pequeña cantidad de combustible de aviación, lo que dio como resultado una absorción de aproximadamente el 0,6 % del peso de cada espuma elastomérica soportada. El conjunto de ensayo que usó la espuma elastomérica de soporte del Ejemplo 14 perdió realmente una pequeña cantidad de masa, probablemente debido a que uno o más puntos adhesivo entraran en contacto con el combustible de aviación en la periferia del conjunto de ensayo y perdieran masa debido a la degradación del adhesivo. Por tanto, la espuma elastomérica soportada del Ejemplo 2 creó un sello de entrada al combustible de aviación JP8 a un esfuerzo por compresión del 10 % o menos y una tensión por compresión de 0,59 MPa; la espuma del Ejemplo 9 creó un sello de entrada a un esfuerzo por compresión del 11,5 % o menos y a una tensión por compresión de 0,88 MPa; y la espuma del Ejemplo 14 creó un sello de entrada a un esfuerzo por compresión del 13,7 % o menos y a una tensión por compresión de 0,11 MPa.

Dependiendo de la espuma elastomérica soportada específica y otros factores estructurales, p. ej., la rugosidad de las superficies de la interfaz, etc., las espumas elastoméricas soportadas pueden evitar la entrada a esfuerzos desde un mínimo o inferiores al 10 %. En algunas realizaciones, las espumas elastoméricas se pueden deformar en una cantidad mayor de o igual al 50 %, 60 % o 70 %, dependiendo de la presión aplicada; y las espumas elastoméricas evitarán la entrada de líquidos a cualquier nivel adecuado de presión aplicada. Por tanto, las espumas elastoméricas soportadas se pueden hacer funcionar para sellar una interfaz en un intervalo de trabajo muy amplio, es decir, a esfuerzos que varían desde un mínimo o inferior al 10 % hasta más del 70 %.

EJEMPLOS DE ADHESIVOS

A fin de demostrar los beneficios del revestimiento adhesivo discontinuo para selladores, se crearon y sometieron a ensayo algunos ejemplos de selladores (incluyendo las espumas elastoméricas soportadas).

El Ejemplo 15 es un sellador formado por una espuma elastomérica soportada por una película de ePTFE. La espuma elastomérica soportada incluye dos regiones de refuerzo, una sobre cada cara, y un adhesivo sensible a la presión con un patrón de puntos sobre una de esas caras. Cada una de las dos regiones de refuerzo utiliza una capa de ePTFE porosa incrustada que tiene un espesor inicial de aproximadamente 16 µm y una densidad inicial de aproximadamente 0,28 g/cm³ elaborada por W. L. Gore and Associates. Un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2661 de Shin-Etsu (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) se seleccionó como elastómero y se mezcló con esferas poliméricas en expansión EXPANCEL 920 DU 20 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezclado de 6,7:01 en masa. La mezcla se empapó en ambas capas porosas de ePTFE y se estiró con un espacio para herramienta de 0,076 mm antes de tratarse térmicamente a 150 °C durante 10 minutos para activar el agente espumante y comenzar el curado del elastómero. A continuación, el material compuesto se trató térmicamente a 100 °C durante 60 minutos para completar el curado. Un patrón del adhesivo sensible a la presión de dos partes PSA-16 (Silicone Solutions, Ltd., Cuyahoga Falls, OH, EE. UU.) se aplicó usando una forma elaborada de una lámina de acero inoxidable de aproximadamente 0,025 mm de espesor con un patrón de orificios. El adhesivo sensible a la presión PSA-16 se preparó mediante el mezclado de las Partes A y B en una relación en masa de 16:01. El adhesivo PSA-16 mezclado se aplicó sobre la parte superior del acero y el material compuesto de espuma elastomérica soportada debajo del acero se recubrió selectivamente con el adhesivo líquido. A continuación, el material compuesto recubierto con adhesivo se trató térmicamente a 125 °C durante 75 minutos para curar el adhesivo. Este sellador de ejemplo se muestra en ambas FIG. 8 y 9; donde la FIG. 8 muestra una imagen de la superficie superior tomada con un aumento de 10X y la FIG. 9 muestra una imagen en corte transversal tomada con un aumento de 57X.

En el corte transversal, la muestra se cortó con una cuchilla de afeitar de acero sumergida en nitrógeno líquido en un esfuerzo por preservar la superficie en corte transversal. El patrón de adhesivo emplea "puntos" adhesivos que tienen diámetros de aproximadamente 0,97 mm, con un espaciado de borde a borde de cada punto al siguiente punto más cercano de aproximadamente 2,19 mm y teniendo cada punto adhesivo un espesor de aproximadamente 0,031 mm.

El Ejemplo 16 es un sellador formado por una espuma elastomérica soportada similar a la del Ejemplo 15, es decir, la espuma elastomérica soportada basada en SIFEL 2661, pero con una relación de mezclado en masa de 07:01 de SIFEL respecto al agente espumante EXPANCEL, con la misma geometría adhesiva, pero utilizando un adhesivo diferente. A diferencia del Ejemplo 15, que requirió tratamiento térmico para fijar el adhesivo, el Ejemplo 16 usa el adhesivo acrílico sensible a la presión de fijación por UV SP-7555 (3M Inc., St. Paul, MN, EE. UU.). El adhesivo acrílico sensible a la presión de fijación por UV del Ejemplo 16 se curó usando una fuente de luz UV de alta intensidad Dymax Bluewave 75 (Dymax, Inc., Torrington, CT, EE. UU.) a una distancia de 1,27 a 7,62 cm (de 0,5 a 3 pulgadas) de la cara del material compuesto durante al menos 30 segundos.

El Ejemplo 17 es un sellador formado usando una espuma elastomérica soportada similar y un adhesivo sensible a la presión como el del Ejemplo 15, es decir, la espuma elastomérica soportada basada en SIFEL 2661, con una geometría adhesiva diferente. En el Ejemplo 17, el adhesivo sensible a la presión PSA-16 se aplica en forma de cuadrados discontinuos poco espaciados, espaciados aproximadamente 4,24 mm y teniendo dimensiones de aproximadamente 1 mm.

De acuerdo con algunas realizaciones, se pueden aplicar adhesivos discontinuos a las capas de sellador comprimible aparte de las espumas elastoméricas soportadas. Por consiguiente, el Ejemplo 18 es un sellador formado a partir de la espuma Buna-N disponible en el mercado (acrilonitrilo butadieno), disponible a través de McMaster-Carr como pieza n.º 1887T32 (McMaster-Carr, Santa Fe Springs, CA, EE. UU.). En el Ejemplo 18, se usa una espuma de 1,5875 mm (1/16") con el mismo adhesivo y geometría adhesiva descritos anteriormente con respecto al Ejemplo 15, es decir, un patrón de adhesivo que emplea "puntos" adhesivos del adhesivo sensible a la presión PSA-16 que tiene diámetros de aproximadamente 0,97 mm, con un espaciado de borde a borde de cada punto al siguiente punto más cercano de aproximadamente 2,19 mm y teniendo cada punto adhesivo un espesor de aproximadamente 0,031 mm.

Se midió el rendimiento de los selladores de ejemplo de los Ejemplos 15 y 18 (que emplean regiones adhesivas discontinuas) en comparación con el rendimiento de los selladores de ejemplo comparativo con recubrimientos adhesivos continuos.

Los Ejemplos comparativos EC-4 y EC-5 muestran el rendimiento de referencia para los dos tipos de sellos usados en las muestras sometidas a ensayo, una espuma Sifel 2661 (EC-4) soportada con película y una espuma Buna-N (EC-5) sin recubrimientos adhesivos. El mejor resultado con el método descrito anteriormente es tener un % de cambio de masa ligeramente positivo después de la inmersión, lo que indicaría que nada del material compuesto se disolvió en la sobrecarga de fluido y penetró muy poco en el sello. El EC-4 muestra un valor del 0,3 %, que cumple con esta descripción. El EC-5 muestra un valor más alto del 16,4 %, lo que significa que una pequeña cantidad de la sobrecarga de fluido pudo penetrar en el sello, pero que el material no se disolvió.

Los EC-6 y EC-7 emplean construcciones similares a las del EC-4 y EC-5, respectivamente, con la adición de un recubrimiento adhesivo continuo. Estos ejemplos se pueden usar para evaluar cómo afectará la adición de una capa adhesiva continua a la capacidad del sello para limitar la entrada y caracterizar la cantidad de degradación del adhesivo. El Ejemplo comparativo EC-6 es un sellador formado por una espuma elastomérica soportada similar a la de los Ejemplos 15-17 y el EC-4, es decir, la espuma elastomérica soportada basada en SIFEL 2661, con una geometría adhesiva diferente. En el Ejemplo EC-6, el adhesivo PSA-16 se aplica en forma de un recubrimiento continuo que tiene un espesor de aproximadamente 0,025 mm.

El Ejemplo comparativo EC-7 es un sellador formado por una espuma Buna-N similar a la del Ejemplo 18 y el EC-5, con una geometría adhesiva diferente. En el Ejemplo EC-7, el adhesivo PSA-16 se aplica en forma de un recubrimiento continuo que tiene un espesor de aproximadamente 0,025 mm.

Los Ejemplos comparativos EC-6 y EC-7 incluyen un recubrimiento adhesivo continuo y muestran la diferencia entre el rendimiento de sellado del recubrimiento adhesivo continuo y discontinuo y la compatibilidad química. De manera notable, tanto el EC-6 como el EC-7 experimentan un cambio de masa negativo significativo después de la inmersión comprimida en JP-8, indicativa del ataque químico sobre el adhesivo continuo. Todos los Ejemplos que usan la espuma Sifel 2661 soportada con película usan una espuma similar a la descrita en el Ejemplo 15. Todos los Ejemplos que usan la espuma Buna-N usan la lámina de espuma Buna-N de 1,5875 mm (1/16") de espesor, número de pieza 1887T32 de McMaster-Carr. Todos los Ejemplos que usan el PSA de silicona PSA-16 usan una etapa de aplicación y curado similares a las descritas en el Ejemplo 15. Todos los Ejemplos que usan el adhesivo sensible a la presión acrílico de fijación por UV 3M SP-7555 usan una etapa de aplicación similar a la descrita en el Ejemplo 15, pero se curaron usando una fuente de luz UV de alta intensidad Dymax Bluewave 75 a una distancia 1,27 a 7,62 cm (de 0,5 a 3 pulgadas) desde la superficie durante al menos 30 segundos.

La Tabla 5 se refiere a el aumento de peso comprimido de espumas elastoméricas soportadas recubiertas con

adhesivo y espumas Buna-N seleccionadas contra la entrada de combustible de aviación en una celda protegida por las espumas, para los ejemplos seleccionados. Las espumas recubiertas con adhesivo de ejemplo se cargaron en una celda que incluía una parte superior transparente y se comprimieron hasta una presión nominal para lograr un esfuerzo por compresión de entre el 10 y el 25 %. A continuación, las muestras se introdujeron en una solución teñida de combustible JP8 y se tomaron muestras para determinar el aumento de peso (de combustible de aviación JP8).

Tabla 5: Ejemplos de adhesivos: Aumento de peso y entrada de combustible de aviación

N.º de Ejemplo	Descripción del sellador	Descripción del adhesivo	% de aumento de peso de combustible de aviación en inmersión comprimida
15	Espuma elastomérica soportada	Patrón de puntos circular apretado de PSA-16	-0,6 %
16	Espuma elastomérica soportada	Patrón circular apretado de PSA acrílico 3M SP-7555	Sin someter a ensayo
17	Espuma elastomérica soportada	Patrón cuadrado poco espaciado de PSA-16	Sin someter a ensayo
18	Espuma Buna-N	Patrón de puntos circular apretado de PSA-16	14,0 %
EC-4	Espuma elastomérica soportada	Sin recubrimiento adhesivo	0,3 %
EC-5	Espuma Buna-N	Sin recubrimiento adhesivo	16,4 %
EC-6	Espuma elastomérica soportada	Recubrimiento continuo de PSA-16	-13,6 %
EC-7	Espuma Buna-N	Recubrimiento continuo de PSA-16	-4,6 %

Se usó combustible de aviación como líquido de trabajo práctico para demostrar la eficacia de las realizaciones descritas anteriormente de regiones adhesivas con patrones discontinuos para resistir la degradación de una sobrecarga de fluidos agresiva. Cada uno de los dos tipos de sellos usados, es decir, la espuma elastomérica soportada y la espuma Buna-N, es estable en combustible de aviación JP8. El adhesivo sensible a la presión PSA-16 usado no es estable en el combustible de aviación JP8. Tal como se ha descrito anteriormente, en el caso de un recubrimiento continuo, el borde cortado del adhesivo está en contacto con el combustible y puede permitir que el combustible entre en la interfaz y degrade el adhesivo. En el caso de un patrón discontinuo de adhesivo, el cuerpo comprimible del sello se puede comprimir alrededor de cada región adhesiva y protegerla del ataque químico. Tal como se muestra en la Tabla 5, para la espuma elastomérica soportada, el Ejemplo 15 con el patrón de adhesivo discontinuo muestra una evidencia mínima de degradación del adhesivo con un aumento de peso del -0,6 %. Sin embargo, un sello similar con un recubrimiento adhesivo continuo, el Ejemplo EC-6, tiene un aumento de peso del -13,6 %, lo que sugiere significativamente una mayor degradación y entrada. De manera similar en las muestras de espuma Buna-N, el ejemplo de recubrimiento adhesivo continuo, el EC-7, mostró un aumento de peso significativamente más negativo que el Ejemplo 18 con un patrón de adhesivo discontinuo con el -4,6 % en comparación con el 14,0 %. Se realizó un ensayo de control en cada sustrato comprimible, es decir, tanto en la espuma Buna-N como en la espuma elastomérica soportada, en el que se realizó un ensayo de aumento de peso y de entrada de combustible de aviación usando solo cada sellador respectivo sin adhesivo. El ensayo de control de la espuma elastomérica tuvo un aumento de peso del 0,3 %. El ensayo de control de la espuma Buna-N tuvo un aumento de peso del 16,4 %. La Tabla 6 muestra los mismos resultados del ensayo de inmersión comprimida representados como datos normalizados para las muestras de control, los Ejemplos EC-4 y EC-5. Con ambos tipos de sellador, al añadir un patrón de puntos apretado de adhesivo, el valor del % de aumento de peso disminuye ligeramente, en el 0,9 % y el 2,4 % para la espuma elastomérica soportada y Buna-N, respectivamente, mostrando una ligera degradación de los puntos cerca de un borde cortado. Nuevamente, con ambos tipos de sellador, al añadir un recubrimiento continuo de adhesivo, el valor del % de aumento de peso disminuye drásticamente, en el 13,9 % y el 21,0 % para la espuma elastomérica soportada y Buna-N, respectivamente, mostrando que se produce una degradación significativamente mayor de un adhesivo continuo que de un adhesivo discontinuo con un patrón de puntos.

En el caso de ambos tipos de sellos (es decir, espuma elastomérica soportada y espuma Buna-N), al aplicar una capa continua de adhesivo que no sea químicamente estable en combustible de aviación, el % de cambio de masa es un valor significativamente negativo debido a que el adhesivo se disuelve al entrar en contacto con el combustible de aviación. Al aplicar el mismo adhesivo en un recubrimiento adhesivo discontinuo, la magnitud del % de cambio de masa disminuye en un grado significativo, dado que la mayoría de las regiones adhesivas están selladas del contacto con el combustible por el material de sellado conformable que es estable en el combustible de aviación. Los datos de compresión normalizados se proporcionan, a continuación, en la Tabla 6, que ilustra la diferencia en el cambio de masa entre materiales comparables con adhesivos discontinuos y continuos.

Tabla 6: Datos normalizados de inmersión comprimida

N.º de Ejemplo	Descripción del sellador	Descripción del adhesivo	Diferencia en el % de cambio de masa con respecto al ejemplo sin adhesivo
EC-4	Espuma elastomérica soportada	Recubrimiento sin adhesivo de PSA-16	0
15	Espuma elastomérica soportada	Patrón de puntos circular apretado de PSA-16	-0,9 %
EC-6	Espuma elastomérica soportada	Recubrimiento continuo de PSA-16	-13,9 %
EC-5	Espuma Buna-N	Recubrimiento sin adhesivo de PSA-16	0
18	Espuma Buna-N	Patrón de puntos circular apretado de PSA-16	-2,4 %
EC-7	Espuma Buna-N	Recubrimiento continuo de PSA-16	-21,0 %

5 La invención se ha descrito a continuación con detalle con fines de claridad y comprensión. Sin embargo, los expertos en la materia apreciarán que se pueden poner en práctica determinados cambios y modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

10 En la descripción anterior, con fines de explicación, se han establecido numerosos detalles con el fin de proporcionar una comprensión de diversas realizaciones de la presente divulgación. Resultará evidente para un experto en la materia, sin embargo, que se pueden poner en práctica determinadas realizaciones sin algunos de estos detalles o con detalles adicionales. Además, los materiales específicos y las propiedades de los materiales, tal como se describen con referencia a una realización (p. ej., las densidades de material, las porosidades, los espesores, los materiales alternativos, etc.) se pueden combinar o usar en lugar de los materiales descritos en otras realizaciones, excepto cuando esté explícitamente contraindicado.

15 Habiendo divulgado varias realizaciones, los expertos en la materia reconocerán que se pueden usar diversas modificaciones, construcciones alternativas y equivalentes sin alejarse del alcance de las reivindicaciones.

20 En los casos en los que se proporciona un intervalo de valores, se entiende que cada valor que interviene, hasta la fracción más pequeña de la unidad del límite inferior, a menos que el contexto indique claramente lo contrario, entre los límites superior e inferior de ese intervalo, también se divulga específicamente. Se incluye cualquier intervalo más estrecho entre cualquier valor indicado o valor intermedio no indicado en un intervalo indicado y cualquier otro valor indicado o intermedio en ese intervalo indicado. Los límites superior e inferior de esos intervalos más pequeños se pueden incluir o excluir de manera independiente en el intervalo y cada intervalo donde uno cualquiera, ninguno o ambos límites están incluidos en los intervalos más pequeños, también se incluye en la presente divulgación, sujeto a cualquier límite específicamente excluido en el intervalo indicado. Cuando el intervalo indicado incluye uno o ambos límites, también se incluyen los intervalos que excluyen uno cualquiera o ambos de esos límites incluidos.

30 Tal como se usa en el presente documento y en las reivindicaciones adjuntas, las formas singulares "un", "una" y "el/la" incluyen referencias en plural, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Asimismo, las palabras "comprender", "que comprende", "contiene", "que contiene", "incluir", "que incluye", e "incluye", cuando se usan en la presente memoria descriptiva y en las siguientes reivindicaciones, están destinadas a especificar la presencia de características, números enteros, componentes o etapas indicadas, pero estas no excluyen la presencia o adición de una o más características, números enteros, componentes, etapas, actos o grupos.

REIVINDICACIONES

1. Una espuma elastomérica soportada (100, 300, 400A, 400B, 502, 602, 702, 900, 1002), que comprende:
una matriz elastomérica (102, 402) que comprende un elastómero, y que comprende:
5 una región espumada (106, 308, 406, 506, 608, 708, 1006) que comprende una pluralidad de celdas llenadas de gas (108, 310, 312, 408, 508, 610, 710, 1008) definidas por el elastómero; y
una región de refuerzo (104, 304, 306, 404, 504, 604, 704, 902, 906, 1004) que comprende una capa porosa (204) que tiene una red interconectada de poros empapados al menos parcialmente con el elastómero, caracterizada por que la capa porosa (204) comprende una membrana de polímero porosa, una estera fibrosa
10 tejida, una estera fibrosa no tejida, un material tejido de fibra de vidrio o un material no tejido de fibra de vidrio.
2. La espuma de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la capa porosa está completamente empapada con el elastómero.
- 15 3. La espuma de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la región de refuerzo es una primera región de refuerzo y comprende, además, una segunda región de refuerzo que comprende una segunda capa porosa que tiene una segunda red interconectada de poros empapados al menos parcialmente con el elastómero, en donde la primera región de refuerzo se posiciona en un primer lado de la región espumada, y
20 la segunda región de refuerzo se posiciona en un segundo lado de la región espumada opuesto al primer lado.
4. La espuma de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la región de refuerzo está sustancialmente libre de celdas llenadas de gas.
- 25 5. La espuma de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el elastómero es un primer elastómero y la matriz elastomérica comprende, además, un segundo elastómero, en donde el primer y segundo elastómeros se mezclan para formar la matriz elastomérica.
6. La espuma de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde la capa porosa comprende uno de una película de fluoropolímero expandido, una película de politetrafluoroetileno expandido (ePTFE en inglés), un material tejido de poliéter éter cetona (PEEK en inglés) o un material de fibra de vidrio.
- 30 7. La espuma de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde la capa porosa comprende una película de ePTFE que tiene un espesor de aproximadamente 1 a 100 μm , preferentemente de 8 a 35 μm .
- 35 8. La espuma de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el elastómero comprende una silicona, una fluorosilicona, un perfluoropoliéter u otro fluoroelastómero.
9. La espuma de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la región espumada se forma a partir de uno de: una mezcla espumada que comprende el elastómero y un agente espumante, un agente espumante químico
40 añadido al elastómero o una mezcla espumada que comprende el elastómero y un agente espumante en seco activado por calor que comprende, opcionalmente, esferas poliméricas en expansión activadas por calor.
10. La espuma de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la espuma se comprime a un esfuerzo de hasta el 85 % con una tensión de 16 MPa.
- 45 11. La espuma de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la espuma presenta una deformación por compresión desde un mínimo o inferior al 11 % cuando se somete a un esfuerzo inicial del 25 %.
12. La espuma de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la espuma absorbe menos del 2,0 % en peso de combustible JP-8 cuando se sumerge durante 20 horas con una compresión desde un mínimo o inferior al
50 10 % de esfuerzo.
13. La espuma de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, un patrón de regiones adhesivas discontinuas conectadas con al menos una de una primera superficie o una segunda superficie de la matriz elastomérica, en donde la matriz elastomérica se puede hacer funcionar para adaptarse alrededor de las regiones
55 adhesivas para evitar la entrada de fluido a través de las regiones adhesivas cuando la espuma elastomérica se comprime en una dirección perpendicular a la primera o segunda superficie.
14. Una junta de sellado en seco o arandela de sellado en seco que comprende la espuma de cualquiera de las
60 reivindicaciones anteriores.
15. Un método para formar una espuma selladora en seco, comprendiendo el método:
proporcionar una capa porosa que comprende una red interconectada de poros, en donde la capa porosa
comprende una membrana polimérica porosa, una estera fibrosa tejida, una estera fibrosa no tejida, un material
65 tejido de fibra de vidrio o un material no tejido de fibra de vidrio;
colar una mezcla líquida de un elastómero y un agente espumante con la capa porosa, posicionar la capa porosa

en un primer lado de la mezcla líquida, de tal manera que la mezcla líquida humedezca la capa porosa; activar el agente espumante para crear una pluralidad de celdas cerradas llenadas de gas en la mezcla líquida; y curar el elastómero para formar una matriz elastomérica que contiene una región de refuerzo que incluye la capa porosa en donde la capa porosa está al menos parcialmente empapada con el elastómero y una región espumada que contiene la pluralidad de celdas llenadas de gas cerradas.

5

FIG. 1

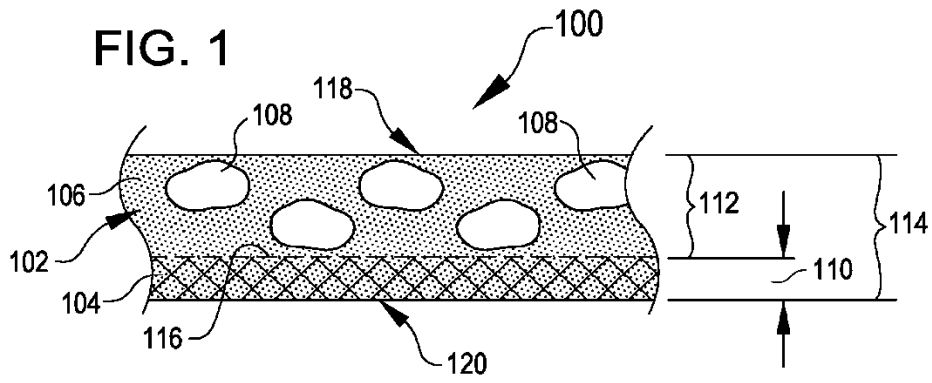


FIG. 2

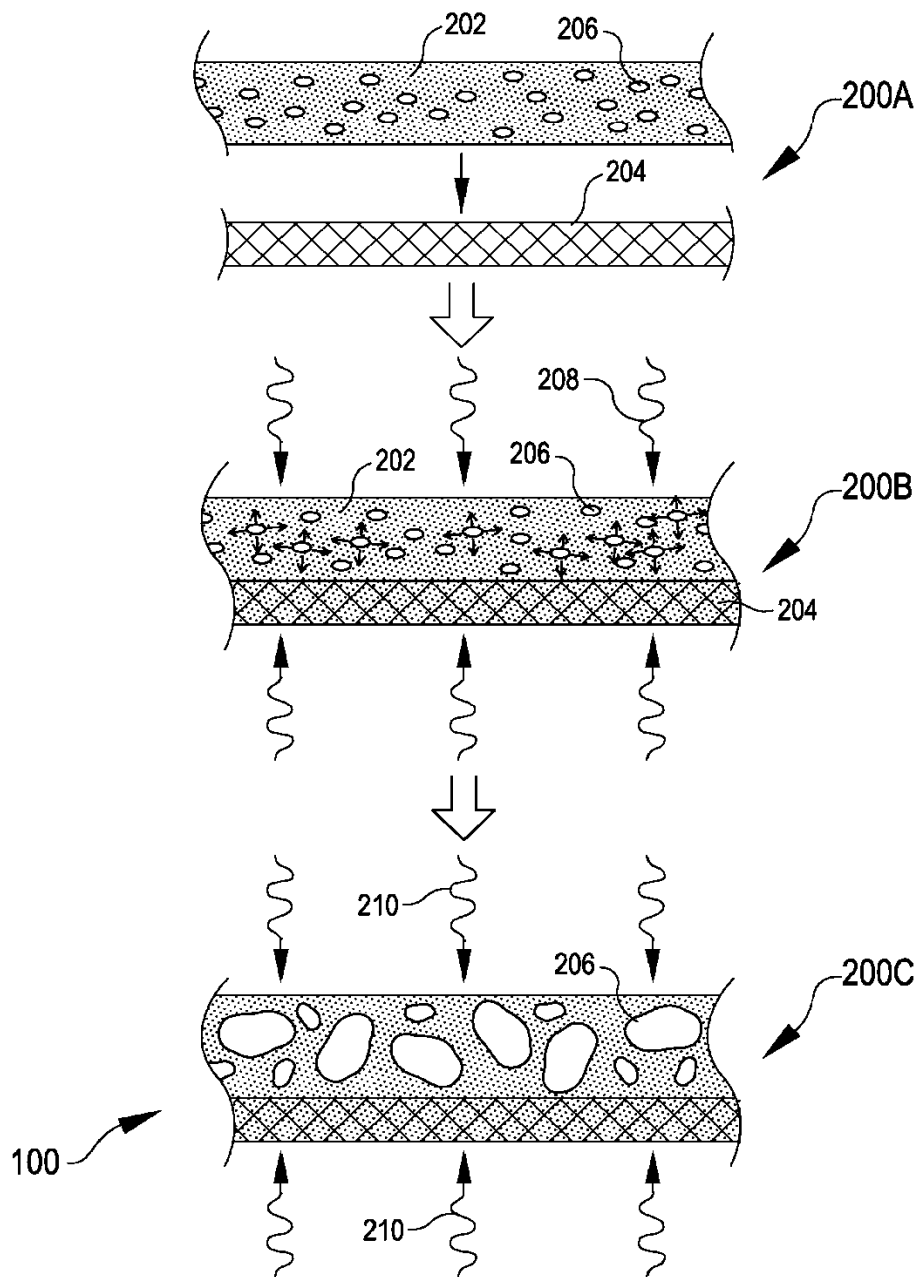


FIG. 3

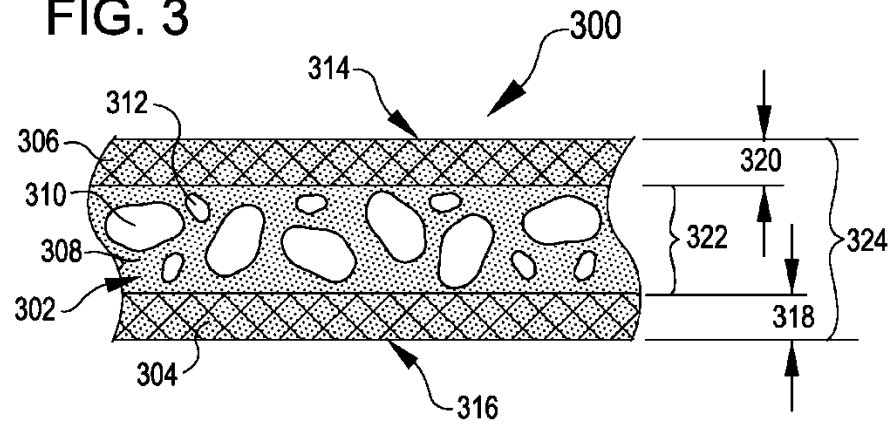


FIG. 4A

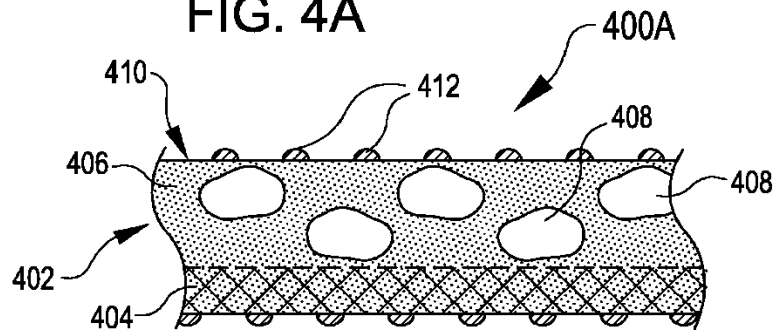


FIG. 4B

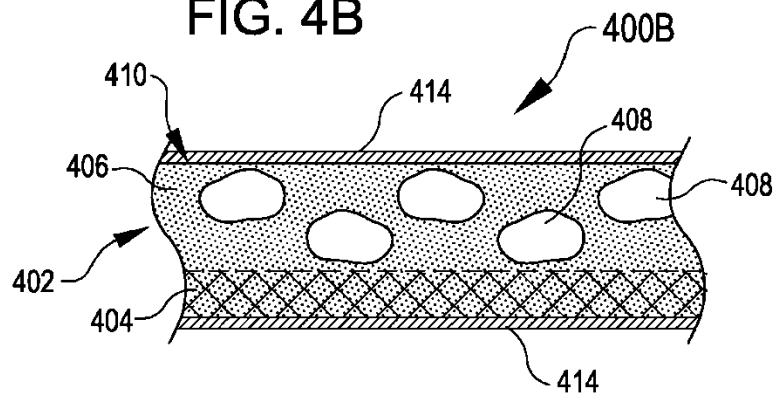


FIG. 5

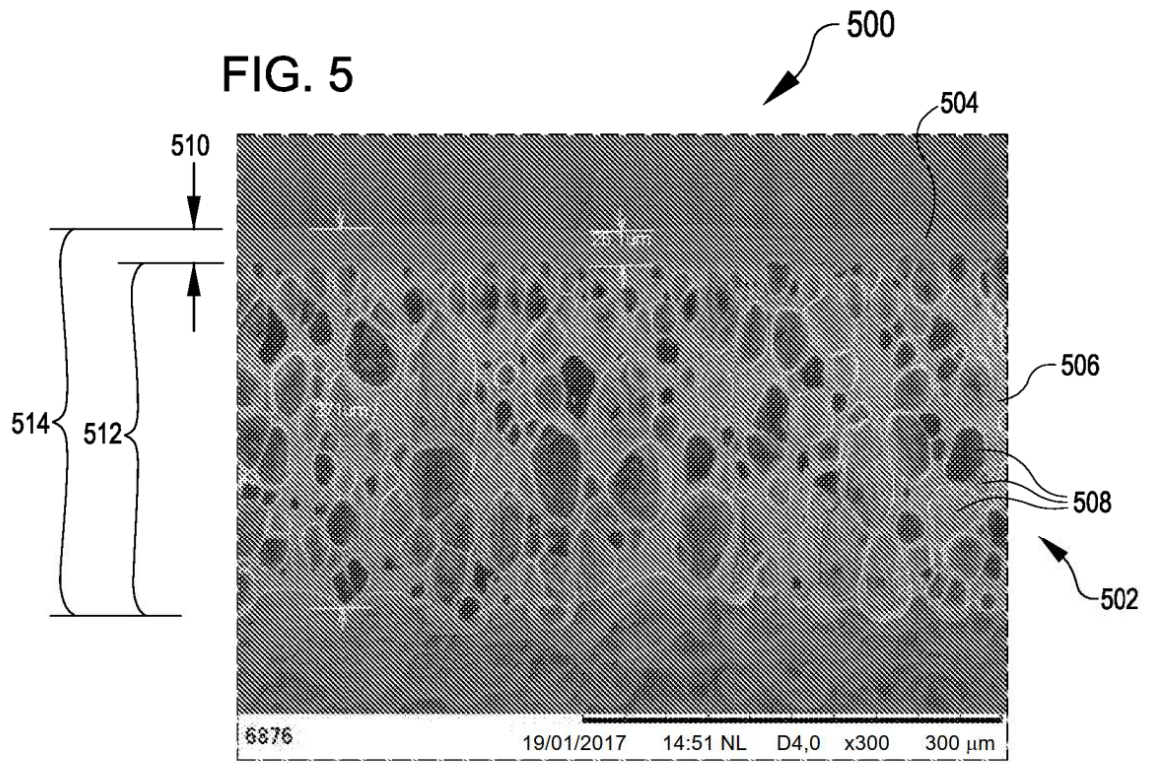
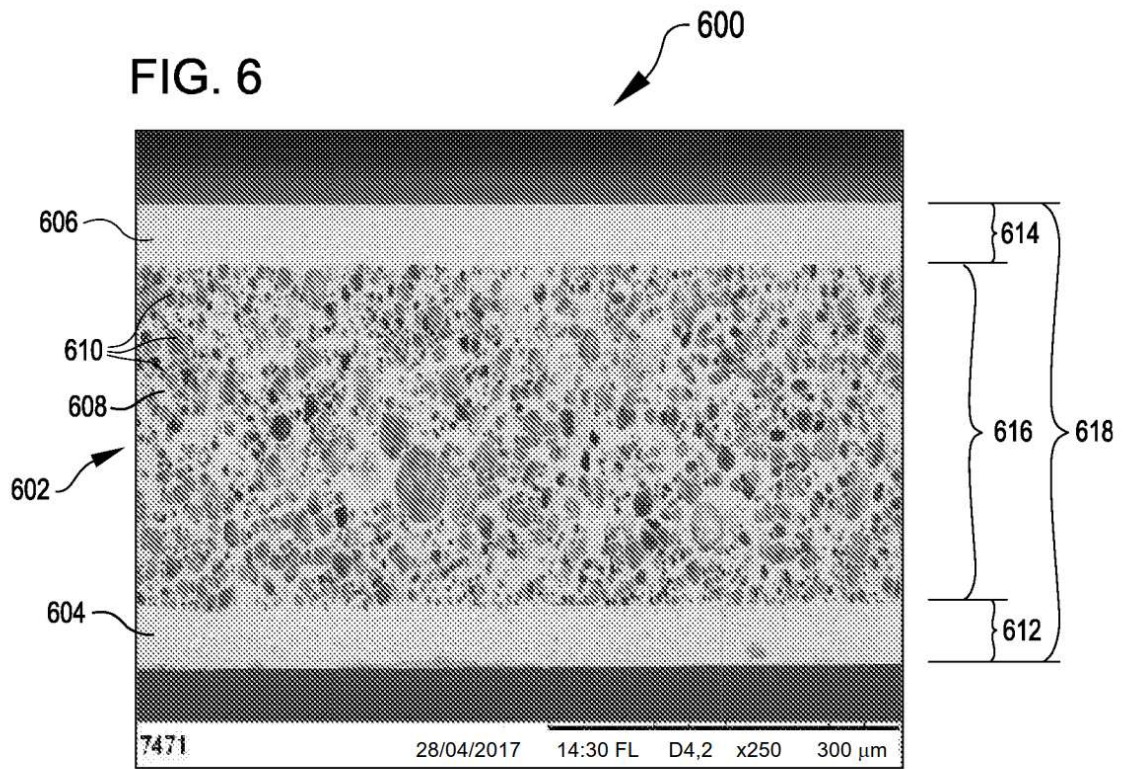


FIG. 6



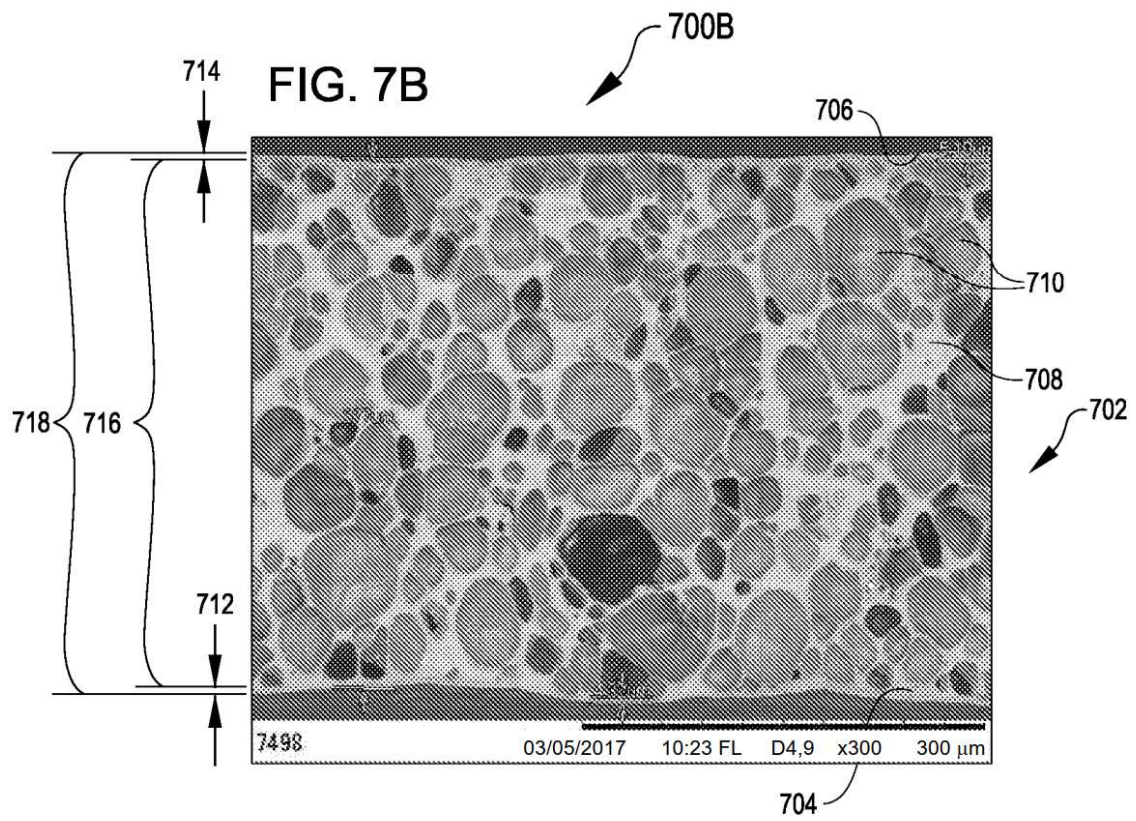
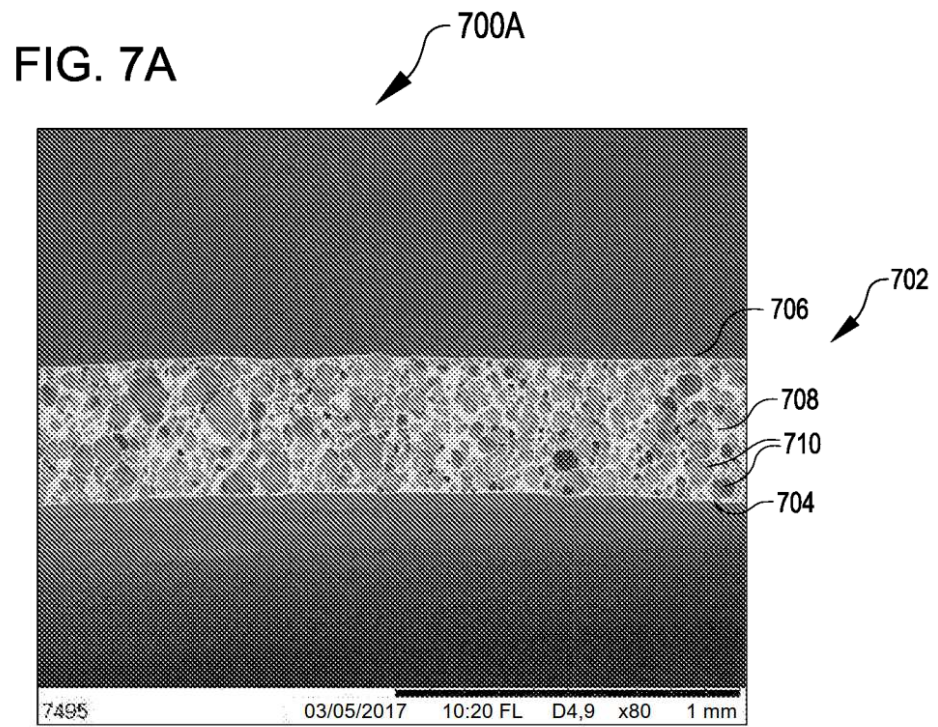


FIG. 8

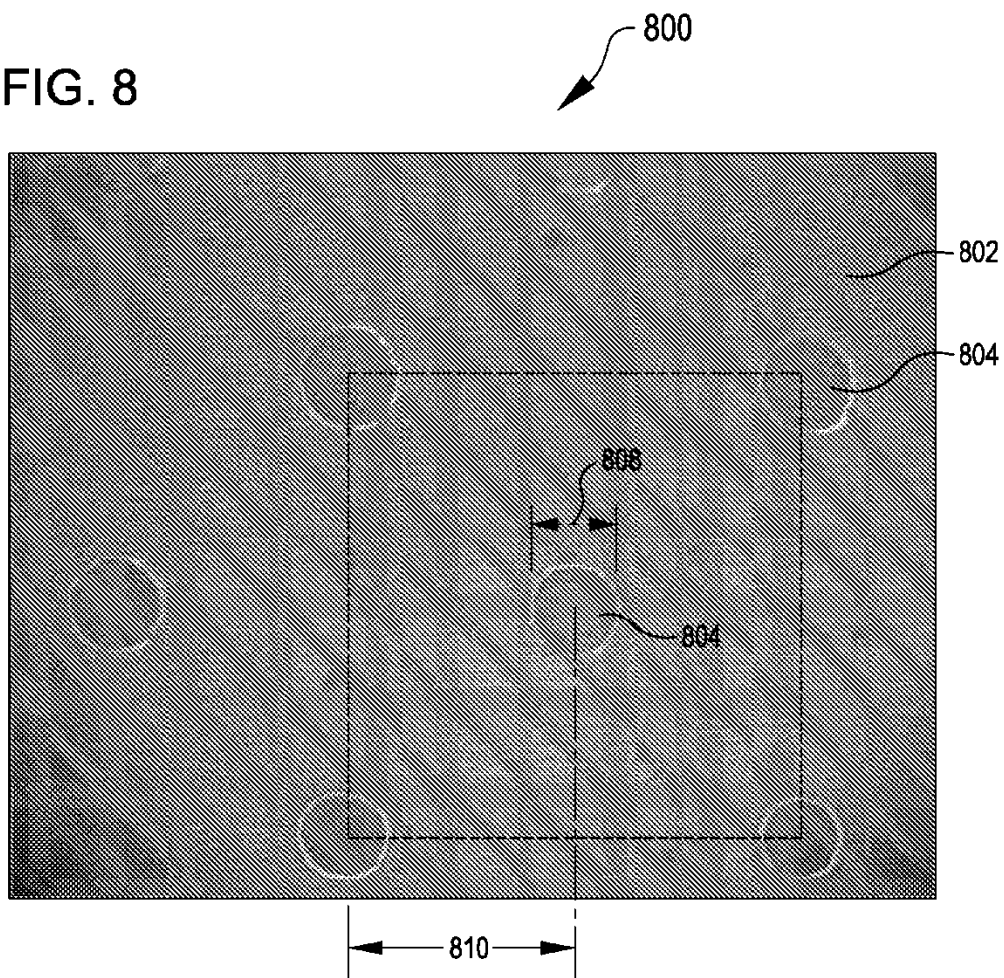


FIG. 9

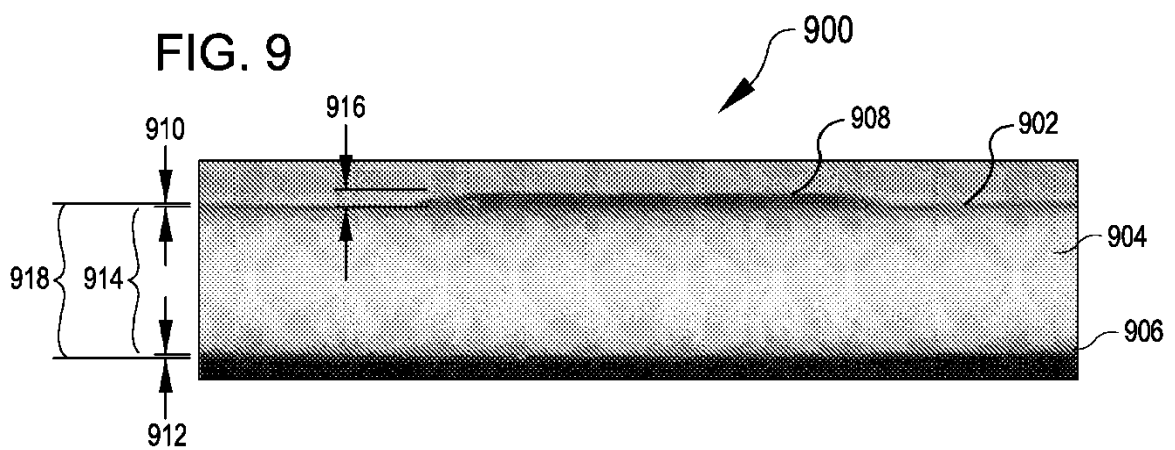


FIG. 10

