(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 898 927**

(51) Int. CI.:

F16J 15/10 (2006.01)
F16J 15/02 (2006.01)
F16J 15/06 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.06.2018 PCT/US2018/037910**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **20.12.2018 WO18232347**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2018 E 18733778 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.10.2021 EP 3638929**

(54) Título: **Espumas elastoméricas soportadas y procesos para realizar las mismas**

(30) Prioridad:

15.06.2017 US 201762520421 P
04.10.2017 WO PCT/US2017/055111

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.03.2022

(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

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 realizar las mismas

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.

Antecedentes

Muchas industrias emplean selladores para evitar la intrusión de líquidos entre elementos físicos en productos o estructuras. Los selladores comunes incluyen pinturas, masilla, materiales poliméricos, juntas tóricas y juntas al uso o similares, y varían según la aplicación específica. La industria aérea, en particular, emplea selladores para proteger diversas superficies de contacto con el fin de evitar la corrosión y la degradación de la superficie, por ejemplo, debido a la intrusión de agua o productos químicos.

El documento US 2004/0142149 da a conocer un material de aislamiento compuesto. El material de aislamiento compuesto incluye un componente de espuma sintáctica y una pluralidad de insertos de aerogel. También se da a conocer un método para realizar un material de aislamiento compuesto, así como un método para mejorar la flexibilidad de un material sólido.

El documento US 4.999.931 da a conocer un amortiguador que puede usarse como plantilla o como entresuela para un artículo de calzado. El amortiguador comprende una membrana de múltiples celdas que puede estar incrustada en una envoltura flexible o que puede usarse por sí misma como una plantilla o entresuela de membrana de múltiples celdas de una única pieza.

El documento internacional WO 03/037125 da a conocer una bota antiminas terrestres que comprende una parte superior con una plantilla duradera y una media suela unida a la parte superior por medio de un sistema de al menos dos suelas intermedias. La plantilla duradera y/o al menos una de las suelas intermedias están realizadas a partir de un compuesto que comprende al menos tres capas de tela de para-aramida fijadas en una matriz polimérica y la parte superior de la bota incorpora al menos una capa de la tela de para-aramida de refuerzo entre el revestimiento y el material superior, estando el revestimiento con estas capas intermedias cubierto por al menos tres capas de tela de para-aramida en la parte para caminar de la bota. Las partes de borde de las tres capas de la tela de para-aramida divididas en torno a su circunferencia se giran hacia arriba y se orientan de tal manera que las juntas circunferenciales de las partes de borde giradas hacia arriba se desplazan mutuamente y se superponen en capas independientes. En la punta de la bota, las regiones de talón y/o de plantilla se incorporan segmentos protectores de un compuesto que comprende al menos una capa de tela de para-aramida fijada en una matriz polimérica en la estructura de la bota.

El documento US 2016/0082625 da a conocer estructuras compuestas con una capa superficial microcontorneada, junto con un método para ajustar el nivel de rugosidad de una capa superficial microcontorneada al fabricar un compuesto y productos del mismo. El nivel de rugosidad de la capa superficial microcontorneada puede aumentarse o disminuirse mediante el control de los parámetros del proceso.

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 superficies de contacto frente a corrosión y degradación de superficie. Esta práctica puede usarse para proteger abrazaderas instaladas a lo largo del fuselaje, entre otros conjuntos. Por ejemplo, un material (tal como aluminio, plástico reforzado con fibra o compuesto de carbono) puede unirse a una sección del fuselaje usando pernos, remaches u otros elementos de sujeción. Un instalador puede aplicar sellador líquido entre las partes conectadas y entonces fijar la abrazadera al fuselaje usando elementos de sujeción. A medida que se aprietan los elementos de sujeción, la presión de los cabezales de los elementos de sujeción extiende el sellador. Habitualmente, debe dejarse que el sellador se cure a temperatura ambiente durante largos periodos de tiempo, por ejemplo, de 8 a 72 horas o más, dependiendo del grado del sellador. Este proceso consume mucho tiempo, requiere técnicas de aplicación y mezclado cuidadosas y, por lo general, requiere equipos de protección personal (PPE) y ventilación debido a los compuestos orgánicos volátiles (COV) que se emiten.

Los diseños tradicionales que hacen uso de materiales de “sellado en seco”, tales como juntas tóricas, juntas al uso u otras estructuras plegables, requieren una colocación y presión precisas para que sean efectivas, y pueden sufrir 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 en frío y el nivel de capacidad de conformación. Los selladores líquidos, que pueden conformarse más fácilmente a geometrías de superficie de contacto específicas, sufren deficiencias en los procedimientos de instalación difíciles y no pueden retirarse fácilmente una vez ajustados sin romper el sello. Además, los selladores líquidos de polisulfuro por sí solos a menudo no pueden ser eficaces después de una exposición prolongada a determinadas sustancias químicas agresivas tales como el fluido hidráulico de éster de fosfato. En consecuencia, existe una necesidad de tecnologías de sellado que puedan funcionar en una variedad de perfiles de superficie de contacto sin sacrificar la durabilidad o la resistencia frente al ataque químico.

Compendio

En una realización, la presente divulgación se refiere a una espuma elastomérica soportada. 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 llenas de gas definidas en el elastómero; y la región de refuerzo incluye una capa porosa que tiene una red interconectada de poros al menos parcialmente impregnados con el elastómero. En diversas realizaciones, la región de refuerzo puede formarse a partir de una película o membrana de politetrafluoroetileno expandido (ePTFE) impregnada con elastómero. En diversas realizaciones, la región de refuerzo puede formarse a partir de cualquier capa polimérica porosa adecuada, tal como una capa tejida de poliéter éter cetona (PEEK) tejida, o similares. En diversas realizaciones adicionales, la región de refuerzo puede formarse a partir de cualquier capa porosa adecuada, tal como una capa de fibra de vidrio tejida o no tejida.

Según algunas realizaciones, la capa porosa puede impregnarse completamente con el elastómero. Según 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 incluye una segunda capa porosa que tiene una segunda red interconectada de poros al menos parcialmente impregnada con el elastómero. La primera región de refuerzo y la segunda región de refuerzo pueden colocarse en lados opuestos de la región espumada.

Según algunas realizaciones, la región de refuerzo se encuentra sustancialmente libre de celdas llenas de gas. Por ejemplo, según 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 llenas de gas en la región espumada, de manera que se evita que el agente espumante penetre y se expanda dentro de la región de refuerzo. Según algunas realizaciones, la matriz elastomérica puede incluir múltiples elastómeros que pueden mezclarse para formar la matriz elastomérica. Las celdas llenas de gas cerradas pueden tener un tamaño de celda promedio, por diámetro, de aproximadamente 5 μm a aproximadamente 700 μm.

Según algunas realizaciones, la capa porosa en la región 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. Según algunas realizaciones, la capa porosa puede incluir una película de fluoropolímero expandido, una película de politetrafluoroetileno expandido (ePTFE), un material textil tejido de poliéter éter cetona (PEEK), un material textil no tejido de PEEK, un material textil tejido de fibra de vidrio, un material textil no tejido de fibra de vidrio u otro material poroso adecuado. Según algunas realizaciones específicas, la capa porosa puede incluir una película de ePTFE que tiene un grosor de 8 a 35 μm, o de 1 a 100 μm, o de 1 a 300 μm.

Según algunas realizaciones, la espuma elastomérica soportada puede formarse en diversos grosores o configuraciones. Por ejemplo, según algunas realizaciones, la espuma puede formarse para dar una lámina que tiene un grosor de 85 a 2000 μm, que puede formarse para dar un cilindro.

Según algunas realizaciones, la matriz elastomérica puede incluir una o más de una de silicona, fluorosilicona o un elastómero de perfluoropoliéter. Según algunas realizaciones, el elastómero puede incluir un fluoroelastómero. La región espumada puede formarse a partir de una mezcla espumada que incluye cualquier elastómero y agente espumante adecuados, por ejemplo, un agente espumante químico añadido al elastómero, un agente espumante en seco activado por calor o esferas de polímero de expansión activadas por calor. Según algunas realizaciones, la región espumada tiene un grosor de 90 μm a 1850 μm.

Según algunas realizaciones, la espuma elastomérica soportada puede comprimirse hasta una deformación de hasta el 85% bajo un esfuerzo de 16 MPa. Según diversas realizaciones, la espuma muestra un endurecimiento por compresión tan bajo como o inferior al 11% cuando se somete a una deformación inicial del 25%. La espuma puede ser sustancialmente inerte para productos químicos tales como combustibles y puede ser capaz de formar un sello estanco al combustible bajo compresión. Por ejemplo, según 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 líquido cuando la espuma se inserta en una superficie de contacto según una prueba de intrusión de líquido cuando la espuma se somete a una deformación por compresión del 15% o menos. Según algunas realizaciones, la espuma puede permanecer operable para sellar una superficie de contacto contra la intrusión de líquido en un intervalo de temperaturas entre -50ºC y al menos 100ºC.

Según diversas realizaciones, el compuesto de espuma elastomérica puede formar un sello estanco al gas entre un par de superficies a presiones de fijación muy bajas, incluso después de esfuerzos mecánicos repetidos y significativos. Según diversas realizaciones, la espuma elastomérica soportada puede formar un sello estanco al gas contra una superficie a una presión de fijación de 1,0 MPa o menos con una tasa de fuga de He menor que o igual a 10^{-2}, 10^{-4}, o preferiblemente 10^{-6} mg/m/seg a una presión diferencial de He de 0,15 MPa. Y según algunas realizaciones, el compuesto puede sellarse contra la superficie de fijación con una tasa de fuga de He menor que o igual a 10^{-2}, o preferiblemente menor que 10^{-6} mg/m/seg, o en algunos casos menor que o igual a 10^{-7} mg/m/seg, a una presión diferencial de He de 0,15 MPa cuando el compuesto se somete a ciclos de esfuerzo de compresión repetidos entre 1 MPa y 0,3 MPa, o entre 200 MPa y 0,3 MPa sin dañar el compuesto de espuma elastomérica soportada. En algunas realizaciones, la espuma elastomérica puede formar un sello contra una superficie que tiene

una rugosidad superficial (es decir, acabado superficial o Ra) de menos de 6,3 micrómetros a una deformación por compresión mínima, es decir, a presiones de fijación menores que o iguales a 0,3 MPa.

Según diversas realizaciones, la espuma elastomérica soportada tiene una temperatura de transición vítrea de -45ºC o menos, preferiblemente -50ºC o menos.

Según diversas realizaciones, la espuma elastomérica soportada evita la entrada de fluidos bajo una deformación por compresión menor que o igual al 15%, preferiblemente menor que el 10%, preferiblemente menor que el 5%.

Según diversas realizaciones, la espuma elastomérica soportada es químicamente estable frente a y absorbe menos del 3% de líquido en masa cuando se sumerge en agua, combustible de reactor y fluido hidráulico.

Según diversas realizaciones, una espuma elastomérica soportada puede incluir un revestimiento de liberación conectado de manera extraíble con una de la región de refuerzo y la región espumada que puede retirarse antes de la instalación, y puede incluir un segundo revestimiento de liberación conectado de manera extraíble con la otra de la región de refuerzo y la región espumada.

Según diversas realizaciones, una espuma elastomérica soportada puede incluir un tratamiento adhesivo en una superficie o en 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 el que la matriz elastomérica es operable para conformarse 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 bajo compresión forma un sello que protege las regiones adhesivas dentro del sello frente a la intrusión por fluido, lo que protege las regiones adhesivas frente a los fluidos que pueden ser reactivos con el material adhesivo, pero no con la espuma elastomérica. Según diversas realizaciones, cualquiera de las espumas elastoméricas descritas en el presente documento puede usarse como una junta de sellado en seco, una arandela de sellado en seco u otra forma de dispositivo sellador 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 fundir una mezcla líquida de un elastómero y un agente espumante con la capa porosa. La mezcla líquida se impregna al menos parcialmente, o en algunas realizaciones se impregna totalmente, 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 impregnada 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.

Según algunas realizaciones, los métodos descritos en el presente documento pueden incluir proporcionar una segunda capa porosa que incluye una segunda red interconectada de poros, colocar la segunda capa porosa en un segundo lado de la mezcla líquida opuesto al primer lado, de manera que la mezcla líquida humedece la segunda porosa y cura el elastómero para formar la matriz elastomérica que contiene una segunda región de refuerzo que incluye la segunda capa porosa.

Según diversas realizaciones, puede aplicarse un adhesivo al menos a una de una primera superficie y 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. Según algunas realizaciones, aplicar el adhesivo puede incluir aplicar un adhesivo de cara completa a la al menos a una de la primera superficie y la segunda superficie.

Según algunas realizaciones, el elastómero puede incluir un fluoroelastómero termoestable y un agente espumante activado por calor; de manera que la activación del agente espumante incluye calentar la mezcla líquida a una temperatura de activación, de manera que el ciclo de calentamiento aumenta drásticamente el tamaño de la pluralidad de celdas llenas de gas cerradas. La temperatura de activación puede encontrarse en un intervalo entre 100ºC y aproximadamente 160ºC; y la etapa de activación puede incluir calentar la mezcla líquida a la temperatura de activación durante de 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 calentar la mezcla líquida a una temperatura de curado de aproximadamente 75ºC a 125ºC durante de 5 a 180 minutos.

En otra realización, la presente divulgación se refiere a un sello compresible, que incluye un cuerpo compresible 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 compresible. Según algunas realizaciones, el cuerpo compresible es una espuma elastomérica, que puede incluir una matriz elastomérica formada con un elastómero espumado tal como se describió anteriormente, con o sin una región de refuerzo. El cuerpo compresible puede hacerse funcionar para conformarse alrededor del patrón de regiones adhesivas para evitar la entrada de fluido a través del patrón cuando el sello compresible se comprime en una dirección perpendicular a la superficie primera o segunda.

Según algunas realizaciones, el cuerpo compresible tiene un primer grosor y puede hacerse funcionar para comprimirse al menos un 15% del primer grosor bajo un esfuerzo de compresión menor que 1 MPa, y en el que el patrón de regiones adhesivas tiene un grosor menor que el 15% del primer grosor.

Según diversas realizaciones, el patrón de regiones adhesivas discontinuas puede incluir diversas geometrías específicas, que incluyen, pero no se limitan a cualquiera o a una combinación de una disposición de puntos adhesivos circulares o regiones adhesivas cuadradas. Según algunas realizaciones específicas, el patrón de regiones adhesivas discontinuas incluye puntos circulares que tienen diámetros de aproximadamente 1 mm, con una separación de borde a borde de cada punto al siguiente punto más cercano de aproximadamente 2,2 mm y grosores de aproximadamente 0,03 mm. Son posibles diversos intervalos específicos según realizaciones. Por ejemplo, las regiones adhesivas pueden tener diámetros (o, si son cuadradas, longitudes laterales) que oscilan entre aproximadamente 0,2 mm y aproximadamente 5 mm, entre aproximadamente 0,2 y 1 mm o entre aproximadamente 1 mm y 5 mm. Cada región adhesiva del patrón de regiones adhesivas puede estar separada por una distancia que oscila entre aproximadamente 0,5 mm y aproximadamente 25 mm, por ejemplo, entre aproximadamente 1 mm y 20 mm, o entre aproximadamente 2 y 5 mm. En diversas realizaciones, las regiones adhesivas pueden tener grosores menores que o iguales a 100 μm, menores que o iguales a 50 μm, menores que o iguales a 25 μm, o menores que o iguales a 10 μm. Según algunas realizaciones específicas, las regiones adhesivas pueden tener grosores que oscilan entre aproximadamente 10 μm y aproximadamente 100 μm; o en algunas realizaciones, entre aproximadamente 10 μm y aproximadamente 50 μm, o entre aproximadamente 20 μm y aproximadamente 50 μm.

Según diversas realizaciones, el adhesivo puede incluir una variedad de formas específicas de adhesivo que incluyen, pero no se limitan a, adhesivos sensibles a la presión (PSA), tal como se describe en los ejemplos a continuación. En general, pueden depositarse adhesivos adecuados en forma líquida o termofusible, o en una forma comparable. Según algunas realizaciones, el tipo de adhesivo puede ser un adhesivo mixto sensible a la presión de silicona de dos partes. Según realizaciones adicionales, el tipo de adhesivo puede ser un adhesivo acrílico sensible a la presión endurecido con UV. Realizaciones adicionales pueden incluir materiales adhesivos alternativos que incluyen, pero no se limitan a, silicona, acrílico, caucho butílico, acetato de etileno-vinilo, caucho natural, nitrilo, copolímero en bloque de estireno, poliuretano o cualquier mezcla adecuada de los materiales adhesivos anteriores. Algunas realizaciones adicionales pueden incluir adhesivos en forma de cinta de transferencia, que incluye cintas de transferencia adhesivas de cara completa. Un adhesivo discontinuo puede aplicarse en un patrón según cualquier medio adecuado, que incluye, por ejemplo, hacer pasar el adhesivo a través de una forma que contiene un patrón de orificios sobre el cuerpo compresible o imprimir el adhesivo en el cuerpo compresible.

Según diversas realizaciones, el cuerpo compresible puede incluir una variedad de formas específicas, que incluyen, por ejemplo, una espuma elastomérica que incluye una región espumada que incluye una pluralidad de celdas llenas de gas definidas por el elastómero y una región de refuerzo que incluye una capa porosa que tiene una red interconectada de poros al menos parcialmente impregnados con el elastómero; una espuma o caucho de espuma no reforzados; o un sellador compresible comparable.

En otra realización, la presente divulgación se refiere a un método para formar un sello compresible, que incluye aplicar un patrón de regiones adhesivas discontinuas formadas por un adhesivo a una primera superficie de un cuerpo compresible a un grosor de adhesivo, siendo el grosor de adhesivo lo suficientemente delgado en comparación a un grosor de espuma del sello compresible que el sello compresible puede hacerse funcionar para conformarse alrededor del patrón de regiones adhesivas discontinuas cuando se comprime. Según algunas realizaciones, aplicar el patrón de regiones adhesivas discontinuas incluye aplicar de manera extraíble una forma al cuerpo compresible, en donde la forma tiene un patrón de orificios configurado para coincidir con el patrón de regiones adhesivas discontinuas. El adhesivo puede aplicarse a la forma y a la primera superficie a través del patrón de orificios de la forma. Según algunas realizaciones alternativas, la aplicación del patrón de regiones adhesivas discontinuas puede incluir la impresión del patrón de regiones adhesivas discontinuas en la primera superficie. Según algunas realizaciones, el patrón de regiones adhesivas puede curarse aplicando un tratamiento térmico al adhesivo, o alternativamente, aplicando un tratamiento con luz UV 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 figuras adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

La presente divulgación se entenderá mejor en vista de las figuras no limitativas adjuntas.

La figura 1 es una vista en sección transversal lateral de una realización de una espuma elastomérica soportada.

La figura 2 es una vista en sección transversal lateral que muestra etapas a modo de ejemplo para generar una espuma elastomérica soportada.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Descripción detallada

Diversas realizaciones dadas a conocer en el presente documento se refieren generalmente a selladores en seco para proteger una superficie de contacto mecánica, por ejemplo, en una estructura de fuselaje o una estructura comparable. En realizaciones específicas, un sellador en seco puede formarse a partir de espuma elastomérica soportada. Espumas elastoméricas adecuadas pueden limitar la capacidad de los líquidos para penetrar en la superficie de contacto, con el fin de evitar la corrosión, la intrusión de líquidos u otros problemas. La espuma elastomérica puede formarse a partir de un material químicamente inerte para evitar la intrusión de agua, combustible de reactor, fluidos hidráulicos (que incluyen aquellos a base de éster de fosfato), aceites, agentes descongelantes u otros materiales.

Realizaciones específicas de una 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, en donde los poros se impregnan al menos parcialmente con el elastómero. Según diversas realizaciones, la capa porosa puede impregnarse con elastómero hasta que el elastómero penetra un grosor de la capa porosa, incluso si no todos los poros se llenan con el elastómero. Según algunas realizaciones, la capa porosa puede impregnarse completamente con el elastómero, hasta que todos los poros se llenen de elastómero. Según diversas realizaciones, la capa porosa puede ser un polímero o fluoropolímero poroso, por ejemplo, una membrana porosa tal como una membrana de politetrafluoroetileno expandido (ePTFE), un material textil tejido, un material textil no tejido u otra capa porosa adecuada. Según algunas realizaciones, la capa porosa puede ser una capa de fibra de vidrio porosa, por ejemplo, un material textil tejido de fibra de vidrio o un material textil no tejido de fibra de vidrio. La región espumada está formada por el elastómero y una pluralidad de celdas llenas de gas, cerradas en el elastómero. Según algunas realizaciones, la región de refuerzo está sustancialmente libre de celdas llenas de gas, definidas por un porcentaje en volumen de huecos formados por el agente espumante menor que o igual al 10%, preferiblemente menor que o igual al 5%. La región de refuerzo y la región espumada se conectan entre sí a través del elastómero, formando una estructura compuesta. La región de refuerzo proporciona una mayor resistencia a la estructura general de la espuma elastomérica soportada, mientras que la región espumada puede hacerse funcionar para contraerse bajo carga para proporcionar capacidades de sellado con un intervalo de trabajo alto, es decir, para ser capaz de sellar un hueco en una superficie de contacto en un amplio intervalo de presiones de fijación o entre superficies irregulares.

La divulgación puede entenderse mejor con referencia a las figuras, en las que partes similares tienen una numeración similar.

La figura 1 es una vista en sección transversal lateral de una realización de espuma 100 elastomérica soportada. La espuma 100 elastomérica está formada por una matriz 102 elastomérica que incluye una región 104 de refuerzo y una región 106 espumada. Tal como se muestra en el presente documento, la región 106 espumada se coloca adyacente a y encima de la región 104 de refuerzo, sin embargo, las regiones espumada y de refuerzo generalmente pueden adoptar cualquier configuración adecuada una con respecto a otra, por ejemplo, estando la región de refuerzo o bien

en un lado superior o bien inferior de la región espumada, incrustada en la región espumada o como una de las múltiples regiones de refuerzo que se intercalan o se colocan a diferentes profundidades en la región espumada. La región 104 de refuerzo incluye una capa porosa generalmente formada por un polímero, opcionalmente en forma de una membrana polimérica, que presenta una red de poros, opcionalmente una matriz interconectada de nudos y fibrillas, o solo fibrillas, en la que un elastómero que forma la matriz 102 elastomérica está al menos parcialmente incrustado. La región 106 espumada se expande mediante una serie de huecos 108 llenos de gas de celda cerrada en el elastómero formado 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 se forma de partículas que son mayores que un tamaño de poro de la capa porosa colocada en la región 104 de refuerzo. Por tanto, el agente espumante generalmente se excluye de la región 104 de refuerzo, evitando la expansión de los huecos 108 dentro de la región de refuerzo. Por tanto, aunque los huecos 108 puedan hacer tope contra la región 104 de refuerzo, la región de refuerzo permanecerá sustancialmente desprovista de grandes huecos formados por el agente espumante. Los huecos llenos de gas de celda cerrada pueden variar en tamaño según el agente espumante seleccionado. Según algunas realizaciones, los huecos tienen un tamaño de celda promedio que oscila entre diámetros de aproximadamente 5 μm y 700 μm medidos por la sección transversal SEM. Según 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 50μm. Agentes espumantes adecuados pueden incluir esferas de polímero de expansión activadas por calor, rellenos de esfera hueca, agentes espumantes químicos activados por calor, agentes espumantes de inyección de gas o similares.

Un grosor 114 total de la espuma 100 elastomérica soportada puede incluir un primer grosor 110 correspondiente a la región 104 de refuerzo y un segundo grosor 112 correspondiente a la región 106 espumada. Según determinadas realizaciones, el grosor 114 total a una presión de aproximadamente 0,5 kPa puede variar de aproximadamente 100 μm a aproximadamente 2000 μm (2,0 mm), por ejemplo, de 200 μm a 600 μm, o de 220 μm a 380 μm. Una relación entre el primer grosor 110 de la región 104 de refuerzo y el grosor 114 total puede variar opcionalmente del 1% al 50%, del grosor total, por ejemplo, del 2% al 20%, o del 4% al 8%.

Según algunas realizaciones, la región 104 de refuerzo 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 resistentes químicamente, al tiempo que son lo suficientemente porosas para absorber un elastómero líquido o un precursor de elastómero con el fin de formar la matriz 102 elastomérica. En algunas realizaciones específicas, una membrana de ePTFE adecuada puede tener un grosor del orden de 1 μm a 100 μm, por ejemplo, de 4 μm a 40 μm, o aproximadamente 34 μm, una densidad del orden de 0,02 a 1,5 g/cm^3, por ejemplo, de 0,1 a 0,5 g/cm^3 o aproximadamente 0,27 g/cm^3, porosidad del orden del 30% al 98%, por ejemplo, 80%-95%, o aproximadamente el 88%, y resistencias a la tracción de matriz de 30 MPa a 1500 MPa, por ejemplo, de 240 MPa a 440 MPa, o al menos 320 MPa en una primera dirección y al menos de 30 MPa a 1500 MPa, por ejemplo, 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 las direcciones ortogonales en la película definidas haciendo referencia únicamente a la zona en la sección transversal solo del polímero, no a la estructura de poros o a la zona en sección transversal total. En general, las resistencias a la tracción de la matriz se refieren a la resistencia en una dirección de máxima resistencia y a la resistencia en una dirección ortogonal a esa máxima. Según diversas realizaciones, membranas de ePTFE adecuadas pueden variar en grosor hasta aproximadamente 8 μm o más delgadas, con densidades que oscilan hasta aproximadamente 0,18 g/cm^3. Pueden fabricarse membranas de ePTFE adecuadas, según las realizaciones, según los métodos tal como se comentan, por ejemplo, en la patente estadounidense n.º 3.953.566. En realizaciones alternativas, la región 104 de refuerzo puede incluir una capa porosa no formada por ePTFE, tal como una membrana polimérica porosa alternativa, una estera fibrosa tejida o no tejida, un material textil tejido o no tejido de fibra de vidrio, o similares. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la región 104 de refuerzo es un material textil tejido de poliéter éter cetona (PEEK). Un material textil tejido de PEEK adecuado es una malla de PEEK resistente a productos químicos a altas temperaturas, tal como la malla de PEEK, número de pieza 9289T12 (McMaster-Carr, Santa Fe Springs, CA), que está formada por plástico de PEEK en una malla tejida de un cable de plástico que tiene un diámetro de 60 a 80 μm, por ejemplo, de aproximadamente 65 a 75 μm o aproximadamente 71 μm y un área abierta del 12 al 32%, por ejemplo, del 15 al 29% o aproximadamente el 22%. Sin embargo, pueden usarse diversos materiales textiles no tejidos, tejidos de PEEK adicionales u otras capas poliméricas porosas similares.

Según algunas realizaciones, la espuma 100 elastomérica soportada puede apilarse junto con elementos de espuma adicionales o con espaciadores para sellar una superficie de contacto si la espuma por sí sola no es lo suficientemente gruesa para abarcar la superficie de contacto. Por ejemplo, las caras 120, 118 primera y/o segunda de la espuma 100 elastomérica soportada pueden conectarse con espaciadores, arandelas o con compuestos de espuma elastomérica adicionales. En algunos casos, las caras 120, 118 primera o segunda pueden tratarse, por ejemplo, con adhesivo u otro material, para mejorar una conexión entre la espuma elastomérica con un componente sellado.

La figura 2 es una vista en sección transversal lateral que muestra etapas a modo de ejemplo para generar una espuma elastomérica soportada. Según algunas realizaciones, se proporciona o prepara una capa 204 porosa, que se convertirá en la región de refuerzo en la espuma elastomérica soportada formada en última instancia, que tiene una microestructura porosa, y se combina con una mezcla 202 de elastómero líquido, en una primera etapa 200a de

proceso. La capa 204 porosa puede colocarse en tensión, por ejemplo, dentro de un armazón, hasta que la capa adopta un estado plano, sin arrugas antes de fundirse con la mezcla 202 de elastómero líquido. La mezcla 202 de elastómero líquido puede incluir un agente espumante, que puede ser un agente espumante químico difundido en toda la mezcla, o que puede ser un agente 206 espumante en seco en polvo mezclado en todo el elastómero 202. En algunas realizaciones, el agente 206 espumante y el elastómero 202 se mezclan en una fracción de masa objetivo al pesar cada componente cuando se mezcla. El agente 206 espumante puede incluir una combinación de diferentes agentes espumantes que tienen diferentes propiedades, por ejemplo, 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 puede tensarse y entonces disponerse encima de la mezcla 202 de elastómero líquido y dejar que se funda con la mezcla de elastómero líquido hasta que la mezcla de elastómero líquido se haya absorbido en los poros de la segunda capa porosa.

La mezcla 202 de elastómero líquido se funde con la capa 204 porosa tensada y se deja humedecer o rellenar una parte o la totalidad de la capa porosa hasta que la capa porosa se impregna al menos parcialmente (es decir, se llena) con elastómero, es decir, hasta que se llenen al menos algunos poros en todo el grosor de la capa porosa con la mezcla de elastómero (dejando pocas bolsas de gas aisladas o ninguna en la estructura porosa de la capa de refuerzo), o se impregna totalmente (en cuyo caso no queda gas en los poros de la capa 204 porosa). Una vez ensambladas, la(s) región/regiones de refuerzo y la capa de elastómero líquido se ajustan opcionalmente a un grosor predeterminado mediante cualquier combinación adecuada de etapas de procesamiento que incluyen, pero no se limitan a, el método de recubrimiento seleccionado (por ejemplo, laminado, cepillado, pulverizado), eliminación de elastómero líquido (por ejemplo, al pasar el conjunto a través de un espacio entre herramientas) o parámetros de proceso (por ejemplo, velocidad de línea, espacio entre herramientas, etc.). La composición se somete entonces a un primer ciclo 208 de calentamiento de espumado para activar el agente 206 espumante en una segunda etapa 200b de proceso. Los parámetros específicos del ciclo 208 de calentamiento de espumado también pueden afectar al grosor final de la composición, dependiendo de la concentración del agente espumante usado y del grado y la duración de la exposición al calor. Dependiendo del agente espumante elegido, el primer ciclo 208 de calentamiento puede omitirse o llevarse a cabo a temperatura ambiente, es decir, para un agente espumante de contacto o a temperatura ambiente, o cuando el agente espumante puede funcionar para activarse completamente a una temperatura de curado para toda la espuma soportada. En algunas realizaciones, puede ser necesario un ciclo de calentamiento específico para activar el agente 206 espumante. Por ejemplo, en algunos casos, el conjunto puede someterse a un ciclo térmico a una temperatura de 125 a 175ºC, por ejemplo, a aproximadamente 150ºC durante de 1 a 10 minutos. Según algunas realizaciones, el primer ciclo 208 de calentamiento de espumado puede curar al menos parcialmente la matriz elastomérica. En algunas realizaciones, pueden ajustarse varios parámetros del ciclo 208 de calentamiento de espumado para mantener al menos un grado de movilidad en el elastómero parcialmente curado durante el proceso de espumado, con el fin de evitar grietas, deformaciones u otros problemas.

Una vez que la mezcla de elastómero líquido se ha expandido a través del agente 206 espumante impregnado, el elastómero puede curarse en su sitio mediante un ciclo 210 de calor de curado para solidificar la mezcla de elastómero para dar una matriz de espuma elastomérica en una tercera etapa 200c de proceso. Dependiendo del agente espumante específico y la mezcla de elastómero líquido elegida, la etapa de curado puede no requerir temperaturas superiores a la temperatura ambiente. Sin embargo, en algunos casos, la etapa de curado puede requerir una acción diferente a la dictada por el elastómero específico, tal como la exposición a rayos UV. Según algunas realizaciones, la etapa de curado puede incluir calentar la mezcla líquida a una temperatura de curado de aproximadamente 75ºC a 125ºC durante de 5 a 180 minutos. En realizaciones alternativas, pueden añadirse múltiples membranas para crear múltiples regiones de refuerzo, por ejemplo, regiones de refuerzo a ambos lados del compuesto tal como se comenta con referencia a la figura 3.

La figura 3 es una vista en sección transversal lateral que muestra una segunda realización de una espuma 300 elastomérica soportada con regiones 304, 306 de refuerzo duales. Cada región 304, 306 de refuerzo está formada de manera similar a la región 104 de refuerzo comentada anteriormente con referencia a la figura 1, con una región 308 espumada en cuestión similar a la región 106 espumada. Una matriz 302 elastomérica penetra en la totalidad de ambas regiones 304, 306 de refuerzo y en la totalidad de la región 308 espumada. La región 308 espumada se expande mediante huecos 310, 312 llenos de gas de celda cerrada, similares a los huecos 108 descritos anteriormente con referencia a la figura 1. En particular, los huecos 310, 312 pueden incluir huecos de diferentes tamaños, que pueden formarse usando diferentes agentes espumantes mezclados en conjunto con el elastómero. Tal como se muestra, los huecos 310 más grandes pueden intercalarse con huecos 312 más pequeños. Puede usarse una mezcla de huecos 310, 312 grandes y pequeños para favorecer una expansión más completa de la región 308 espumada provocada por la disposición de los huecos grandes y pequeños, que se orientarán de manera natural para formarse en una estructura compacta a medida que los huecos interactúan durante la expansión. Un grosor 324 total de la matriz 302 elastomérica incluye grosores 318, 320 primero y segundo respectivos de las regiones 304, 306 de refuerzo primera y segunda y un tercer grosor 322 de la región 308 espumada. Según algunas realizaciones, los grosores 318, 320 primero y segundo pueden variar de aproximadamente 1 μm a 100 μm, por ejemplo, de 4 μm a 40 μm o aproximadamente 34 μm. Según algunas realizaciones específicas, el grosor 324 total puede variar de aproximadamente 100 μm a aproximadamente 2000 μm. Según algunas realizaciones, las caras 316, 314 primera o segunda de la espuma 300 elastomérica soportada pueden conectarse con espaciadores, arandelas o con compuestos de espuma elastomérica adicionales para un grosor total protegible por la espuma elastomérica

soportada. En algunos casos, las caras 316, 314 primera o segunda pueden tratarse, por ejemplo, con adhesivo u otro material, para mejorar una conexión entre la espuma elastomérica con un componente sellado.

La figura 4A es una vista en sección transversal lateral que muestra una realización de una espuma 400A elastomérica soportada con puntos de múltiples regiones 412 adhesivas. La espuma 400A elastomérica soportada incluye una matriz 402 elastomérica formada por una región 404 de refuerzo y una región 406 espumada que contiene huecos 408 de célula cerrada en su totalidad, según realizaciones y tal como se describió anteriormente. Las regiones 412 adhesivas pueden imprimirse, fundirse o depositarse individualmente de otro modo a lo largo de cualquier superficie 410 adecuada de la espuma 400A elastomérica soportada, incluso de manera adyacente a la región 404 de refuerzo, de manera adyacente a la región 406 espumada, o ambas. En realizaciones alternativas de espumas elastoméricas soportadas que emplean dos regiones de refuerzo interconectando una región espumada, las regiones 412 adhesivas pueden colocarse adyacentes a una o ambas regiones de refuerzo. En uso, las regiones 412 adhesivas se presionan en la matriz 402 elastomérica cuando se comprime la espuma 400A elastomérica soportada, de modo que las regiones adhesivas y la matriz elastomérica se colocan prácticamente alineadas una con respecto a otra y con una superficie de contacto. Incluso si se forman pequeñas bolsas de aire directamente adyacentes a las regiones 412 adhesivas, el espacio en cuestión entre las regiones adhesivas inhibirá la intrusión transversal de líquido a lo largo de la espuma 400A elastomérica soportada. Por tanto, la intrusión de líquido se inhibe o se impide como máximo en todas las regiones 412 adhesivas, lo que impide el ataque químico de las regiones adhesivas.

Realizaciones de espumas elastoméricas soportadas también pueden emplear películas adhesivas o tratamientos de superficie completa. Por ejemplo, la figura 4B es una vista en sección transversal lateral que muestra una realización de una espuma 400B elastomérica soportada con capas 414 adhesivas que cubren toda una superficie 410 de la espuma elastomérica soportada. Las capas 414 adhesivas pueden imprimirse, fundirse o depositarse de otro modo a lo largo de cualquier superficie 410 adecuada de la espuma 400B elastomérica soportada, incluso de manera adyacente a la región 404 de refuerzo, de manera adyacente a la región 406 espumada, o ambas. En realizaciones alternativas de espumas elastoméricas soportadas que emplean dos regiones de refuerzo que intercalan una región espumada, las capas 414 adhesivas pueden colocarse de manera adyacente a una o ambas regiones de refuerzo. Según algunas realizaciones, puede aplicarse un adhesivo a toda una 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 puede aplicarse a modo de cinta de transferencia, ya sea mediante presión manual firme o presión de laminación.

Realizaciones de espumas elastoméricas soportadas se muestran en detalle en imágenes de micrografía electrónica de barrido (SEM) reproducidas en las figuras 5-7.

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

La figura 6 es una segunda imagen 600 SEM que muestra un segundo ejemplo de una espuma 602 elastomérica soportada con un aumento de 250X con regiones 604, 606 de refuerzo duales que intercalan una región 608 espumada. Tal como se describió anteriormente, la región 608 espumada contiene muchos huecos 610 llenos de gas en su totalidad. Las regiones 604, 606 de refuerzo se definen por grosores 612, 614 primero y segundo de aproximadamente 50 y 52 μm, respectivamente. Un tercer grosor 616 de la región 608 espumada es de aproximadamente 275 μm, lo que da como resultado un grosor 618 total de la espuma 602 elastomérica soportada de aproximadamente 377 μm.

Las figuras 7A y 7B muestran diferentes vistas de un tercer ejemplo de una espuma 702 elastomérica soportada. La figura 7A es una tercera imagen 700A SEM que muestra la espuma 702 elastomérica soportada con regiones 704, 706 de refuerzo duales que intercalan una región 708 espumada que contiene muchos huecos 710 llenos de gas. La figura 7B es una cuarta imagen 700B SEM que muestra la espuma 702 elastomérica soportada de la figura 7A con mayor detalle, en la que los grosores 712, 714 primero y segundo de las regiones 702, 706 de refuerzo primera y segunda son visibles (de aproximadamente 45 μm). Un tercer grosor 716 de la región 708 espumada es de aproximadamente 368 μm, los grosores primero, segundo y tercero se suman a un grosor 718 total de la espuma 702 elastomérica soportada de aproximadamente 377 μm.

Tal como se comentó anteriormente con referencia a las figuras 4A y 4B, puede aplicarse una capa adhesiva a una o ambas caras de un sello compresible para ayudar a la colocación del sello durante la fabricación de un conjunto. Según diversas realizaciones, la capa adhesiva puede aplicarse a un sello compresible formado por una espuma elastomérica, tal como las espumas elastoméricas soportadas descritas anteriormente; o con un sello formado a partir de otro material compresible adecuado. El uso de un adhesivo con el sello puede proporcionar ventajas durante la instalación, por ejemplo, permitir que un técnico fije el sello a una ubicación de montaje de donde de otro modo podría caer, y entonces fijar una superficie coincidente al sello y apretar cualquier elemento de sujeción. Tal como se muestra en la figura 4A, puede añadirse un adhesivo (412) discontinuo para lograr estas ventajas sin comprometer la

compatibilidad líquida del sello. En el caso de una capa adhesiva continua (por ejemplo, la capa 414 adhesiva que se muestra en la figura 4B), los bordes de la(s) capa(s) adhesivas y la espuma elastomérica están expuestos al fluido de administración. Si el adhesivo tiene menos compatibilidad química que la espuma elastomérica, el adhesivo podría permitir la humectación en la superficie de contacto al permitir que el fluido de administración se absorba en la capa adhesiva, mediante la disolución de la capa adhesiva en el fluido y sustituyéndose por el fluido, o por otros mecanismos. Por el contrario, al utilizar una capa adhesiva discontinua (por ejemplo, regiones 412 adhesivas, tal como se muestra en la figura 4A), una espuma elastomérica en una superficie de contacto sellada formará un sello estanco al líquido con respecto al fluido de administración, ya que la espuma en masa es químicamente estable en el fluido de administración. Por tanto, solo secciones individuales de adhesivo expuestas en el borde del sello permitirán la entrada de fluido y la espuma elastomérica en masa permitirá que el adhesivo esté protegido frente al fluido. Según diversas realizaciones, cualquier espuma elastomérica adecuada tal como se describe en el presente documento puede combinarse con un adhesivo de superficie para fijar la espuma elastomérica cuando se usa para sellar una superficie de contacto. Según algunas realizaciones alternativas, pueden aplicarse regiones adhesivas discontinuas a otros tipos de selladores en seco compresibles que no sean espumas elastoméricas soportadas, por ejemplo, selladores de caucho compresibles, juntas, espumas o similares. Según algunas realizaciones, la espuma elastomérica puede incluir regiones adhesivas discontinuas aplicadas, es decir, “puntos” de adhesivo, tal como se describió anteriormente con respecto a la figura 4. A continuación se describen ejemplos específicos de regiones adhesivas discontinuas y su uso en una operación de sellado con referencia a las figuras 8-10.

La figura 8 es una imagen 800 de superficie superior de un sello 802 tomada con un aumento de 10X. Un adhesivo 804 sensible a la presión con patrón de puntos se adhiere a una superficie enfrentada del sello 802. El adhesivo 804 con patrón muestra que cada “punto” de adhesivo tiene un diámetro de aproximadamente 0,97 mm y un espacio de borde a borde de cada punto con el siguiente punto más cercano de aproximadamente 2,19 mm. Según 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 discontinuo, con patrón puede aplicarse de manera similar a cualquier espuma elastomérica adecuada (por ejemplo, con una región de refuerzo), o a un material de sellado compresible alternativo. La configuración del adhesivo 804 con patrón puede caracterizarse en cuanto a diámetros 808 de punto y anchuras 810 de celda unitaria, y puede determinarse un porcentaje de cobertura del sello 802 a partir de estos valores según la siguiente ecuación, en donde U representa la anchura 810 de celda unitario y D representa la anchura de “punto”.

$$C = \frac{\pi D^2}{8U^2}$$ (para “puntos” circulares) $$C = \frac{D^2}{2U^2}$$ (para “puntos” cuadrados)

Ecuación 1: Cobertura proporcional

La figura 9 es una imagen de una sección transversal de una espuma 900 elastomérica soportada (correspondiente a la espuma 800 de la figura 8) con una región 908 adhesiva discontinua, tomada con un aumento de 57X. Para la sección transversal, la muestra se cortó con una hoja de afeitar de acero sumergida en nitrógeno líquido en un esfuerzo por preservar la superficie en sección transversal antes de la obtención de imágenes. La espuma 900 elastomérica soportada para esta muestra incluye dos regiones 902, 906 de refuerzo, una en cada cara, y un adhesivo 908 discontinuo sensible a la presión con patrón de puntos en una de esas caras. Cada una de las dos regiones 902, 906 de soporte utiliza una capa porosa de ePTFE que tiene un grosor inicial de aproximadamente 16 μm y una densidad inicial de aproximadamente 0,28 g/cm^3. Se seleccionó un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2618 como elastómero y se mezcló con esferas de polímero expandible EXPANCEL 920 DU 20 como agente espumante, en una proporción de mezcla de 6,5:01 (13:02) en masa. La mezcla se impregnó en ambas capas porosas de ePTFE en las regiones 902, 906 de refuerzo y se extrajo con un espacio de herramienta de 0,076 mm antes de tratarse térmicamente a 150ºC durante 10 minutos para activar el agente espumante y comenzar el curado del elastómero. El compuesto se trató entonces térmicamente a 100ºC durante 60 minutos para completar el curado y formar la espuma 900 elastomérica soportada. Se aplicó un patrón de adhesivo sensible a la presión a la espuma 900 elastomérica soportada usando una lámina de acero inoxidable de aproximadamente 0,025 mm de grosor 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 mezclando dos partes A y B en una relación de 16:01 en masa. El PSA-16 mezclado se aplicó sobre la lámina de acero y la espuma elastomérica soportada debajo del acero se recubrió selectivamente con el adhesivo líquido. La espuma 900 elastomérica recubierta con adhesivo se trató entonces térmicamente a 125ºC durante 75 minutos para curar el adhesivo. Las dimensiones finales de la espuma 900 elastomérica recubierta con adhesivo incluyen grosores 910, 912 de región de refuerzo de las regiones 902, 906 de refuerzo de aproximadamente 12-13 μm; y un grosor 914 de región espumada de aproximadamente 251 μm. El adhesivo 908 discontinuo tiene un grosor 916 de aproximadamente 30 μm. En uso, la espuma 900 elastomérica recubierta con adhesivo puede deformarse bajo presión, de modo que el adhesivo 908 discontinuo está rodeado por la matriz elastomérica, lo que evita la entrada de fluido en el adhesivo, tal como se muestra a continuación con referencia a la figura 10.

La figura 10 muestra una vista en sección transversal lateral que muestra una realización de una espuma 1002 elastomérica soportada con regiones 1012, 1014 adhesivas discontinuas sometidas a compresión. En una primera configuración 1000a sin comprimir, la espuma 1002 elastomérica soportada se coloca entre dos superficies 1020,

1022 rígidas, pero no en contacto con las mismas. La espuma 1002 elastomérica soportada incluye una región 1004 de refuerzo colocada a lo largo de un lado, y una región 1006 espumada colocada a lo largo de un lado opuesto, con huecos 1008 formados en la totalidad de la región espumada para impartir compresibilidad. Un primer conjunto de regiones 1012 adhesivas discontinuas se ubica en una primera superficie 1016 de la espuma 1002 elastomérica soportada, y un segundo conjunto para regiones 1014 adhesivas discontinuas se ubica en una segunda superficie 1018 de la espuma elastomérica soportada. Antes de la compresión, cada una de la región 1004 de refuerzo y la región 1006 espumada presenta grosores 1032a, 1034a iniciales que totalizan un grosor 1030a total, inicial.

Cuando se comprime la espuma 1002 elastomérica soportada, en una segunda configuración 1000b comprimida, partes de las superficies 1016, 1018 primera y segunda se presionan para entrar en contacto con las superficies 1020, 1022 rígidas primera y segunda, mientras se forman pequeñas bolsas 1036 alrededor de cada una de las regiones 1006 adhesivas que se comprimen para dar la espuma elastomérica. El contacto entre las superficies 1016, 1018 primera y segunda y las superficies 1020, 1022 rígidas primera y segunda crea un sello contra la intrusión de líquido a lo largo de estas superficies. Después de la compresión, cada una de la región 1004 de refuerzo y la región 1006 espumada tiene grosores 1032b, 1034b comprimidos que totalizan un grosor 1030b total comprimido que es menor que el grosor 1030a inicial sin comprimir. En general, la región 1006 espumada se comprimirá en mayor medida que la región 1004 de refuerzo.

Se describen detalles adicionales con respecto a la divulgación junto con los siguientes ejemplos.

Ejemplos de espuma elastomérica soportada

Ejemplo 1

Según un primer ejemplo, se formó la espuma elastomérica soportada usando una única capa porosa de ePTFE que tiene un grosor inicial de aproximadamente 34 μm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm^3, para formar una región de refuerzo que soporta una región espumada en un lado. Se seleccionó un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2618 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) como elastómero y se mezcló con esferas de polímero expandible EXPANCEL 951 DU 120 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezcla de 15:01 en masa. La mezcla se impregnó en la capa porosa de ePTFE y se extrajo con un espacio de herramienta de 1,321 mm antes de tratarse térmicamente a 150ºC durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el compuesto se curó a 100ºC durante 60 minutos.

Ejemplo 2

Según un segundo ejemplo, se formó la espuma elastomérica soportada usando una única capa porosa de ePTFE que tiene un grosor inicial de aproximadamente 34 μm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm^3, para formar una región de refuerzo que soporta una región espumada en un lado. Se seleccionó un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2618 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) como elastómero y se mezcló con esferas de polímero expandible EXPANCEL 920 DU 20 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezcla de 10:01 en masa. La mezcla se impregnó en la capa porosa de ePTFE y se extrajo con un espacio de herramienta de 0,229 mm antes de tratarse térmicamente a 150ºC durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el compuesto se curó a 100ºC durante 60 minutos.

Ejemplo 3

Según un tercer ejemplo, se formó la espuma elastomérica soportada usando una única capa porosa de ePTFE que tiene un grosor inicial de aproximadamente 34 μm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm^3, para formar una región de refuerzo que soporta una región espumada en un lado. Se seleccionó un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2618 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) como elastómero y se mezcló con una combinación de esferas de polímero expandible EXPANCEL 951 DU 120 y EXPANCEL 920 DU 40 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezcla de 10:01 en masa. La relación de 951 DU 120 con respecto a 920 DU 40 fue de 1:2 en masa. La mezcla se impregnó en la capa porosa de ePTFE y se extrajo con un espacio de herramienta de 0,178 mm antes de tratarse térmicamente a 150ºC durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el compuesto se curó a 100ºC durante 60 minutos.

Ejemplo 4

Según un cuarto ejemplo, se formó la espuma elastomérica soportada usando una única capa porosa de ePTFE que tiene un grosor inicial de aproximadamente 34 μm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm^3, para formar una región de refuerzo que soporta una región espumada en un lado. Se seleccionó un elastómero de silicona, SS-156 (Silicone Solutions, Ltd., Cuyahoga Falls, OH, EE. UU.), como elastómero y se mezcló con esferas de polímero expandible EXPANCEL 920 DU 20 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezcla de 10:01 en masa. La mezcla se impregnó en la capa porosa de ePTFE y se extrajo con un espacio de herramienta de 0,229 mm antes de tratarse térmicamente a 150ºC durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el compuesto se curó a 110ºC durante 30 minutos.

Ejemplo 5

Según un quinto ejemplo, se formó la espuma elastomérica soportada usando una única capa porosa de ePTFE que tiene un grosor inicial de aproximadamente 34 μm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm^3, para formar una región de refuerzo que soporta una región espumada en un lado. Se seleccionó un elastómero de silicona, SS-2600 (Silicone Solutions, Ltd., Cuyahoga Falls, OH, EE. UU.) como elastómero, que incluye un agente espumante premezclado. La mezcla se impregnó en la capa porosa de ePTFE y se extrajo con un espacio de herramienta de 1,321 mm. El conjunto fundido se dejó espumar y curar a temperatura ambiente durante 120 minutos.

Ejemplo 6

Según un sexto ejemplo, se formó la espuma elastomérica soportada usando una única capa porosa de ePTFE que tiene un grosor inicial de aproximadamente 8 μm y una densidad de aproximadamente 0,18 g/cm^3 para formar una región de refuerzo que soporta una región espumada en un lado. Se seleccionó un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2618 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) como elastómero y se mezcló con una combinación de esferas de polímero expandible EXPANCEL 951 DU 120 y EXPANCEL 920 DU 40 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezcla de 10:01 en masa. La relación de 951 DU 120 con respecto a 920 DU 40 fue de 1:2 en masa. La mezcla se impregnó en la capa porosa de ePTFE y se extrajo con un espacio de herramienta de 0,178 mm antes de tratarse térmicamente a 150ºC durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el compuesto se curó a 100ºC durante 60 minutos.

Ejemplo 7

Según un séptimo ejemplo, se formó la espuma elastomérica soportada usando una capa porosa de material textil tejido de poliéter éter cetona (PEEK) que tiene un grosor inicial de aproximadamente 71 μm y un área abierta de aproximadamente el 22% para formar una región de refuerzo que soporta una región espumada en un lado. Se seleccionó un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2618 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) como elastómero y se mezcló con esferas de polímero expandible EXPANCEL 951 DU 120 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezcla de 15:01 en masa. La mezcla se impregnó en la capa porosa y se extrajo con un espacio de herramienta de 1,321 mm antes de tratarse térmicamente a 150ºC durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el compuesto se curó a 100ºC durante 60 minutos. Se aplicó un revestimiento de liberación al 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

Según un octavo ejemplo, se formó la espuma elastomérica soportada usando dos capas porosas de ePTFE, que tienen cada una un grosor inicial de aproximadamente 8 μm y una densidad de aproximadamente 0,18 g/cm^3, para formar dos regiones de refuerzo que soportan una región espumada en ambos lados en una configuración intercalada. Se seleccionó un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2618 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) como elastómero y se mezcló con una combinación de esferas de polímero expandible EXPANCEL 951 DU 120 y EXPANCEL 920 DU 40 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezcla de 10:01 en masa. La relación de 951 DU 120 con respecto a 920 DU 40 fue de 1:2 en masa. La mezcla se impregnó en ambas capas porosas de ePTFE y se extrajo con un espacio de herramienta de 0,178 mm antes de tratarse térmicamente a 150ºC durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el compuesto se curó a 100ºC durante 60 minutos.

Ejemplo 9

Según un noveno ejemplo, se formó la espuma elastomérica soportada usando dos capas porosas de ePTFE, que tienen cada una un grosor inicial de aproximadamente 34 μm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm^3, para formar dos regiones de refuerzo que soportan una región espumada en ambos lados en una configuración intercalada. Se seleccionó un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2618 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) como elastómero y se mezcló con esferas de polímero expandible EXPANCEL 920 DU 20 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezcla de 10:01 en masa. La mezcla se impregnó en ambas capas porosas de ePTFE y se extrajo con un espacio de herramienta de 0,229 mm antes de tratarse térmicamente a 150ºC durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el compuesto se curó a 100ºC durante 60 minutos.

Ejemplo 10

Según un décimo ejemplo, se formó la espuma elastomérica soportada usando dos capas porosas de ePTFE, que tienen cada una un grosor inicial de aproximadamente 34 μm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm^3, para formar dos regiones de refuerzo que soportan una región espumada en ambos lados en una configuración intercalada. Se seleccionó un elastómero de silicona, SS-156 (Silicone Solutions, Ltd., Cuyahoga Falls, OH, EE. UU.), como elastómero y se mezcló con esferas de polímero expandible EXPANCEL 920 DU 20 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezcla de 10:01 en masa. La mezcla se impregnó en ambas capas

porosas de ePTFE y se extrajo con un espacio de herramienta de 0,229 mm antes de tratarse térmicamente a 150ºC durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el compuesto se curó a 110ºC durante 30 minutos.

Ejemplo 11

Según un undécimo ejemplo, se formó la espuma elastomérica soportada usando dos capas porosas de ePTFE, que tienen cada una un grosor inicial de aproximadamente 8 µm y una densidad de aproximadamente 0,18 g/cm^3, para formar dos regiones de refuerzo que soportan una región espumada en ambos lados en una configuración intercalada. Se seleccionó un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2661 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) como elastómero y se mezcló con una combinación de esferas de polímero expandible EXPANCEL 951 DU 120 y EXPANCEL 920 DU 40 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezcla de 10:01 en masa. La relación de 951 DU 120 con respecto a 920 DU 40 fue de 1:2 en masa. La mezcla se impregnó en la capa porosa de ePTFE y se extrajo con un espacio de herramienta de 0,178 mm antes de tratarse térmicamente a 150ºC durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el compuesto se curó a 100ºC durante 60 minutos.

Ejemplo 12

Según un duodécimo ejemplo, se formó la espuma elastomérica soportada usando dos capas porosas de ePTFE, que tienen cada una un grosor inicial de aproximadamente 34 µm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm^3, para formar dos regiones de refuerzo que soportan una región espumada en ambos lados en una configuración intercalada. Se seleccionó un elastómero de silicona, SS-2600 (Silicone Solutions, Ltd., Cuyahoga Falls, OH, EE. UU.) como elastómero, que incluye un agente espumante premezclado. La mezcla se impregnó en ambas capas porosas de ePTFE y se extrajo con un espacio de herramienta de 1,321 mm. El conjunto fundido se dejó espumar y curar a temperatura ambiente durante 120 minutos.

Ejemplo 13

Según un decimotercer ejemplo, se formó la espuma elastomérica soportada usando dos capas porosas de ePTFE, que tienen cada una un grosor inicial de aproximadamente 34 µm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm^3, para formar dos regiones de refuerzo que soportan una región espumada en ambos lados en una configuración intercalada. Se seleccionó un elastómero de fluorosilicona, FL 60-9201 (Dow Corning Co., Auburn, MI, EE. UU.) y se mezcló con esferas de polímero expandible EXPANCEL 920 DU 20 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezcla de 10:01 en masa. Se añadió metil etil cetona (MEK) a la mezcla de elastómero y agente espumante como disolvente, lo que llevó la mezcla a un 17% de MEK en peso, con el fin de reducir la viscosidad de la mezcla y facilitar el proceso de impregnación de los poros del sustrato. La mezcla se impregnó en ambas capas porosas de ePTFE y se extrajo con un espacio de herramienta de 0,229 mm, entonces se dejó secar desde 2 minutos antes de tratarse térmicamente a 150ºC durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el compuesto se curó a 100ºC durante 60 minutos.

Ejemplo 14

Según un decimocuarto ejemplo, se formó la espuma elastomérica soportada usando una única capa porosa de ePTFE con un grosor inicial de aproximadamente 34 µm y una densidad de aproximadamente 0,27 g/cm^3, para formar una región de refuerzo que soporta una región espumada en un lado. Se seleccionó un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2618 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) como elastómero y se mezcló con una combinación de esferas de polímero expandible EXPANCEL 951 DU 120 y EXPANCEL 920 DU 40 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezcla de 10:01 en masa. La relación de 951 DU 120 con respecto a 920 DU 40 fue de 1:2 en masa. La mezcla se impregnó en la capa porosa de ePTFE y se extrajo con un espacio de herramienta de 0,178 mm antes de tratarse térmicamente a 150ºC durante 10 minutos para activar el agente espumante. Una vez expandido, el compuesto se curó a 100ºC durante 60 minutos. Se aplicó adhesivo al lado de soporte del compuesto después de curar la matriz elastomérica. Los puntos circulares del adhesivo sensible a la presión de silicona PSA-16 (Silicone Solutions, Ltd., Cuyahoga Falls, OH, EE. UU.) se aplicaron como líquido en la cara del compuesto y entonces se curaron usando calor. El adhesivo líquido se mezcló con una base: relación catalizadora de 16:1, aplicada al compuesto y entonces se calentó a 150ºC durante aproximadamente dos minutos para curar.

Diversos ejemplos de espumas elastoméricas soportadas se han descrito anteriormente con referencia a los ejemplos 1-14. Cualquiera de los ejemplos comentados anteriormente puede combinarse con materiales adhesivos, tales como adhesivos de puntos, adhesivos impresos o películas adhesivas para fomentar la unión a las superficies. Las espumas elastoméricas a modo de ejemplo se sometieron a prueba según los métodos de prueba que se mencionan a continuación para determinar atributos físicos, tales como grosores y densidades de piezas, criterios de rendimiento tales como la capacidad de compresión (es decir, la deformación por compresión a diferentes esfuerzos aplicados) y características estructurales internas tales como la relación entre el grosor de la capa porosa y el grosor de la estructura total (porcentaje de soporte). Las métricas de rendimiento seleccionadas para los ejemplos a los que se hace referencia se comentan a continuación con referencia a las tablas 1-4.

Métodos de prueba

Grosor, densidad y porcentaje de compresión

Para someter a prueba las métricas de grosor, densidad y porcentaje de compresión físicas, se llevaron a cabo los siguientes procedimientos. En primer lugar, se cortó cada muestra de espuma elastomérica soportada con un punzón de 2,263 cm de diámetro, se pesó en una escala de precisión y entonces se colocó en 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 en la parte superior de la muestra. Se inició una prueba de deformación-esfuerzo por compresión en la que el cabezal del analizador se mueve a una tasa de deformación de 0,06 mm/min hasta alcanzar 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 grosor de la muestra se extrajo a 0,48 kPa, que está justo por encima del ruido de fondo de la celda de carga. Utilizando este grosor y la masa medida anteriormente, se calculó la densidad de cada muestra. Una vez que el analizador alcanzó 0,74 N, continuó comprimiendo la muestra a una tasa de deformación de 0,6 mm/min mientras captaba datos de carga en su celda de carga para crear una curva de deformación-esfuerzo. Las deformaciones por compresión de la muestra se extrajeron a una presión de 1 MPa y 16 MPa para representar esta curva.

Porcentaje de soporte

El grosor relativo de cada región de refuerzo, con respecto al grosor total, se midió mediante inspección visual de una sección transversal de la espuma elastomérica soportada, según los siguientes procedimientos. Cada muestra se cortó con una hoja de afeitar de acero sumergida en nitrógeno líquido en un esfuerzo por preservar la superficie en sección transversal. Estas muestras cortadas se montaron en un adhesivo y se colocaron en una SEM para su medición. Se midieron el grosor total de cada muestra y el grosor total de cada capa de soporte. El porcentaje de soporte se calculó dividiendo el grosor de cada región de refuerzo entre el grosor total de cada muestra. El tamaño de los huecos producidos en la región espumada de cada muestra puede determinarse mediante la inspección visual de la superficie en sección transversal, en la que las zonas en sección 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 en una platina en un analizador mecánico dinámico RS17 (TA Instruments, New Castle, DE, EE. UU.). Las muestras se “cargaron” mediante compresión hasta alcanzar una deformación objetivo (descrita a continuación) mientras se midió el esfuerzo para generar una curva de carga de deformación-esfuerzo. Entonces, las muestras se “descargaron” elevando el disco de compresión de vuelta a su ubicación original mientras se midió el esfuerzo para generar una curva de descarga de deformación-esfuerzo. Habitualmente, las curvas de descarga midieron un esfuerzo insignificante o nulo a una deformación nominal antes de alcanzar el 0 por ciento de deformación. La cantidad de deformación por compresión aún aplicada a una muestra cuando ya no había esfuerzo de compresión durante la curva de descarga se extrajo como una métrica para la muestra. El endurecimiento por compresión se calcula tomando esta métrica de deformación de descarga y dividiéndola entre la deformación por compresión máxima en la muestra. La diferencia de energía total en las curvas de carga y descarga se usó como una indicación de la cantidad de energía mecánica que puede almacenarse y devolverse 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 la deformación del 0 por ciento y la deformación máxima alcanzada por la muestra. La energía mecánica total en cada curva de descarga se calculó aproximando la integral definida entre la deformación máxima alcanzada por la muestra y la deformación a la que se alcanzó el esfuerzo nulo (el endurecimiento por compresión). El porcentaje de energía de deformación mantenida se calculó tomando la integral de la curva de descarga y dividiéndola entre la integral de la curva de carga.

Relajación de esfuerzo

Cada muestra se cortó con un punzón hasta un diámetro predeterminado de aproximadamente 8 mm y se colocó en una platina en el analizador mecánico dinámico RS17 (TA Instruments, New Castle, DE, EE. UU.). Cada muestra se comprimió hasta obtener una deformación objetivo mientras se medía dinámicamente el módulo de material. Mientras se mantiene en esta deformación objetivo, el módulo de material se monitoreó de manera continuada durante un periodo de tiempo prestablecido antes de descargar la muestra. El porcentaje de esfuerzo retenido se calculó dividiendo el módulo medido cinco minutos después de que se alcanzara la deformación objetivo entre el módulo medido en el momento en que se alcanzó la deformación objetivo.

Intrusión de líquido/sellado y recogida de peso

Cada muestra de entrada se cortó con un troquel para dar una forma cuadrada con un orificio centrado. Esta muestra cortada se pesó y se captó como masa antes de la inmersión. Cada muestra cortada se comprimió entre una placa de acero inoxidable y una placa de plexiglás pulida que tenía las mismas dimensiones de área que la muestra. Cada apilamiento se mantuvo unido con un perno mecanizado y una contratuerca. El porcentaje de compresión en cada muestra se calculó comparando 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 alcanzó el porcentaje de compresiones objetivo, cada apilamiento se sumergió hasta el lado de la placa de vidrio en combustible de reactor 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 superficie de contacto fijada con pernos, el líquido superficial se secó suavemente con un trozo de papel y la muestra se pesó nuevamente y se captó como masa después de la inmersión. El % de recogida de peso es el % de diferencia en la masa de la muestra después de la inmersión y antes de la inmersión. El esfuerzo en el sello de entrada se estima entonces comparando el porcentaje de compresión con la relación esfuerzo-deformación descrita anteriormente.

Datos de pruebas

La tabla 1 se refiere a las características estructurales de cada ejemplo respectivo de los ejemplos 1-14 comentados anteriormente. Se obtuvieron grosores y densidades a modo de ejemplo a una presión aplicada normalizada de aproximadamente 0,5 kPa, junto con ejemplos comparativos que incluyen el ejemplo comparativo 1: sellador líquido de polisulfuro PR-1782 B2 (PPG Industries, Inc., Pittsburgh, PA, EE. UU.); ejemplo comparativo 2: un sellador de fluorosilicona FLUOROSILICONA 50A que tiene una dureza Shore-A de 50 durómetro, nominalmente de 1 mm de grosor; y ejemplo comparativo 3: una membrana de ePTFE sencilla INTERTEX ePTFE disponible como número de pieza SQ-S PTFE, Sheet Gasket, con un grosor de 0,5 mm (Inertech, Inc., Monterey Park, CA, EE. UU.). Los ejemplos comparativos se denominan CE-1, CE-2 y CE-3.

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

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

Tal como se muestra en la tabla 1, las espumas elastoméricas soportadas a modo de ejemplo variaron en grosor desde aproximadamente 246 μm hasta aproximadamente 1,85 mm, y toleraron deformaciones por compresión desde aproximadamente el 16 hasta el 48% (a 1 MPa), o desde aproximadamente el 31 hasta el 71% (a 16 MPa), lo que

indica un grado muy alto de capacidad de compresión de las espumas a modo de ejemplo y la capacidad de ajustar la capacidad de compresión con la composición del material. Según realizaciones, las espumas elastoméricas soportadas pueden comprimirse desde aproximadamente el 20% hasta el 80% (a 16 MPa). En la tabla 1, "N/D" indica una muestra que comenzó a deformarse plásticamente o a mostrar signos de daño a 16 MPa. Las capas de sellador comparativas formadas por materiales alternativos (es decir, selladores líquidos, una capa de ePTFE) se prepararon dentro del mismo intervalo aproximado de grosores, pero, notablemente, estos selladores comparativos no mostraron deformaciones por compresión comparables a los valores de compresión en el intervalo de 1 MPa. El ejemplo comparativo de fluorosilicona, CE-1, que es una lámina de elastómero completamente densa, solo comprime un -4% bajo carga, por tanto, no puede tener un buen intervalo de trabajo. El ejemplo comparativo de polisulfuro, CE-2, de manera similar, se comprimió solo un -8% a 16 MPa, de modo que también tiene un intervalo de trabajo bajo. El ejemplo comparativo de ePTFE, CE-3, se comprime mucho más que los ejemplos comparativos de fluorosilicona o polisulfuro a un 51% a 16 Mpa. Sin embargo, el ejemplo comparativo de ePTFE toma un endurecimiento por compresión del 48% (remítase a 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 deformación en muestras seleccionadas, que incluyen el porcentaje de energía de deformación mantenida y el porcentaje de endurecimiento por compresión después de la compresión entre un 25% y un 30% de deformación. El % de energía de deformación retenida es una medición con respecto a cuánta fuerza de retorno imparte el compuesto mientras se recupera en comparación con la cantidad usada para deformar inicialmente el compuesto, y se calcula en base al área bajo una curva de esfuerzo-deformación obtenida al descargar la muestra, en comparación con el área bajo una curva de deformación-esfuerzo obtenida al cargar la muestra. Específicamente, el % de energía de deformación retenida puede definirse como la energía de deformación medida durante la descarga de la muestra (después de la deformación), dividida entre la energía de deformación medida mientras se carga inicialmente la muestra. El endurecimiento por compresión es una medición de la deformación permanente de una muestra después de una deformación aplicada, y se mide midiendo la deformación final después de descargar completamente la muestra y dividiendo este valor entre la deflexión original o la deformación máxima.

Tabla 2: Valores de histéresis para ejemplos seleccionados

N.º de ejemplo	Curva de histéresis: % de energía de deformación mantenida	Curva de histéresis: % de endurecimiento 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%
CE-1	63%*	29%*
CE-2	92%*	14%*
CE-3	92%*	48%*

Tal como se muestra en la tabla 2, la mayoría de las espumas elastoméricas soportadas sometidas a prueba lograron una recuperación casi completa después de la compresión, con endurecimientos por compresión del orden del 11-24% (en base al % de deformación aplicada) para la mayoría de los ejemplos, y al 44%, para el ejemplo 13. El ejemplo 13 tiene un grosor de región de refuerzo más alto que las otras muestras enumeradas en la tabla 2, y se diferencia de los otros ejemplos porque tiene regiones de refuerzo parcialmente impregnadas (aproximadamente el 20-60% llenas) en lugar de regiones de refuerzo completamente impregnadas. En este caso, '*' indica una deformación aplicada mayor o igual al 30%. Los ejemplos comparativos demostraron endurecimientos por compresión del 14% (fluorosilicona) al 48% (capa de ePTFE). En particular, CE-1 CE-2 son selladores de caucho que deben tener buenas propiedades de endurecimiento por compresión. Los valores para los ejemplos comparativos de caucho demostraron endurecimientos por compresión del 14% (fluorosilicona) al 29% (polisulfuro), lo que indica que las espumas elastoméricas soportadas funcionaron al menos de manera comparable a o mejor que los selladores de caucho de ejemplo comparativo en cuanto a endurecimiento por compresión. El ejemplo comparativo de ePTFE, CE-3, muestra

propiedades de endurecimiento por compresión menos satisfactorias que los selladores de caucho de ejemplo comparativo, que demostraron el 48%, pero comprime significativamente más que el CE-1 y el CE-2 que demostraron una compresión del 51% 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 tanto buenas propiedades de endurecimiento por compresión como capacidad de comprimirse a altas deformaciones. Por tanto, las espumas elastoméricas a modo de ejemplo muestran un buen comportamiento de endurecimiento por compresión al tiempo que exhiben un intervalo de compresión excelente. La alta energía de deformación retenida, tal como se muestra en los ejemplos, sugiere que serían buenos sellos dinámicos porque se recuperan bien (tal como lo indica el endurecimiento por compresión bajo), al tiempo que también mantendrían una buena fuerza de retorno (necesaria para el sellado) durante esa recuperación. Por tanto, estos valores para la energía de deformación retenida sugieren que las espumas elastoméricas a modo de ejemplo mantendrían una buena integridad de sellado a lo largo del tiempo.

La tabla 3 se refiere al porcentaje de esfuerzo retenido en muestras seleccionadas después de un periodo de relajación de cinco minutos durante una deformación constante. La deformación mantenida en las muestras estuvo entre el 18% y el 25%, excepto en algunos ejemplos designados por '*', a los que se aplicaron deformaciones más bajas (por ejemplo, deformaciones inferiores al 16%). Este valor se obtuvo midiendo el módulo de cada muestra, tanto inmediatamente después de la aplicación de la deformación máxima, como en un periodo de tiempo posterior, y dividiendo el módulo a los 5 minutos después de la deformación máxima por el módulo en el momento de la deformación máxima.

Tabla 3: relajación de esfuerzo

N.º de ejemplo	% de esfuerzo retenido
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%*

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

La tabla 4 se refiere a la capacidad de sellado comprimido y la recogida de peso de espumas elastoméricas soportadas seleccionadas contra la entrada de combustible de reactor en una celda protegida por las espumas elastoméricas soportadas, para ejemplos seleccionados. Las espumas elastoméricas soportadas a modo de ejemplo se cargaron en una celda que incluía una parte superior transparente, y se comprimieron a una presión nominal para lograr una deformación inferior al 15%. Entonces, las muestras se introdujeron en una solución teñida de combustible JP8 y se

evaluaron visualmente para determinar la penetración del combustible de reactor en la espuma cargada, y entonces se tomaron muestras para la recogida de peso (de combustible de reactor).

Tabla 4: recogida de peso y entrada de combustible de reactor

N.º de ejemplo	% de recogida de peso de combustible de reactor en inmersión comprimida	Deformación aplicada que evita la entrada de combustible de reactor	Esfuerzo estimado 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

El combustible de reactor se usó como un líquido de trabajo práctico para demostrar la efectividad de las realizaciones descritas anteriormente de espumas elastoméricas soportadas para sellar una superficie de contacto frente a un fluido de administración agresivo. Tal como se muestra en la tabla 4, las espumas elastoméricas soportadas representativas fueron efectivas en cuanto a la prevención de intrusión de líquido con una absorción mínima del combustible de reactor a una deformación aplicada relativamente baja. En algunos casos, el aparato de prueba se restableció en una o dos deformaciones aplicadas secuencialmente descendentes, comenzando con una deformación de aproximadamente el 15%, y se sometió a prueba hasta que se observó una entrada visible de combustible de reactor. Se observó un "pase" cuando se observó una entrada visible mínima (es decir, < 1%) de JP8 después de 20 horas sumergida en JP8 teñido, lo que indica que la muestra seleccionada creó un sello de entrada al % seleccionado de deformación por compresión. Los esfuerzos sobre cada muestra, a la deformación mínima de la serie de deformaciones sometidas a prueba que lograron un sello de entrada, se enumeran con referencia a la deformación aplicada en el sello de entrada. Sin embargo, cada ejemplo también puede sellar a deformaciones por debajo del esfuerzo/deformación mínima sometida a prueba que logró un "pase". Los conjuntos de prueba que incluían espumas elastoméricas soportadas según los ejemplos 2 y 9 absorbieron solo una pequeña cantidad de combustible de reactor, lo que dio como resultado una absorción de aproximadamente el 0,6% del peso de cada espuma elastomérica soportada. El conjunto de prueba que usó la espuma elastomérica soportada del ejemplo 14 en realidad perdió una pequeña cantidad de masa, probablemente debido a que uno o más puntos de adhesivo entraron en contacto con el combustible de reactor en la periferia del conjunto de prueba y perdieron masa debido a la degradación del adhesivo. Por tanto, la espuma elastomérica soportada del ejemplo 2 creó un sello de entrada al combustible de reactor JP8 a o menos del 10% de deformación por compresión y un esfuerzo de compresión de 0,59 MPa; la espuma del ejemplo 9 creó un sello de entrada al o por debajo del 11,5% de deformación por compresión y a un esfuerzo de compresión de 0,88 MPa; y la espuma del ejemplo 14 creó un sello de entrada al o por debajo del 13,7% de deformación por compresión y a un esfuerzo de compresión de 0,11 MPa.

Dependiendo de la espuma elastomérica soportada específica y otros factores estructurales, por ejemplo, la rugosidad de las superficies de contacto, etc., las espumas elastoméricas soportadas puede evitar la entrada a deformaciones tan bajas como o inferiores al 10%. En algunas realizaciones, las espumas elastoméricas pueden deformarse en una cantidad mayor o igual al 50%, 60% o 70%, según la presión aplicada; y las espumas elastoméricas evitarán la entrada de líquido a cualquier nivel adecuado de presión aplicada. Por tanto, las espumas elastoméricas soportadas pueden hacerse funcionar para sellar una superficie de contacto en un intervalo de trabajo muy amplio, es decir, a deformaciones que varían desde tan bajas como o inferiores al 10% hasta más del 70%.

Ejemplos de adhesivo

Para demostrar los beneficios del recubrimiento adhesivo discontinuo para selladores, se crearon y sometieron a prueba algunos ejemplos de selladores (que incluyen espumas elastoméricas soportadas).

El ejemplo 15 es un sellador formado por una espuma elastomérica soportada de película de ePTFE. La espuma elastomérica soportada incluye dos regiones de refuerzo, una en cada cara, y un adhesivo sensible a la presión con patrón de puntos en una de esas caras. Cada una de las dos regiones de refuerzo utiliza una capa de ePTFE porosa incrustada que tiene un grosor inicial de aproximadamente 16 μm y una densidad inicial de aproximadamente 0,28 g/cm^3 realizada por W. L. Gore and Associates. Se seleccionó un elastómero de perfluoropoliéter, SIFEL 2661 de Shin-Etsu (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) como elastómero y se mezcló con esferas de polímero expandible EXPANCEL 920 DU 20 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezcla de 6,7:01 en masa. La mezcla se impregnó en ambas capas porosas de ePTFE y se extrajo con un espacio de herramienta de 0,076 mm antes de tratarse térmicamente a 150ºC durante 10 minutos para activar el agente espumante y comenzar el curado del elastómero. El compuesto se trató entonces térmicamente a 100ºC durante 60 minutos para completar el curado. Se aplicó un patrón del adhesivo sensible a la presión de dos partes PSA-16 (Silicone Solutions, Ltd., Cuyahoga Falls, OH, EE. UU.) usando una forma realizada de una lámina de acero inoxidable de aproximadamente 0,025 mm de grosor con un patrón de orificios. El adhesivo sensible a la presión PSA-16 se preparó mezclando la parte A y la parte B en una relación de 16:01 en masa. El adhesivo mezclado PSA-16 se aplicó sobre el acero y el compuesto de espuma elastomérica soportada debajo del acero se recubrió selectivamente con el adhesivo líquido.

El compuesto recubierto con adhesivo se trató entonces térmicamente a 125ºC durante 75 minutos para curar el adhesivo. Este sellador a modo de ejemplo se muestra en ambas figuras 8 y 9; en donde la figura 8 muestra una imagen de superficie superior tomada con un aumento de 10X, y la figura 9 muestra una imagen en sección transversal tomada con un aumento de 57X. Para la sección transversal, la muestra se cortó con una hoja de afeitar de acero sumergida en nitrógeno líquido en un esfuerzo por preservar la superficie en sección transversal. El patrón de adhesivo emplea "puntos" de adhesivo que tienen diámetros de aproximadamente 0,97 mm, un espacio de borde a borde de cada punto al siguiente punto más cercano de aproximadamente 2,19 mm, y cada punto de adhesivo tiene un grosor de aproximadamente 0,031 mm.

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

El ejemplo 17 es un sellador formado usando una espuma elastomérica soportada y adhesivo sensible a la presión similares a los del ejemplo 15, es decir, espuma elastomérica soportada a base de SIFEL 2661, con una geometría de adhesivo diferente. En el ejemplo 17, el adhesivo sensible a la presión PSA-16 se aplica en forma de cuadrados discontinuos poco separados, separados aproximadamente 4,24 mm de distancia y que tienen unas dimensiones de aproximadamente 1 mm.

Según algunas realizaciones, los adhesivos discontinuos pueden aplicarse a capas de sellador compresibles distintas de las espumas elastoméricas soportadas. En consecuencia, el ejemplo 18 es un sellador formado a partir de la espuma Buna-N disponible comercialmente (acrilonitrilo butadieno), disponible en McMaster-Carr como número de pieza 1887T32 (McMaster-Carr, Santa Fe Springs, CA, EE. UU.). En el ejemplo 18, se usa una espuma de 1/16" (1,5875 mm) con la misma geometría de adhesivo y adhesivo descritos anteriormente con respecto al ejemplo 15, es decir, un patrón de adhesivo que emplea "puntos" de adhesivo del adhesivo sensible a la presión PSA-16 con diámetros de aproximadamente 0,97 mm, separación de borde a borde de cada punto al siguiente punto más cercano de aproximadamente 2,19 mm, y teniendo cada punto de adhesivo un grosor de aproximadamente 0,031 mm.

El rendimiento de los selladores a modo de ejemplo de los ejemplos 15 y 18 (que emplean regiones adhesivas discontinuas) se midió en comparación con el rendimiento de selladores de ejemplo comparativo con recubrimientos de adhesivo continuos.

Los ejemplos comparativos CE-4 y CE-5 muestran el rendimiento de referencia para los dos tipos de sellos usados en las muestras sometidas a prueba, una espuma Sifel 2661 soportada con película (CE-4) y una espuma Buna-N (CE-5) sin recubrimientos de adhesivo. 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 ninguno del material compuesto se disolvió en el fluido de administración y penetró muy poco en el sello. El CE-4 muestra un valor del 0,3%, que cumple con esta descripción. El CE-5 muestra un valor más alto del 16,4%, lo que significa que una pequeña cantidad del fluido de administración pudo penetrar en el sello, pero que el material no se disolvió.

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

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

Los ejemplos comparativos CE-6 y CE-7 incluyen un recubrimiento de adhesivo continuo y muestran la diferencia entre el rendimiento de sello de recubrimiento de adhesivo continuo y discontinuo y la compatibilidad química. En particular, tanto el CE-6 como el CE-7 experimentan un cambio de masa negativo significativo después de la inmersión comprimida en JP-8, lo que indica un ataque químico sobre el adhesivo continuo. Todos los ejemplos que usan 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 1/16" de grosor, 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 similar a la descrita en el ejemplo 15. Todos los ejemplos que usan un adhesivo acrílico sensible a la presión 3M SP-7555 con endurecimiento con UV usan una etapa de aplicación similar a la descrita en el ejemplo 15, pero se curaron con

una fuente de luz UV de alta intensidad Bluewave 75 de Dymax a una distancia de 0,5-3 pulgadas de la superficie durante al menos 30 segundos.

La tabla 5 se refiere a la recogida de peso comprimido de espumas elastoméricas soportadas recubiertas con adhesivo y espumas Buna-N seleccionadas contra la entrada de combustible de reactor en una celda protegida por las espumas, para ejemplos seleccionados. Las espumas recubiertas con adhesivo a modo de ejemplo se cargaron en una celda que incluía una parte superior transparente, y se comprimieron a una presión nominal para lograr una deformación por compresión de entre el 10 y el 25%. Entonces, las muestras se introdujeron en una solución teñida de combustible JP8 y se tomaron muestras para la recogida de peso (de combustible de reactor JP8).

Tabla 5: ejemplos de adhesivo: recogida de peso y entrada de combustible de reactor

N.º de ejemplo	Descripción del sellador	Descripción del adhesivo	% de recogida de peso de combustible de reactor en inmersión comprimida
15	Espuma elastomérica soportada	PSA-16 Patrón de puntos circulares ajustado	-0,6%
16	Espuma elastomérica soportada	3M SP-7555 Patrón circular ajustado de PSA acrílico	No sometido a prueba
17	Espuma elastomérica soportada	PSA-16 Patrón cuadrado poco separado	No sometido a prueba
18	Espuma Buna-N	PSA-16 Patrón de puntos circulares ajustado	14,0%
CE-4	Espuma elastomérica soportada	Sin recubrimiento de adhesivo	0,3%
CE-5	Espuma Buna-N	Sin recubrimiento de adhesivo	16,4%
CE-6	Espuma elastomérica soportada	PSA-16 Recubrimiento continuo	-13,6%
CE-7	Espuma Buna-N	PSA-16 Recubrimiento continuo	-4,6%

El combustible de reactor se usó como un líquido de trabajo práctico para demostrar la efectividad de las realizaciones descritas anteriormente de regiones adhesivas con patrones discontinuos para resistir la degradación frente a un fluido de administración agresivo. Cada uno de los dos tipos de sellos usados, es decir, la espuma elastomérica soportada y la espuma Buna-N, es estable en el combustible de reactor JP8. El adhesivo sensible a la presión PSA-16 usado no es estable en el combustible de reactor JP8. Tal como se describió 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 superficie de contacto y degrade el adhesivo. En el caso de un patrón discontinuo de adhesivo, el cuerpo compresible del sello puede comprimirse alrededor de cada región adhesiva y protegerla frente al 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 de adhesivo con una recogida de peso del -0,6%. Sin embargo, un sello similar con un recubrimiento de adhesivo continuo, ejemplo CE-6, tiene una recogida de peso del -13,6%, lo que sugiere una degradación y una entrada significativamente mayores. De manera similar, para las muestras de espuma Buna-N, el ejemplo de recubrimiento de adhesivo continuo, CE-7, mostró una recogida de peso significativamente más negativa que el ejemplo 18 con un patrón de adhesivo discontinuo del -4,6% en comparación con el 14,0%. Se realizó una prueba de control para cada sustrato compresible, es decir, para la espuma Buna-N, así como para la espuma elastomérica soportada, en el que se realizó una prueba de recogida de peso y de entrada de combustible de reactor usando solo cada sellador respectivo sin adhesivo. La prueba de control de la espuma elastomérica tuvo una recogida de peso del 0,3%. La prueba de control de la espuma Buna-N tuvo una recogida de peso del 16,4%. La tabla 6 muestra los mismos resultados de prueba de inmersión comprimida representados como datos normalizados con respecto a las muestras de control, ejemplos CE-4 y CE-5. Con ambos tipos de selladores, al añadir un patrón de puntos ajustados de adhesivo, el % de valor de recogida de peso disminuye ligeramente, en un 0,9% y un 2,4% para la espuma elastomérica soportada y Buna-N, respectivamente, lo que muestra una ligera degradación de los puntos cerca de un borde cortado. De nuevo con ambos tipos de selladores, al añadir un recubrimiento continuo de adhesivo, el % de valor de recogida de peso disminuye drásticamente, en un 13,9% y un 21,0% para la espuma elastomérica soportada y Buna-N, respectivamente, lo que demuestra que se produce una degradación significativamente mayor de un adhesivo continuo que de un adhesivo discontinuo con patrón de puntos.

En el caso de ambos tipos de sellos (es decir, espuma elastomérica soportada y espuma Buna-N), cuando se aplica una capa continua de adhesivo que no es químicamente estable en el combustible de reactor, el % de cambio de masa es un valor significativamente negativo debido a la disolución del adhesivo al entrar en contacto con el combustible de reactor. Al aplicar el mismo adhesivo en un recubrimiento de adhesivo discontinuo, la magnitud del % de cambio de masa disminuye en gran medida, ya que la mayoría de las regiones adhesivas están selladas frente al contacto con el combustible por el material de sello conformable que es estable en el combustible de reactor. 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 de inmersión comprimidos normalizados

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

Pruebas de estabilidad térmica y química

Se produjeron y se sometieron a prueba realizaciones adicionales de espumas elastoméricas soportadas y componentes de las espumas compuestas para determinar la estabilidad de la temperatura y diversas características de rendimiento mecánico.

Ejemplo 19 - para pruebas de estabilidad química y de temperatura y de fugas de helio

Según un decimonoveno ejemplo, se formó una espuma elastomérica soportada que tiene un grosor de aproximadamente 300 μm usando dos capas de soporte porosas similares realizadas de ePTFE de 0,28 g/cc con grosores de aproximadamente 16 μm, que intercalan una región espumada. La región espumada se formó de una mezcla de elastómero/reactivo espumante que contiene SIFEL 2661 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP) como elastómero y esferas de polímero en expansión EXPANCEL 920 DU 20 (Expancel, Sundsvall, Suecia) como agente espumante, en una relación de mezcla de 7:1 en masa.

Ejemplo 20 - para estabilidad de temperatura

Según un vigésimo ejemplo, se formó un elastómero soportado usando una capa de soporte porosa realizada de ePTFE de 0,27 g/cc que tiene grosores de aproximadamente 34 μm completamente rellenos con elastómero de SIFEL 2661 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokio, JP). La estabilidad a altas temperaturas de todo el compuesto de espuma elastomérica soportada dependerá de la estabilidad de la temperatura del elastómero soportado o de la estabilidad de la temperatura del agente espumante, lo que sea más bajo.

Datos de estabilidad de temperatura (alta y baja)

Las mediciones de pruebas de estabilidad a bajas temperaturas se llevaron a cabo usando una muestra preparada según el ejemplo 19 mientras se realizaban pruebas en un analizador mecánico dinámico (DMA). La temperatura de transición vítrea de la espuma elastomérica soportada puede calcularse usando un cambio en el módulo complejo (DMA). Las mediciones de pruebas de estabilidad a altas temperaturas se llevaron a cabo usando una muestra preparada según el ejemplo 20 mientras se realizaban pruebas en un analizador termogravimétrico (TGA). La alta temperatura de uso puede calcularse observando la pérdida de masa durante un barrido de temperatura (TGA).

Las mediciones de estabilidad de temperatura comparativas se llevaron a cabo usando una muestra preparada según el ejemplo 19 mientras se realizaba un barrido de temperatura de temperaturas muy bajas a altas y se midieron los efectos de la temperatura sobre la muestra mediante análisis mecánico dinámico (DMA) y análisis termogravimétrico (TGA). Se prepararon y sometieron a prueba los ejemplos comparativos según los mismos protocolos de prueba, que incluyen una muestra de sellador de baja densidad de polisulfuro (PR-1782 B2) (PRC-Desoto International, Inc., Sylmar, CA, EE. UU.); una muestra de elastómero SIFEL 2661 (Shin-Etsu) probada por sí sola, una muestra del sellador de caucho KALREZ Spectrum K n.º 5021 (DuPont, Inc., DE, EE. UU.). El polisulfuro se eligió debido a su uso común como sellador líquido en la industria aeronáutica, y KALREZ se eligió como un caucho químicamente resistente comúnmente conocido.

La temperatura de transición vítrea se calculó mediante el cambio en el módulo complejo a medida que la muestra se sometió a una deformación de tracción repetida mediante un analizador mecánico dinámico RSA3 (TA Instruments, New Castle, DE, EE. UU.) en modo de tracción a una frecuencia de 1 Hz. Cada una de las muestras comparativas de SIFEL 2661 pura y polisulfuro tuvo una temperatura de transición vítrea (TG) de aproximadamente -45ºC, mientras que la espuma elastomérica soportada del ejemplo 19 tuvo una TG ligeramente más baja a -50ºC. La muestra comparativa de caucho KALREZ tuvo una TG significativamente más alta de aproximadamente -8ºC. Esto muestra que, aunque KALREZ puede tener el nivel adecuado de resistencia química, no tiene un rendimiento satisfactorio a bajas temperaturas para la mayoría de las aplicaciones aeroespaciales. Sin embargo, la espuma elastomérica soportada del ejemplo 19 proporciona ambas propiedades.

La muestra de SIFEL 2661 tal como se describió anteriormente se sometió a prueba bajo TGA usando un analizador termogravimétrico Q5000IR (TA Instruments, New Castle, DE, EE. UU.) y se sometió a un aumento de temperatura a partir de la temperatura ambiente. La muestra mostró una pérdida de masa del 1% a 266ºC, lo que indica una resistencia a la temperatura satisfactoria hasta al menos esta temperatura. Cuando se combina con las capas porosas de ePTFE, el conjunto (es decir, el compuesto del ejemplo 20) mostró una pérdida de masa inferior al 1% a través de más de 200ºC, lo que también indica una resistencia a la temperatura satisfactoria para el compuesto. Tal como se comentó anteriormente, la estabilidad de temperatura del compuesto de espuma elastomérica soportada dependerá del agente espumante elegido, es decir, la menor de las temperaturas estables del elastómero, el refuerzo de las capas porosas de ePTFE y el agente espumante.

Estabilidad de fluidos de aeronave

La compatibilidad líquida se midió para una muestra de espuma elastomérica según el ejemplo 19, así como dos muestras de polisulfuro líquido comparativas: sellador de polisulfuro de grado B2 PR-1782-B-2 y sellador de polisulfuro de grado C2 PR-1782 C-2 (PPG Industries, Inc., Pittsburgh, PA, EE. UU.). Las muestras se sometieron a una prueba de intrusión de líquido/recogida de peso diferente a la descrita anteriormente. Cada muestra se cortó para dar una forma circular con un punzón y entonces se pesó para obtener una masa inicial. Para cada material, las pilas de 3 réplicas respectivas se ensamblaron usando abrazaderas de acero inoxidable cortadas que tienen un orificio pasante dimensionado aproximadamente para que coincida con las muestras, para permitir que ambas superficies frontales de cada muestra queden expuestas al fluido mientras se ejerce compresión sobre el perímetro de la muestra. El perímetro de la muestra se comprimió ligeramente entre dos piezas cortadas de material delgado de acero inoxidable. Entonces la pila se sumergió en el fluido de interés en un vaso de precipitados durante 20 horas. Después del desmontaje, las muestras se secaron suavemente y se pesaron para obtener una masa final.

Los resultados de las pruebas de inmersión se obtuvieron en forma de cambio de peso de la muestra debido a la inmersión en cada uno de agua, combustible JP8 y fluido hidráulico para aeronaves SKYDROL LD4 (Eastman Chemical Company, Inc., Kingsport TN, EE. UU.). La espuma elastomérica según el ejemplo 19 mostró un cambio de peso mínimo, es decir, menos del 2% en cada fluido de administración, y era químicamente estable, es decir, no presentó pérdida de masa. El sellador de polisulfuro de grado B2 mostró aproximadamente un 20% de absorción de masa del fluido hidráulico y una ligera degradación (pérdida de masa) en el combustible de reactor JP8. El sellador de polisulfuro de grado C2, aunque era estable en combustible JP8, mostró una absorción de líquido en agua significativa (> 10% de masa) y en fluido hidráulico (aproximadamente el 55% de masa). Los resultados indican una excelente estabilidad de la espuma elastomérica frente a estos tipos comunes de fluidos de administración que se encuentran en aplicaciones aeroespaciales.

Prueba de fuga de helio (He)

Se sometió a prueba una muestra del compuesto de espuma elastomérica según el ejemplo 19 para determinar la eficacia del sello contra el gas usando helio en un protocolo de prueba de fuga de gas similar a la prueba normalizada europea EN13555. La muestra se cortó para dar un anillo que tenía un diámetro interior de 49 mm y un diámetro exterior de 92 mm y se colocó en una posición de junta entre una placa elevada DN40 y una brida ciega PN40, ambas de acero y que tenían una rugosidad superficial habitual de aproximadamente Ra 3,2-6,3 μm. El conjunto de muestra se sometió a una carga en un banco de prueba de sellador TEMES fl.ai1 multipropósito de AMTEC (AMTEC Advanced Measurement GmbH, Alemania) mientras se sometía a un flujo de helio a una presión diferencial constante de 1,5 bar (0,15 MPa). La muestra se sometió a un esfuerzo de compresión inicial de 1 MPa, entonces se redujo a 0,3 MPa para caracterizar la recuperación, entonces se aumentó secuencialmente en esfuerzo de compresión a 200 MPa, y entonces se redujo a 0,3 MPa, con el objetivo de detectar limitaciones en la capacidad de la muestra para mantener un sello de gas después de la recuperación frente a deformaciones por compresión cada vez más importantes, es decir, deformaciones que simulan la presión de fijación o la presión de sujeción de un componente instalado. La tasa de fuga de helio es un criterio común para medir la potencia de sellado de una junta. Los criterios de eficacia comunes para un sello de gas generalmente son por lo menos tan bajos como una tasa de fuga de He de 10^{-2} mg/m/seg, y para los sellos de líquido al menos tan bajos como una tasa de fuga de He de 10^{-1} mg/m/seg. Aunque algunos elastómeros (por ejemplo, la silicona) pueden lograr sellos con tasas de fuga de gas muy bajas (es decir, $<10^{-1}$ mg/m/seg de He), tales materiales tienden a “aplastarse” a esfuerzos de compresión superiores a 30 MPa, después de lo cual ya no proporcionan un sello eficaz cuando se reduce el esfuerzo de compresión. Tales materiales también pueden fallar mecánicamente tras tal esfuerzo de compresión, lo que conlleva la creación de trayectorias de fuga.

Se encontró que la junta formada por el compuesto de espuma elastomérica formaba un sello estanco al gas a presiones de fijación muy bajas y bajo un esfuerzo mecánico repetido, significativo. En las condiciones experimentales anteriores, se observó una tasa de fuga inicial de He inferior a 10^{-6} mg/m/seg al esfuerzo de junta inicial (es decir, presión de fijación) de 1 MPa, lo que indica que la junta forma un sello estanco al gas a presiones de fijación menores que o iguales a 1 MPa. La tasa de fuga de He permaneció por debajo de 10^{-6} durante la recuperación inicial a 0,3 MPa de esfuerzo de compresión, y se mantuvo por debajo de 10^{-6} durante todo el ciclo de esfuerzo de compresión a 200 MPa y de vuelta a 0,3 MPa, lo que indica además que también se forma un sello estanco al gas y se retiene a presiones de fijación a o por debajo de 0,3 MPa. Finalmente, tras la inspección visual de la muestra después del ciclo de esfuerzo, no se observaron aplastamientos ni daños permanentes. En resumen, el compuesto de espuma elastomérica del ejemplo 19 muestra una tasa de fuga de He menor que 10^{-6} mg/m/seg a una presión diferencial de He de 0,15 MPa en un intervalo de esfuerzos de compresión de 0,3 MPa a 200 MPa, y mantiene una tasa de fuga de He menor que 10^{-6} tras la recuperación después de un esfuerzo de compresión de hasta mínimo 200 MPa.

Ahora se ha descrito la invención en detalle con motivos de claridad y comprensión. Sin embargo, aquellos expertos en la técnica apreciarán que pueden llevarse a la práctica determinados cambios y modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

En la descripción anterior, a efectos de explicación, se han expuesto numerosos detalles con el fin de proporcionar una comprensión de diversas realizaciones de la presente divulgación. Sin embargo, resultará evidente para un experto en la técnica que pueden llevarse a la 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 (por ejemplo, densidades de material, porosidades, grosores, materiales alternativos, etc.) pueden combinarse o usarse en lugar de los materiales descritos en otras realizaciones, excepto cuando esté explícitamente contraindicado.

Tras haber dado a conocer diversas realizaciones, se reconocerá por los expertos en la técnica que pueden usarse diversas modificaciones, construcciones alternativas y equivalentes sin alejarse del alcance de las reivindicaciones.

Cuando se proporciona un intervalo de valores, se entiende que cada valor en cuestión, con respecto a la fracción más pequeña de la unidad del límite inferior, a menos que el contexto indique claramente lo contrario, también se da a conocer específicamente entre los límites superior e inferior de ese intervalo. Se abarca cualquier intervalo más estrecho entre cualquier valor declarado o aquellos valores en cuestión no declarados en un intervalo establecido y cualquier otro valor declarado o en cuestión en ese intervalo establecido. Los límites superior e inferior de esos intervalos más pequeños pueden incluirse o excluirse de manera independiente en el intervalo, y cada intervalo en el que ninguno o ambos límites están incluidos en los intervalos más pequeños también se abarcan dentro de la presente divulgación, sujeta a cualquier límite específicamente excluido en el intervalo establecido. Cuando el intervalo establecido incluye uno o ambos límites, también se incluyen los intervalos que excluyen cualquiera o ambos de esos límites incluidos.

Tal como se usa en el presente documento y en las reivindicaciones adjuntas, las formas en singular “un”, “una” y “el/la” incluyen referencias en plural a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Además, las palabras “comprenden”, “que comprende(n)”, “contiene”, “que contiene(n)”, “incluyen”, “que incluye(n)” e “incluye”, cuando se utilizan en esta memoria descriptiva y en las siguientes reivindicaciones, están destinadas a especificar la presencia de características, números enteros, componentes o etapas especificados, pero no excluyen la presencia o adición de una o más características, números enteros, componentes, etapas, actos o grupos adicionales.

REIVINDICACIONES

1. Un compuesto (100, 300, 400A, 400B, 502, 602, 702, 900, 1002) elastomérico soportado, que comprende:

una matriz (102, 402) elastomérica que comprende un elastómero y que comprende:

una región (106, 308, 406, 506, 608, 708, 1006) espumada que comprende una pluralidad de celdas (108, 310, 312, 408, 508, 610, 710, 1008) llenas de gas definidas por el elastómero; y

una primera región (104, 304, 404, 504, 604, 704, 902, 1004) de refuerzo que comprende una capa (204) porosa que tiene una red interconectada de poros al menos parcialmente impregnada con el elastómero y colocada en un primer lado de la región espumada, caracterizado porque la capa porosa comprende una membrana de polímero poroso, una estera fibrosa tejida, una estera fibrosa no tejida, un material textil tejido de fibra de vidrio o un material textil no tejido de fibra de vidrio, en el que el compuesto está configurado para tener una tasa de fuga de He menor o igual a 10^{-2} mg/m/seg cuando se mide según la prueba de fuga de helio descrita en el presente documento cuando se comprime entre un par de superficies de contacto bajo un esfuerzo de compresión menor o igual a 1 MPa para crear un sello estanco al gas.

2. El compuesto (100, 300, 400A, 400B, 502, 602, 702, 900, 1002) según la reivindicación 1, en el que la tasa de fuga de He se mide bajo un esfuerzo de compresión menor o igual a 0,3 MPa.

3. El compuesto (100, 300, 400A, 400B, 502, 602, 702, 900, 1002) según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el compuesto crea el sello estanco al gas contra el par de superficies de contacto con una tasa de fuga de He menor o igual a 10^{-4} mg/m/seg, o menor o igual a 10^{-6} mg/m/seg a una presión diferencial de He de 0,15 MPa.

4. El compuesto (100, 300, 400A, 400B, 502, 602, 702, 900, 1002) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:

- el compuesto crea el sello estanco al gas contra el par de superficies de contacto con una tasa de fuga de He menor o igual a 10^{-2} mg/m/seg, preferiblemente menor o igual a 10^{-6} mg/m/seg, a una presión diferencial de He de 0,15 MPa cuando el compuesto se somete a ciclos de esfuerzo de compresión repetidos entre 200 MPa y 0,3 MPa a una presión diferencial de He de 0,15 MPa; y/o

- el compuesto soporta un esfuerzo de compresión repetido de hasta 200 MPa sin dañar el compuesto.

5. El compuesto (100, 300, 400A, 400B, 502, 602, 702, 900, 1002) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el compuesto tiene una temperatura de transición vítrea de -45ºC o menos, preferiblemente -50ºC o menos.

6. El compuesto (100, 300, 400A, 400B, 502, 602, 702, 900, 1002) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el compuesto evita la entrada de fluido mientras es inferior o igual al 15% de deformación por compresión, preferiblemente inferior al 10%, preferiblemente inferior al 5%.

7. El compuesto (100, 300, 400A, 400B, 502, 602, 702, 900, 1002) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la capa (204) porosa está completamente impregnada con el elastómero.

8. El compuesto (100, 300, 400A, 400B, 502, 602, 702, 900, 1002) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la región (104, 304, 404, 504, 604, 704, 902, 1004) de refuerzo es una primera región (304, 604, 704, 902) de refuerzo, y que comprende además una segunda región (306, 606, 706, 906) de refuerzo, que comprende una segunda capa porosa que tiene una segunda red interconectada de poros al menos parcialmente impregnada con el elastómero, en el que

la primera región de refuerzo está colocada en un primer lado de la región espumada, y

la segunda región de refuerzo está colocada en un segundo lado de la región espumada opuesto al primer lado.

9. El compuesto (100, 300, 400A, 400B, 502, 602, 702, 900, 1002) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un patrón de puntos (412, 908, 1012, 1014) circulares adhesivos discontinuos colocados a lo largo de uno o ambos de un primer lado y un segundo lado opuesto del compuesto.

10. El compuesto (100, 300, 400A, 400B, 502, 602, 702, 900, 1002) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:

- la región (104, 304, 306, 404, 504, 604, 606, 704, 706, 902, 906, 1004) de refuerzo está sustancialmente libre de celdas llenas de gas; y/o

- la capa (204) porosa comprende una de una película de fluoropolímero expandido, una película de politetrafluoroetileno expandido (ePTFE), un material textil tejido de poliéter éter cetona (PEEK) o un material de fibra de vidrio; y/o

- la capa (204) porosa comprende una película de ePTFE que tiene un grosor de aproximadamente 1 a 300 μm, preferiblemente de aproximadamente 1 a 100 μm, o preferiblemente de 8 a 35 μm.

11. El compuesto (100, 300, 400A, 400B, 502, 602, 702, 900, 1002) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:

- el elastómero es un primer elastómero y la matriz (102, 402) elastomérica comprende además un segundo elastómero, en el que los elastómeros primero y segundo se mezclan para formar la matriz elastomérica; y/o

- el elastómero comprende una silicona, fluorosilicona, perfluoropoliéter u otro fluoroelastómero.

12. El compuesto (100, 300, 400A, 400B, 502, 602, 702, 900, 1002) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la región (106, 308, 406, 506, 608, 708, 1006) espumada se forma a partir de uno de: una mezcla espumada que comprende el elastómero y un agente espumante, un agente espumante químico añadido al elastómero, o una mezcla espumada que comprende el elastómero y un agente espumante en seco activado por calor que comprende opcionalmente esferas de polímero en expansión activadas por calor.

13. El compuesto (100, 300, 400A, 400B, 502, 602, 702, 900, 1002) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un patrón de regiones (412, 908, 1012, 1014) adhesivas discontinuas conectadas con al menos una de una primera superficie o una segunda superficie de la matriz elastomérica, en el que la matriz (102, 402) elastomérica puede hacerse funcionar para conformarse alrededor de las regiones 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 superficie primera o segunda.

14. Una junta de sellado en seco o una arandela de sellado en seco que comprende el compuesto (100, 300, 400A, 400B, 502, 602, 702, 900, 1002) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

FIG. 1

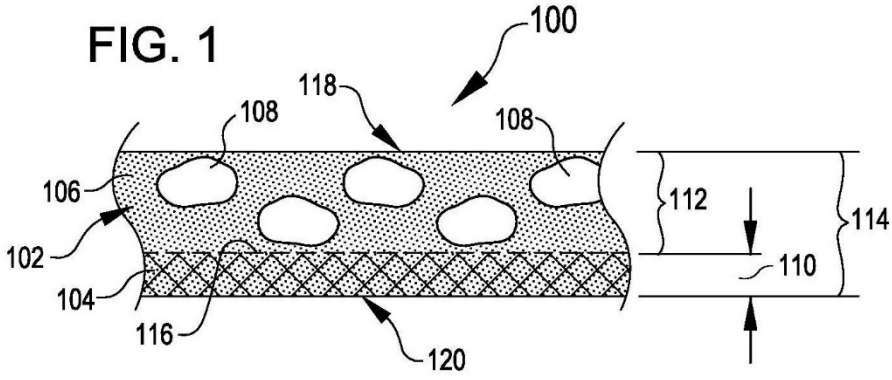

100
118
108
108
106
102
104
116
120
112
114
110

FIG. 2

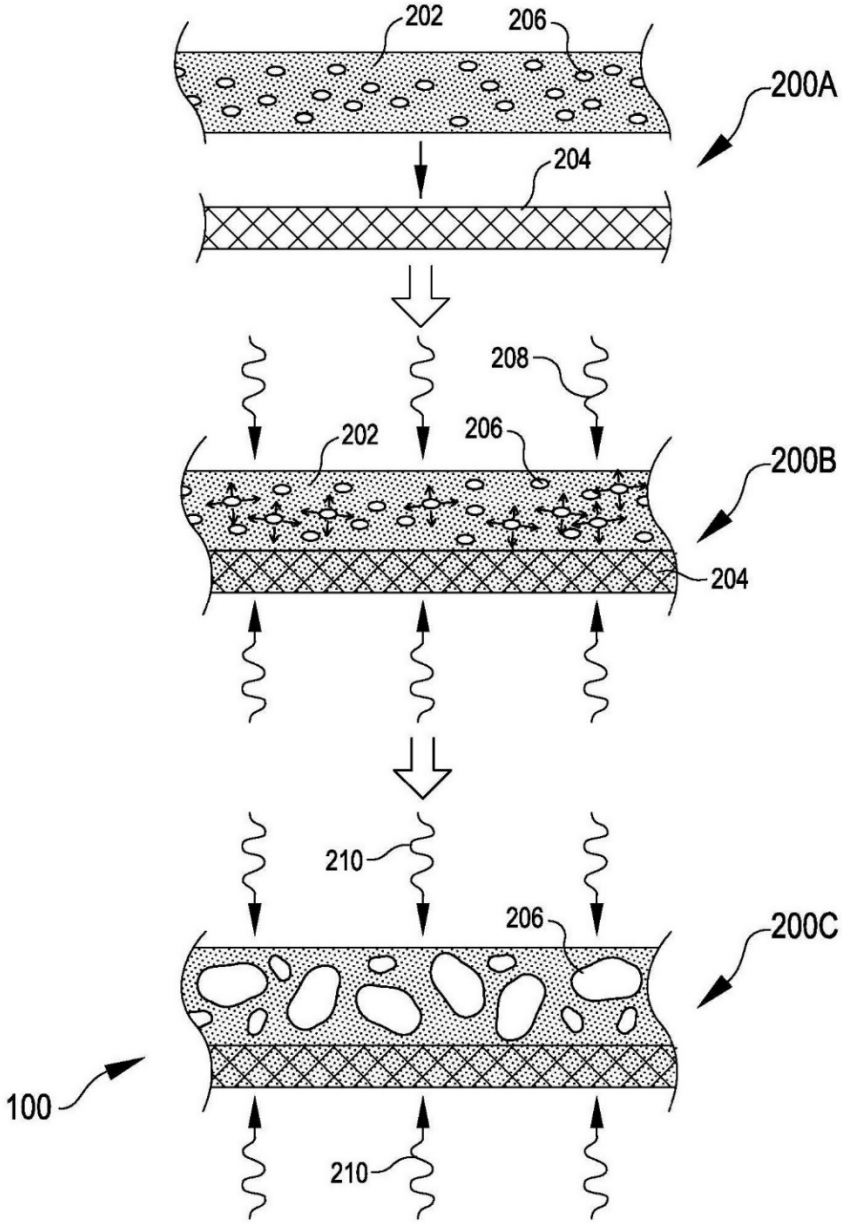

202
206
200A
204
208
202
206
200B
204
210
206
200C
100
210

FIG. 3

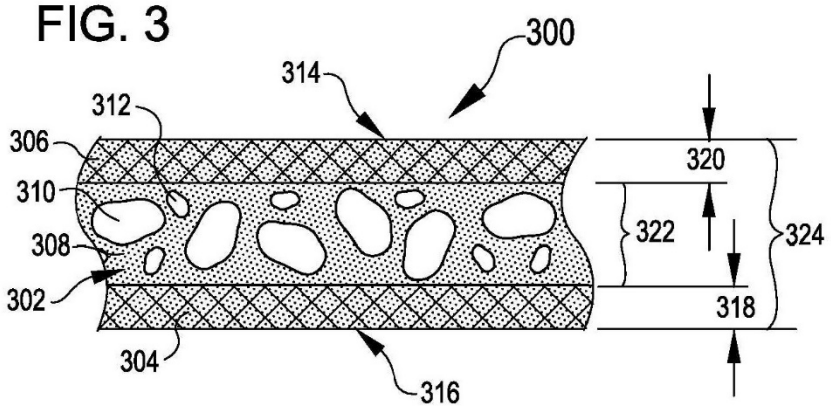


FIG. 4A

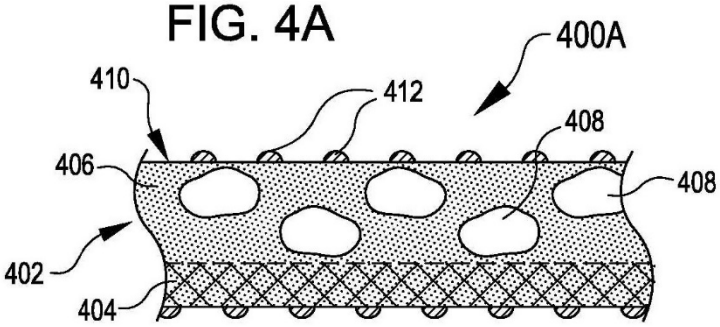


FIG. 4B

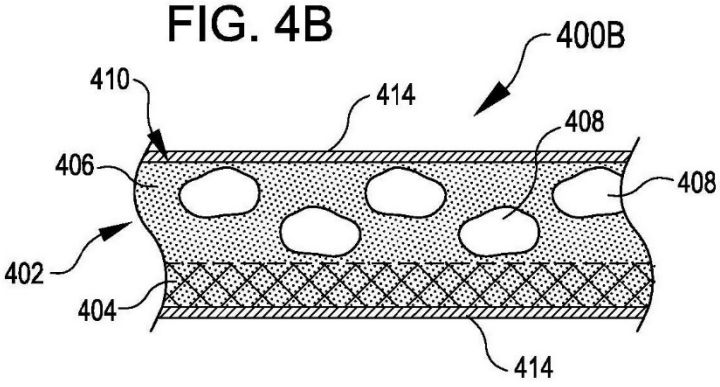


FIG. 5

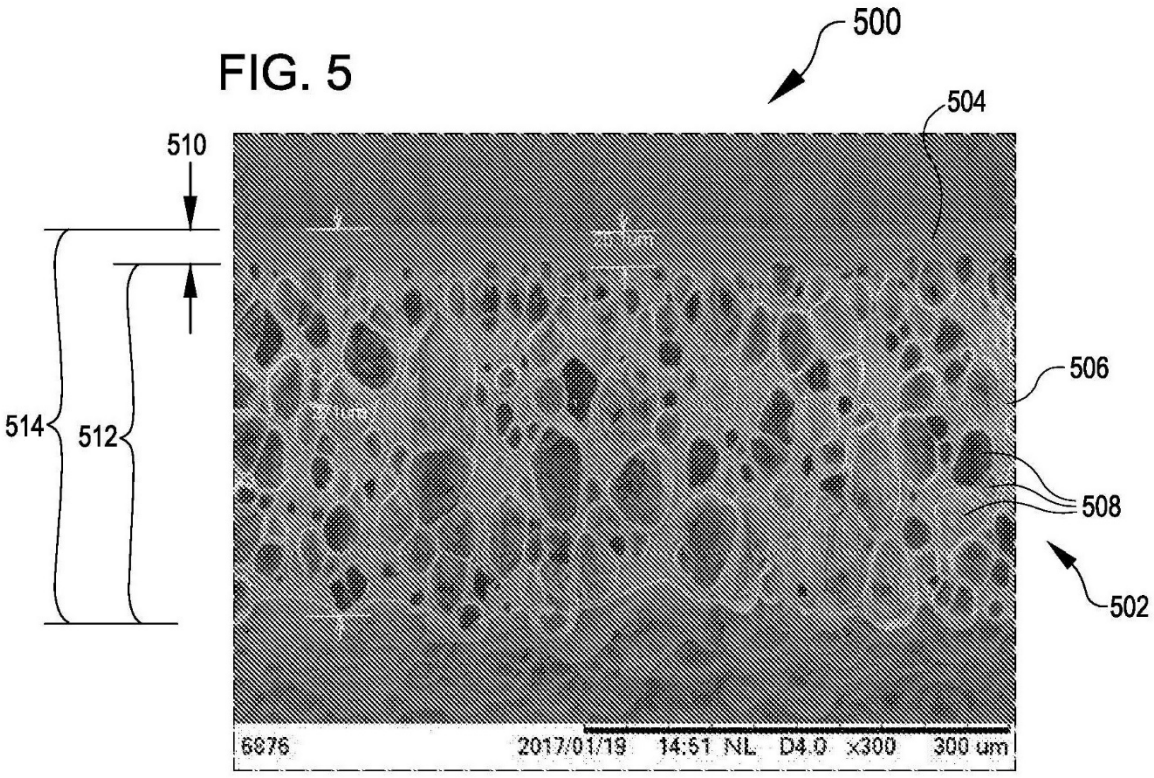

500
504
510
514
512
506
508
502
6876 2017/01/19 14:51 NL D4.0 x300 300 um

FIG. 6

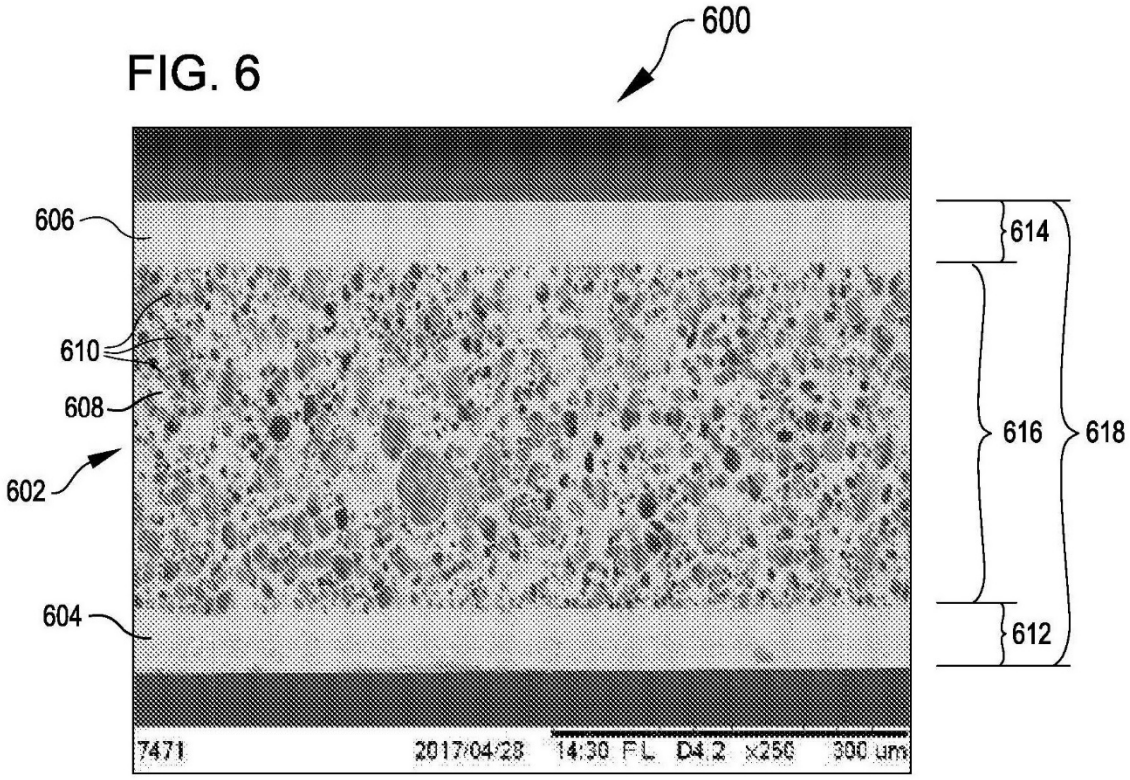

600
606
610
608
602
604
614
616
618
612
7471 2017/04/28 14:30 FL D4.2 x250 300 um

FIG. 7A

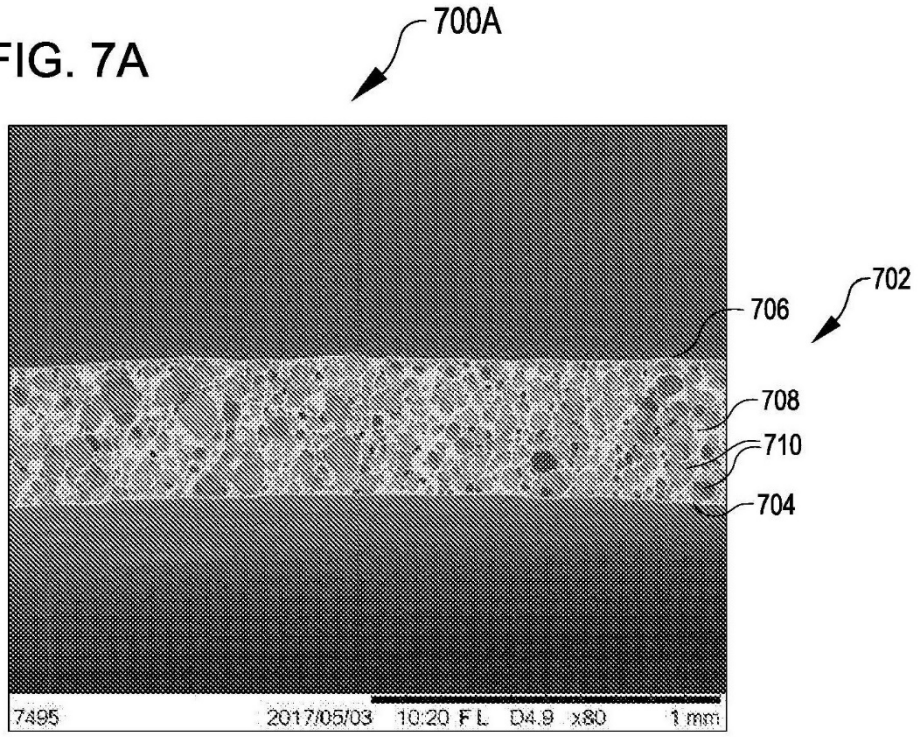

700A
702
706
708
710
704
7495 2017/05/03 10:20 FL D4.9 x80 1 mm

FIG. 7B

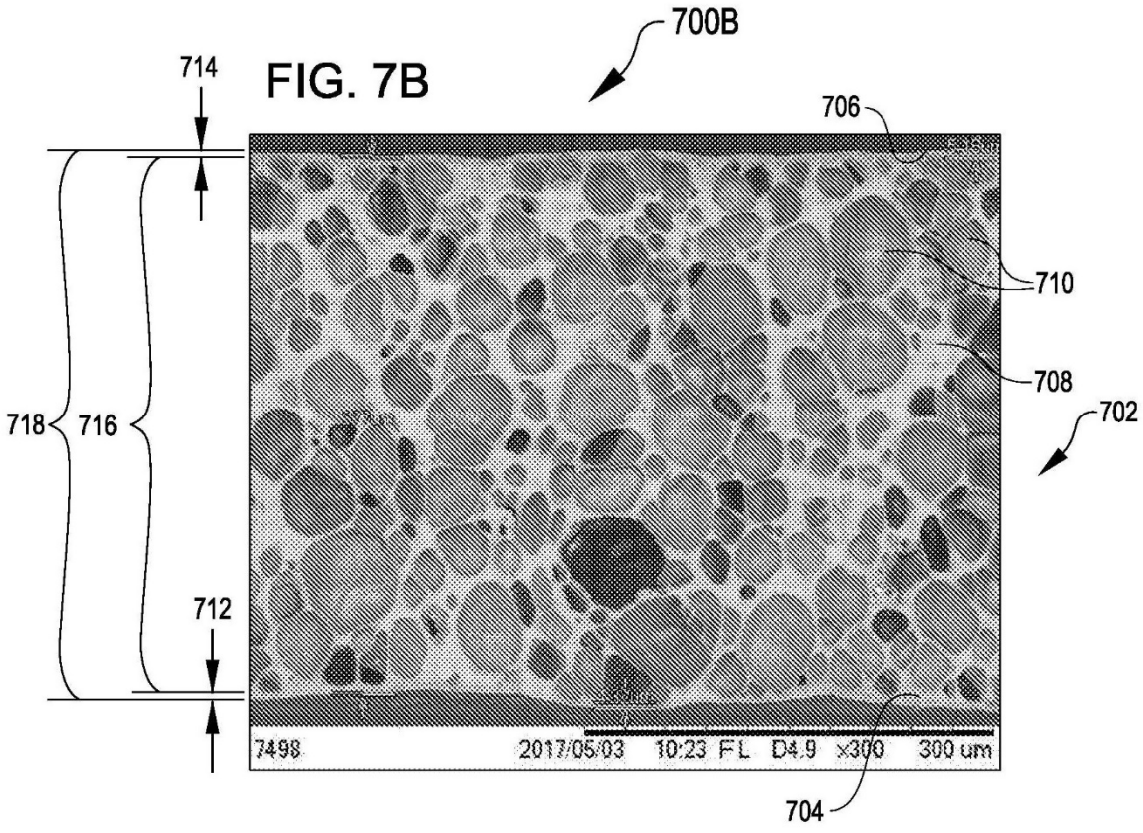

700B
714
706
710
708
702
718
716
712
704
7498 2017/05/03 10:23 FL D4.9 x300 300 um

FIG. 8

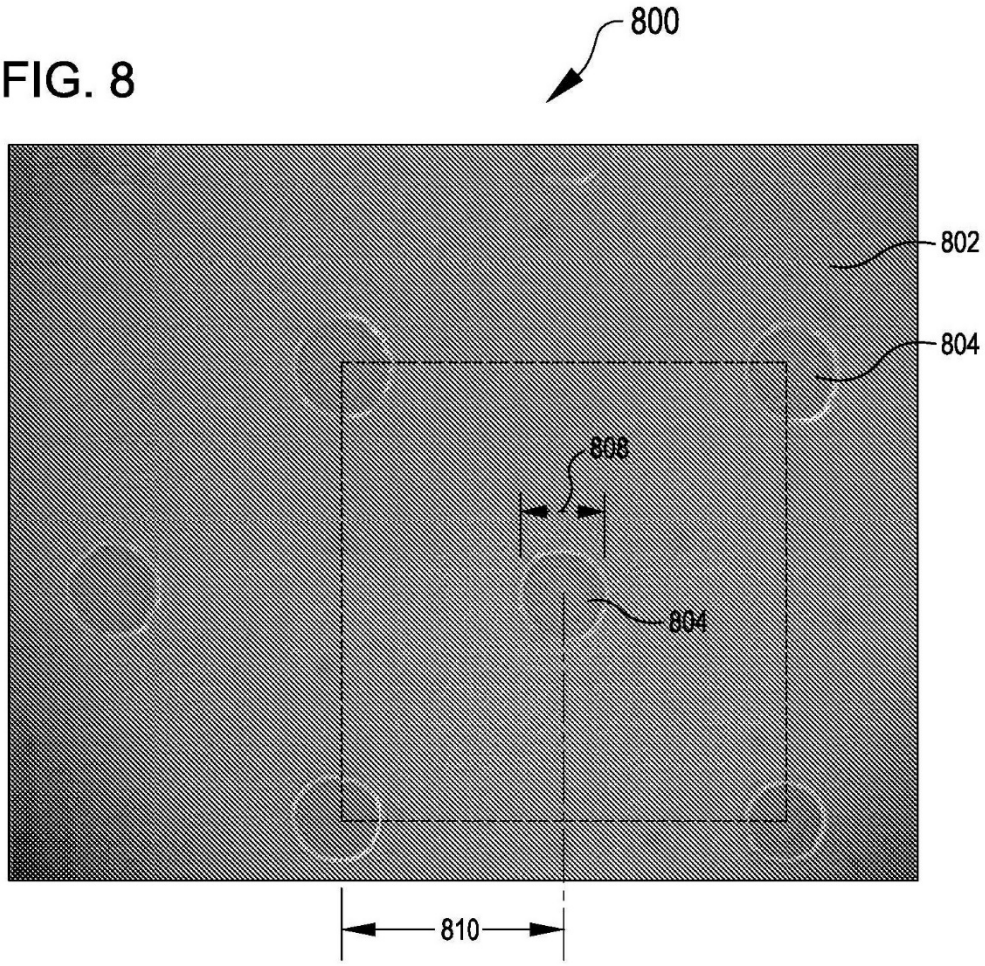


FIG. 9

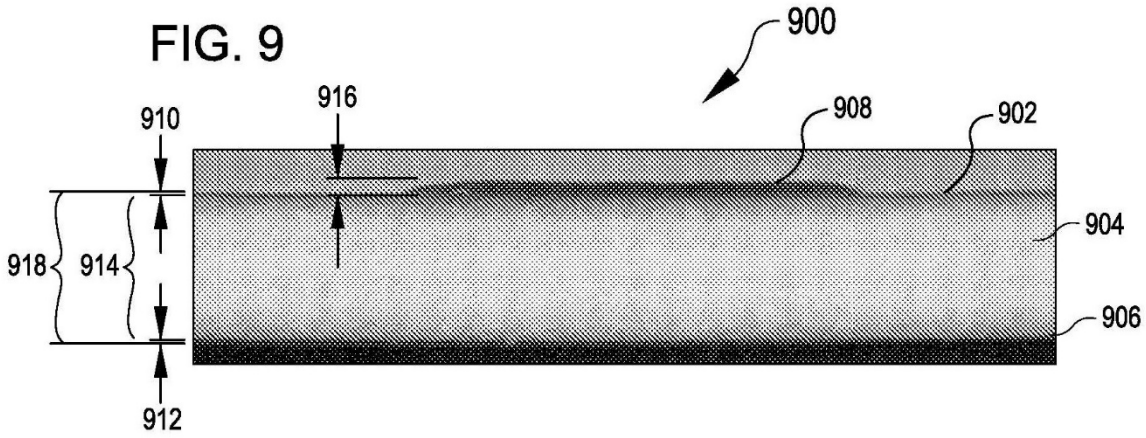
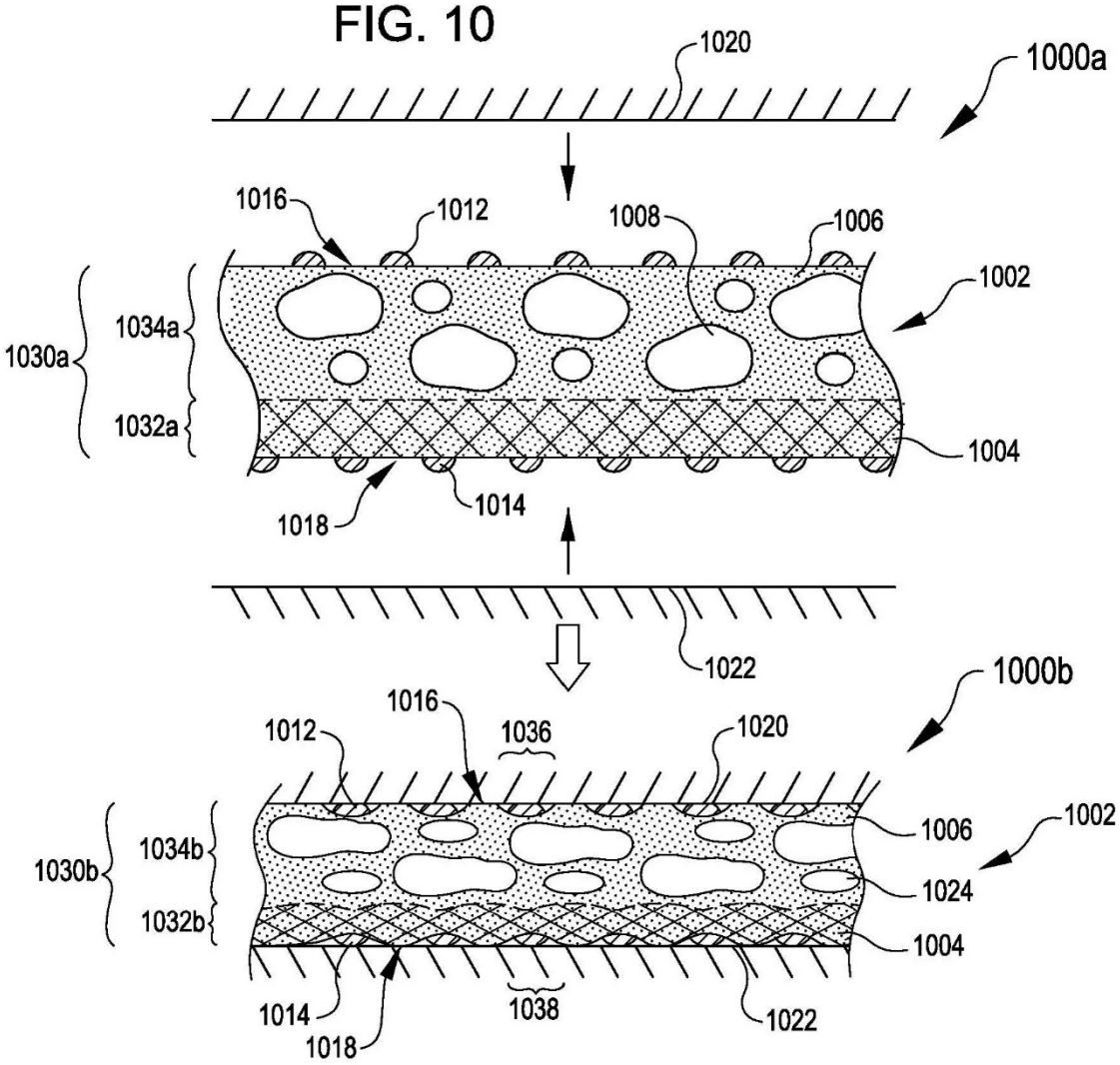


FIG. 10


1020
1000a
1016
1012
1008
1006
1002
1030a
1034a
1032a
1004
1018
1014
1022
1000b
1016
1036
1012
1020
1006
1002
1030b
1034b
1032b
1024
1004
1014
1018
1038
1022