

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 885 004**

51 Int. Cl.:

E04B 1/80

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.01.2014** **PCT/US2014/011517**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.07.2014** **WO14110585**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.01.2014** **E 14707489 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.06.2021** **EP 2943620**

54 Título: **Producción de un producto de aislamiento térmico**

30 Prioridad:

14.01.2013 US 201313741194
15.03.2013 US 201361799590 P
15.03.2013 US 201361799752 P
15.03.2013 US 201361799173 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
13.12.2021

73 Titular/es:

NANOPORE, INC. (100.0%)
2501 Alamo Avenue, SE
Albuquerque, NM 87106, US

72 Inventor/es:

SMITH, DOUGLAS, M.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 885 004 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Producción de un producto de aislamiento térmico

Campo técnico

- 5 La presente invención generalmente se refiere a productos de aislamiento de alta eficiencia (p. ej., paneles) y, más particularmente, a productos de aislamiento térmico (y métodos para producir tales productos de aislamiento térmico) que se pueden sellar a presiones ambientales, lo que da como resultado costes considerablemente más bajos y con sustancialmente esfuerzo reducido en relación con los paneles de aislamiento por vacío (VIP) disponibles actualmente.

Técnica Antecedente

- 10 El aislamiento térmico se refiere generalmente a un material poroso con una conductividad térmica inherentemente baja que sirve para proteger un sistema de interés, tal como un entorno cerrado, del flujo de calor hacia dentro o fuera del entorno cerrado. El uso de aislamiento térmico es frecuente en la sociedad, desde el uso en refrigeradores domésticos (p. ej., para reducir el consumo de energía o volumen interno adicional), en contenedores de transporte que contienen hielo o hielo seco utilizado para fármacos o alimentos (p. ej., para prolongar la vida útil del envío), en losetas del transbordador espacial (p. ej., utilizadas para proteger el transbordador del calor de reentrada a la atmósfera), y/o similares. La mayoría de los productos de aislamiento térmico que se utilizan en la actualidad o bien son materiales fibrosos, tales como fibra de vidrio, lana mineral y asbesto, o bien espumas de polímero, tales como poliestireno expandido, poliuretano, espuma de polietileno y espuma de polipropileno.

- 15 Sin embargo, el uso de materiales fibrosos puede no ser deseable en muchos casos debido a problemas relacionados con la salud y la seguridad. Además, el uso de espumas de polímero puede no ser deseable debido a su inflamabilidad, falta de reciclabilidad y liberación de gases nocivos para el medio ambiente, tales como fluorocarbonos o hidrocarburos durante la fabricación. Además, el comportamiento térmico tanto de los materiales fibrosos como de los materiales de espuma de polímero es del mismo orden o mayor que el del aire sin agitación (p. ej., aproximadamente 0,026 W/mK a temperatura ambiental). Debido a la creciente preocupación con respecto a la eficiencia energética y el medio ambiente, ha habido mucho interés en el desarrollo de nuevas clases de aislamiento térmico que tengan una conductividad térmica mucho menor que la del aire, tal como aerogeles, paneles cargados de gas inerte y paneles de aislamiento por vacío.

- 20 Para el aislamiento térmico, una medida clave de comportamiento es la conductividad térmica del material. Más específicamente, una conductividad térmica más baja significa un flujo de calor más bajo a través del aislamiento para una diferencia de temperatura determinada. En ausencia de convección, la transferencia de calor a través del aislamiento se produce debido a la suma de tres componentes: conducción en fase sólida, conducción en fase gaseosa y radiación. La conducción en fase sólida se puede minimizar utilizando un material de baja densidad (p. ej., un material que comprende una fracción de poros de alto volumen). La mayor parte del aislamiento es, por ejemplo, 80% y 98% poroso. También es ventajoso utilizar un material sólido que tenga una conductividad térmica inherente baja (p. ej., los plásticos y algunas cerámicas/vidrios son mejores que los metales).

- 30 La importancia relativa de la radiación depende del intervalo de temperatura de interés y se convierte en un componente más predominante a medida que la temperatura aumenta por encima de la ambiental y/o se minimiza la magnitud de los otros modos de transferencia de calor. A menudo los materiales con altos coeficientes de extinción de infrarrojos (IR) debido a la absorción (p. ej., opacificadores de infrarrojos tales como el negro de carbón, óxido de hierro, etc.) o a la dispersión (p. ej., titanía) se añaden al aislamiento de alto comportamiento para limitar la transferencia de calor por radiación.

- 40 Con el control de la radiación, la supresión de la convección libre, el uso de materiales de baja conductividad térmica y una matriz sólida altamente porosa, la conductividad térmica del aislamiento se aproxima a la del gas contenido dentro de los poros del aislamiento. Hay varios métodos para reducir la conducción en fase gaseosa en el aislamiento. Un método para hacerlo es atrapar los gases en los poros que tienen una conductividad térmica más baja que la del aire, tales como argón, dióxido de carbono, xenón y criptón. Dependiendo del gas empleado, la conductividad térmica del aislamiento cargado con un gas inerte puede variar, por ejemplo, de 0,009 a 0,018 W/mK. Sin embargo, el aislamiento se debe envasar de manera que el gas de la carga no se filtre por los poros y también de manera que los gases atmosféricos (p. ej., nitrógeno, oxígeno) no penetren en el aislamiento.

- 45 Otro método para controlar o reducir la conducción en fase gaseosa consiste en emplear el efecto Knudsen. Generalmente, la conductividad en fase gaseosa dentro del aislamiento se puede reducir drásticamente cuando el camino libre medio del gas se aproxima al tamaño de los poros del aislamiento. De hecho, la conductividad en fase gaseosa se puede aproximar a cero (de modo que la conductividad térmica eficaz total es la suma de solo la radiación y la conducción en fase sólida) cuando el camino libre medio del gas es mucho más grande que el tamaño de los poros. Por ejemplo, los caminos libres medios de los componentes del aire son de aproximadamente 60 nanómetros a temperatura y presión ambientales, mientras que el tamaño de poro/celda de las espumas de polímero y los materiales fibrosos es típicamente mayor de 10 micrones.

Existen al menos dos enfoques que pueden emplear el efecto Knudsen para reducir la conducción en fase gaseosa. Un primer enfoque consiste en encapsular el aislamiento dentro de un material de barrera y evacuar parcialmente el

gas en el aislamiento (p. ej., utilizar una bomba de vacío para evacuar el material aislante). Esto aumenta el camino libre medio del gas al reducir la densidad del gas, lo que reduce la conducción en fase gaseosa. Los materiales que emplean tales técnicas de evacuación de gases pueden lograr una conductividad térmica de menos de 0,002 W/mK a temperatura ambiental, lo que es un orden de magnitud de mejora con respecto al aislamiento convencional.

Las ventajas de utilizar un vacío con un material aislante se conocen desde hace muchos años y son la base de los vasos Dewars de vacío que se utilizan con líquidos criogénicos y para almacenar bebidas calientes o frías u otros productos. Por ejemplo, la Patente de Estados Unidos Núm. 1.071.817 de Stanley divulga una botella de vacío o vaso Dewar, donde un frasco se sella dentro de otro frasco con un vacío profundo mantenido en el espacio anular estando los dos frascos unidos en la boca del frasco. Semejante enfoque minimiza los problemas de unión y puentes térmicos, pero la mayoría de las aplicaciones de aislamiento requieren muchas formas diferentes que un vaso Dewar no puede cumplir.

Otro enfoque consiste utilizar un material con poros muy pequeños y baja densidad. Una de tales clases de materiales es la sílice nanoporosa, también conocida como aerogeles de sílice, que generalmente tienen poros pequeños (p. ej., <100 nm), una densidad baja y muestran una conductividad térmica total a presión ambiental que es menor que la del gas contenido dentro de los poros. Se conoce el uso de sílice nanoporosa junto con un vacío para crear un VIP. La Patente de Estados Unidos Núm. 4.159.359 de Pelloux-Gervais divulga el uso de polvos de sílice compactados, por ejemplo precipitados, ahumados, pirógenos o aerogeles, contenidos en barreras de plástico, que posteriormente se evacúan y a continuación se sellan.

La memoria descriptiva de la Patente de Reino Unido Núm. 865.391 divulga un método para elaborar un aislante térmico. El aislante térmico comprende un material multicelular contenido dentro de una envoltura sellada. El método implica evacuar el aire de una envoltura para reducir la presión dentro de la envoltura a menos de 1 mm, a continuación permitir que un gas tal como dióxido de carbono se difunda a las celdas del material multicelular, a continuación repetir este procedimiento de evacuación de dos etapas seguido de difusión hasta que el dióxido de carbono ingrese a todas las celdas del material por difusión a través de las paredes de las celdas.

La Patente de Estados Unidos Núm. 3.812.886 divulga un manguito aislante para su uso con tuberías de GNL. El aislante incluye un núcleo celular de conformación tubular sellado dentro de una envoltura que está cargada con un gas condensable tal como dióxido de carbono. Cuando el aislante se coloca cerca de una línea de transmisión de GNL fría, el dióxido de carbono se condensa, evacuando así sustancialmente el aislante y proporcionando aislamiento.

La Patente de Estados Unidos Núm. 3.357.585 divulga un aislamiento que comprende un núcleo de espuma y un fluido encerrado dentro de una envoltura. El fluido puede cambiar de líquido a vapor.

Divulgación de la invención

Las maneras actuales de producir VIP y los VIP resultantes tienen deficiencias en varios sentidos que socavan su eficacia, viabilidad comercial y similares. En un sentido, el gran número de etapas de procesamiento involucradas en la producción de VIP actuales conduce a altos costes de procesamiento y generales y, de ese modo a reducciones en su viabilidad comercial y similares. Por ejemplo, la necesidad de evacuar manualmente/mecánicamente los gases del interior de los VIP actuales durante el sellado de la barrera exterior requiere equipos de vacío costosos así como procedimientos de producción que requieren mucha mano de obra, energía y mantenimiento.

Como otro ejemplo, se ha entendido generalmente que el núcleo nanoporoso de los VIP actuales necesita secarse lo suficiente (p. ej., hasta aproximadamente 0,5% en volumen) antes de la evacuación. Sin embargo, llevarlo a cabo está lejos de ser un procedimiento trivial para un material nanoporoso e higroscópico que puede tener hasta aproximadamente 2,5 cm (una pulgada) de espesor cuando se intenta realizarlo en solo unos pocos minutos de tiempo de residencia. Lo que complica el procedimiento de secado es el hecho de que el material del núcleo entrante (p. ej., sílice nanoporosa), si bien está relativamente seco justo después de dejar el proveedor, puede absorber agua adicional del aire a medida que se transporta al fabricante del VIP. Además, el agua adsorbida no comienza a salir del núcleo durante la evacuación hasta por debajo de aproximadamente 20 mbar (p. ej., debido a su baja presión de vapor a temperatura ambiental y debido a su alto calor de vaporización), lo que puede provocar cambios drásticos de presión final.

Como otro ejemplo adicional, a menudo se deben reciclar grandes cantidades de chatarra de corte a medida que se producen tablas de tamaño inicial estándar, lo que reduce el rendimiento de la planta y aumenta los problemas de control de calidad, ya que el porcentaje de reciclaje de chatarra varía con la mezcla de productos (p. ej., densidad del panel, contenido de agua y contracción por evacuación cambian todos con el % de reciclaje). Así mismo, la conductividad térmica de las películas de barrera exterior de los VIP actuales puede ser muchas (por ejemplo, miles de) veces mayor que la del núcleo, lo que conduce a una disminución del comportamiento térmico eficaz. En otro aspecto, debido a la contracción del VIP durante la evacuación, la estabilidad dimensional es difícil de mantener utilizando los procedimientos de fabricación actuales. De ese modo, los VIP actuales a menudo tienen una variabilidad dimensional de +/- 3 mm en las dimensiones x-y que posiblemente conduzcan a espacios significativos cuando se ensamblan entre sí (p. ej., de borde a borde) desde un punto de vista térmico. En un aspecto adicional, la capacidad de las películas de barrera (p. ej., papeles metalizados, plásticos metalizados, plásticos) de los VIP actuales para mantener una presión baja deseada dentro del núcleo a largo plazo es relativamente desconocida. Generalmente, la penetración de la película de barrera medida en películas vírgenes es varias veces mejor que para las películas estresadas.

En vista de lo anterior, la presente invención está dirigida a la producción de productos de aislamiento térmico de baja presión (p. ej., al menos sustancialmente evacuada) de una manera que produzca ventajas significativas de coste/comportamiento sobre los productos de aislamiento existentes, tales como los VIP actuales y los procedimientos de fabricación, por consiguiente, mediante la combinación de nuevos materiales de núcleo y barrera con tecnología de procedimiento mejorada para reducir el coste de las materias primas, mejorar el rendimiento térmico y ampliar la vida útil. Como se analizará con más detalle en la presente memoria, los productos de aislamiento térmico divulgados se pueden evacuar sin el uso de bombas de vacío que consumen mucha energía, lo que permite que se produzcan el procesamiento y el sellado (p. ej., encapsulado) a presiones ambientales.

Para los propósitos de esta divulgación, "ambiental" se refiere a las condiciones (p. ej., temperatura y/o presión) del entorno general dentro del cual se producen los productos de aislamiento térmico producidos de acuerdo con las realizaciones divulgadas en la presente memoria. Por ejemplo, aproximadamente al nivel del mar, la producción de los productos de aislamiento térmico divulgados en la presente memoria ocurriría a una presión ambiental de aproximadamente 1.013 mbar, mientras que en una ubicación elevada como Albuquerque, NM (p. ej., elevación de aproximadamente 1.632,204 metros (5355')), la producción ocurriría a una presión ambiental de aproximadamente 800 mbar. Además, se supondrá que la temperatura ambiental es una temperatura del aire interior normal (p. ej., entre aproximadamente 12-38°C, tal como aproximadamente 21°C) donde se producen los productos de aislamiento térmico divulgados.

La eliminación o al menos la limitación del uso de bombas de vacío que consumen mucha energía para evacuar los productos divulgados permite la eliminación o al menos la reducción en el volumen o cantidad de al menos algunos de los componentes que constituyen el núcleo nanoporoso (p. ej., tales como las fibras típicamente presente en los VIP actuales/convencionales para mantener la integridad estructural de los VIP durante el procedimiento de evacuación que consume mucha energía), la contracción del panel durante tal evacuación mecánica, permitiendo así mejores (p. ej., menos variables) dimensiones de los paneles consumo de energía, etapas generales del procedimiento, inversión de capital, y similares. Como también se analizará en la presente memoria, los presentes procedimientos de producción de productos de aislamiento térmico eliminan al menos sustancialmente la necesidad de secar el material del núcleo (p. ej., sílice nanoporosa) antes del sellado del mismo dentro de la barrera o envoltura impermeable a los gases externa que también reduce el consumo de energía, etapas generales del procedimiento, inversión de capital, variabilidad del producto y similares.

En líneas generales, una o más de las ventajas anteriores de la presente invención se pueden materializar mediante un método de la invención para elaborar un producto de aislamiento térmico que incluye sellar un material de soporte (p. ej., un núcleo nanoporoso tal como sílice pirogénica, un polvo de aerogel, etc.) y al menos un vapor (p. ej., vapor de agua) dentro de una porción interior de una envoltura sustancialmente impermeable a los gases (p. ej., una película metálica y/o polimérica), donde la porción interior de la envoltura impermeable a los gases está a una primera presión durante la etapa de sellado, y a continuación condensar al menos una porción del gas después de la etapa de sellado. La condensación de al menos una porción del gas después de la etapa de sellado reduce la presión dentro de la porción interior de la envoltura impermeable a los gases desde la primera presión hasta una segunda presión (p. ej., una presión sustancialmente evacuada similar o mejor que la de los VIP actuales) sin las etapas de procedimientos, inversión de capital, consumo de energía y similares adicionales asociados con el hecho de tener que evacuar manualmente (p. ej., con una bomba mecánica o que consume mucha energía) el interior de la envoltura, secar suficientemente el material de soporte antes del sellado, y similares.

Generalmente, la reducción de la presión resulta del principio de que una cantidad de moléculas ocupará menos volumen en un contenedor impermeable (p. ej., una envoltura) en un estado líquido en comparación con la misma cantidad de moléculas en un estado gaseoso (p. ej., un vapor). Por ejemplo, el vapor se puede sellar inicialmente dentro de la envoltura impermeable a los gases a una temperatura que esté tanto por encima del punto de ebullición (p. ej., el punto de condensación) de la sustancia que constituye el vapor como por encima de la temperatura ambiental. A continuación, el vapor se puede enfriar a una temperatura por debajo del punto de ebullición de la sustancia que constituye el vapor, por ejemplo, por debajo o por encima de la temperatura ambiental, para condensar al menos una porción del vapor y, por lo tanto, crear un estado de presión más baja o un vacío al menos parcial dentro de la envoltura impermeable a los gases.

A medida que el vapor se sella inicialmente a una temperatura elevada (es decir, con respecto a la temperatura ambiental) y a continuación se enfría por debajo de la ambiental para condensar al menos parcialmente el vapor y así crear y mantener el estado de presión más baja dentro de la envoltura impermeable a los gases, ventajosamente, la envoltura impermeable a los gases no necesita mantenerse necesariamente en contacto con una fuente fría (p. ej., tal como un tanque o una tubería criogénica) para mantener el estado de baja presión dentro de la envoltura impermeable a los gases en uso. Además, la primera presión/presión inicial dentro de la envoltura impermeable a los gases sellada (es decir, antes de la etapa de condensación) puede ser igual o ligeramente superior a la presión ambiental, lo que elimina o al menos limita la necesidad de crear un vacío dentro de la envoltura impermeable a los gases con los mecanismos de bombeo que consumen mucha energía de convención durante la fabricación.

Se prevén muchos vapores y/o mezclas vaporosas que pueden sellarse dentro del recinto impermeable a los gases y condensarse (p. ej., mediante la reducción de una temperatura elevada del vapor o los vapores a una temperatura igual o superior a la temperatura ambiental) para establecer la reducción de presión divulgada dentro de la envoltura impermeable a los gases (que reduce correspondientemente la conducción en fase gaseosa dentro de la envoltura).

En una disposición, el vapor o vapores pueden tener una conductividad térmica menor que la del nitrógeno/aire. Además, o alternatively, el vapor o vapores pueden ser un vapor o vapores cuya presión dentro de la envoltura impermeable a los gases cae en una cantidad mayor de lo que lo haría el aire para una reducción común de temperatura. A este respecto, el vapor/mezcla vaporosa se pueden considerar un "reemplazo de aire" que desplaza al menos parte del aire que de otro modo estaría presente dentro de la porción interior del recinto impermeable a los gases.

Por ejemplo, sellar el aire dentro de la envoltura impermeable a los gases al nivel del mar y a una temperatura de aproximadamente 100°C y a continuación enfriar la envoltura impermeable a los gases a una temperatura de aproximadamente 20°C haría que la presión dentro de la envoltura impermeable a los gases descendiera de aproximadamente 1.000 milibares (mbar) a aproximadamente 785 mbar. Por el contrario, y de acuerdo con una realización de la presente divulgación, el vapor de sellado (es decir, agua vaporosa o H₂O) dentro de la envoltura impermeable a los gases a una temperatura de al menos aproximadamente 100°C y la posterior refrigeración de la envoltura impermeable a los gases hasta una temperatura de aproximadamente 20°C harán que la presión dentro de la envoltura impermeable a los gases descienda de aproximadamente 1.000 mbar hasta una presión inferior a 785 mbar, por ejemplo, hasta aproximadamente 20 mbar. Además de, o a diferencia del vapor de agua, los vapores que se pueden sellar dentro de la envoltura impermeable a los gases divulgada incluyen, pero no se limitan a, parafinas tales como n-pentano, clorohidrocarburos tales como tetracloruro de carbono, CFC, HCFC, compuestos orgánicos oxigenados tales como acetona y etilenglicol, y una amplia gama de vapores. Por ejemplo, los vapores se pueden seleccionar en base a una o más propiedades o características de los vapores tales como conductividad térmica a una o más temperaturas particulares, camino libre medio a una presión y/o temperatura particulares, diferencia de presión de vapor entre dos temperaturas particulares, y/o similares.

En una disposición, se pueden sellar dos o más vapores diferentes dentro de la envoltura impermeable a los gases para conferir cualquiera de las propiedades o características deseadas al producto de aislamiento térmico que se va a formar (p. ej., propiedades/características que no se pueden lograr mediante el uso de un solo vapor). Por ejemplo, la curva de presión/temperatura de vapor para una mezcla vaporosa de dos o más vapores sellados dentro de la envoltura impermeable a los gases se puede adaptar específicamente a un uso final deseado del producto 100 seleccionando apropiadamente los dos o más vapores (p. ej., de modo que la presión de vapor resultante dentro del producto 100 alcance un nivel deseado para una temperatura de uso particular).

En algunas situaciones, los productos de aislamiento térmico divulgados en la presente memoria se pueden utilizar para proporcionar aislamiento en aplicaciones de alta temperatura. Es decir, los productos de aislamiento térmico divulgados se pueden utilizar para mantener el interior de un recinto (p. ej., tubería, tanque, tina, de procesamiento etc. que contenga cualquier fluido, sólido apropiado, etc.) a una temperatura caliente particular, tal como por encima de aproximadamente 100°C. Como ejemplo, el vapor o los vapores específicos incluidos dentro de la porción interior de la envoltura impermeable a los gases se pueden elegir de modo que el punto de ebullición esté por encima de la temperatura del entorno y contexto particulares en los que se utilizará el producto de aislamiento térmico acabado. Por ejemplo, para aplicaciones relativamente calientes (p. ej., tuberías de procedimiento a través de las cuales fluye o está contenido un fluido, hornos, cámaras de pruebas ambientales, gases aeroespaciales, de escape, etc., tales como a temperaturas superiores a 100°C, superiores a 150°C, etc.), puede ser deseable utilizar un vapor que tenga un punto de ebullición más alto que el del agua (es decir, superior a 100°C) para permitir que el vapor esté en equilibrio con un estado condensado (p. ej., el líquido).

En un aspecto divulgado en la presente memoria, un método para elaborar un producto de aislamiento térmico incluye sellar un material de soporte y un vapor dentro de una porción interior de una envoltura sustancialmente impermeable a los gases, donde la porción interior de la envoltura impermeable a los gases comprende una primera presión durante la etapa de sellado, y donde el vapor tiene un punto de ebullición diferente al punto de ebullición del agua a presión ambiental; y condensar al menos una porción del vapor después de la etapa de sellado para reducir la primera presión dentro de la envoltura impermeable a los gases a una segunda presión menor que la primera presión.

Por ejemplo, el vapor (p. ej., o mezcla vaporosa) se puede seleccionar de modo que su punto de ebullición sea más alto que la temperatura de una aplicación de temperatura caliente contemplada particular. En una disposición, el vapor puede estar en forma de un compuesto orgánico (p. ej., alcohol, tal como al menos un diol) y/o un compuesto a base de silicona (p. ej., compuesto de dimetilpolisiloxano). En otra disposición, el vapor puede tener un punto de ebullición que sea de al menos aproximadamente 150°C a aproximadamente 1.000 mbar de presión. En esta disposición, por ejemplo, la porción interior de la envoltura impermeable a los gases puede tener una temperatura que sea de al menos aproximadamente 125°C después de la etapa de condensación (p. ej., conferida por una aplicación de temperatura caliente particular). En otra disposición, el vapor puede tener un punto de ebullición que sea de al menos aproximadamente 200°C a aproximadamente 1.000 mbar de presión. En esta disposición, por ejemplo, la porción interior de la envoltura impermeable a los gases puede tener una temperatura que sea de al menos aproximadamente 125°C después de la etapa de condensación, tal como al menos aproximadamente 150°C después de la etapa de condensación, o al menos aproximadamente 175°C después de la etapa de condensación (p. ej., conferida por una aplicación de temperatura caliente particular). En una disposición adicional, el vapor puede tener un peso molecular máximo no mayor de aproximadamente 200, tal como no mayor de aproximadamente 150.

En algunas situaciones, puede ser deseable limitar la transferencia de calor dentro o fuera de un sistema de interés que tenga paredes externas curvadas o no planas en lugar de superficies externas necesariamente planas. Los VIP

existentes o convencionales a veces se pueden aplicar alrededor de superficies curvas tales como tuberías, tanques cilíndricos y similares para limitar el flujo de calor a través de las paredes externas y mantener un intervalo de temperatura de funcionamiento deseado dentro de las paredes externas. Por ejemplo, a veces se aplican aislantes en forma de manguito sobre tuberías criogénicas y se evacúan (p. ej., debido a la condensación de CO₂ contenido dentro de los aislantes) cuando se exponen a temperaturas criogénicas (p. ej., bomba criogénica). Sin embargo, estos tipos de aislantes en forma de manguito se configuran típicamente solo para su uso con un diámetro particular de tubería y, a menudo, se deben aplicar a la tubería antes de la instalación de la tubería en el sistema de interés particular. Además, estos aislantes son ineficaces a menos que la temperatura del fluido contenido dentro de las tuberías sea lo suficientemente baja como para condensar o causar el depósito directo de vapor sólido de CO₂ u otro fluido contenido dentro del manguito para evacuar el interior del manguito.

Como otro ejemplo, aunque los VIP convencionales a veces se pueden formar en conformaciones no planas durante la fabricación, los VIP se configuran a continuación en la conformación no plana particular a lo largo de su vida útil y, de este modo, solo se pueden configurar para una conformación y/o contorno particulares de una superficie que se va a aislar. Como otro ejemplo adicional más, algunos VIP convencionales se pueden flexionar alrededor de superficies curvas en un intento de limitar la transferencia de calor a través de la superficie curva. Sin embargo, la flexión de un VIP convencional alrededor de una superficie curva (p. ej., especialmente aquellas superficies de radios de curvatura o radios de flexión reducidos) puede dar como resultado el ondulado de una de las paredes de barrera del VIP en la otra formando así una "interrupción de la continuidad" ("cold-short") donde las paredes se contactan entre sí; en otras situaciones, la flexión de un VIP convencional puede incluso provocar la ruptura del VIP debido a la naturaleza inelástica de los materiales de barrera. Para limitar la probabilidad de ruptura al flexionar un VIP alrededor de una superficie curva, a menudo se requiere que los VIP convencionales tengan un espesor mínimo, lo que necesariamente limita su comportamiento térmico.

En vista de lo anterior, la presente invención también está dirigida a productos de aislamiento de alta eficiencia (p. ej., paneles, secciones, etc., de cualquier conformación y dimensión apropiadas) y sistemas, métodos de fabricación de los mismos, métodos de uso de los mismos para aislar paredes de conformación cilíndrica u otras paredes no planas (p. ej., tuberías, tanques, etc.) para limitar la transferencia de calor dentro y fuera de las paredes no planas. Como se analizará en la presente memoria, las utilidades divulgadas (p. ej., productos, aparatos, sistemas, métodos, procedimientos, etc.) permiten aumentos significativos en el comportamiento térmico, aumentos en el intervalo de condiciones de funcionamiento en las que se pueden utilizar las utilidades divulgadas (p. ej. en relación con los tipos de superficies curvas, temperaturas de funcionamiento de los sistemas de interés, etc.), reducciones de costes (p. ej., costes de electricidad), y similares, en relación con los productos y métodos actuales para aislar superficies no planas.

En otro aspecto, un sistema divulgado en la presente memoria incluye una pared cilíndrica (p. ej., tubería, tanque) que tiene una superficie exterior y un producto de aislamiento térmico dispuesto alrededor de la pared cilíndrica. El producto de aislamiento térmico incluye una envoltura sustancialmente impermeable a los gases (p. ej., un recinto hermético a los gases tal como una película metálica y/o polimérica) que tiene superficies opuestas interna y externa y un espesor entre las superficies opuestas interna y externa, una porción interior sellada dentro la envoltura impermeable a los gases entre las superficies opuestas interna y externa y que tiene una presión no mayor de aproximadamente 500 mbar a una temperatura de al menos aproximadamente 20°C, y un material de soporte (p. ej., un núcleo nanoporoso) que incluye una combinación en partículas (p. ej., un polvo fino tal como polvo de sílice, polvo de aerogel, etc.) dentro de la porción interior. La superficie interna de la envoltura impermeable a los gases colinda (p. ej., es adyacente, contacta directamente, etc.) con la superficie externa de la pared cilíndrica a lo largo de al menos una porción de (p. ej., parte, la mayor parte o una totalidad sustancial de) una circunferencia de la pared cilíndrica. Además, la razón entre el espesor de la envoltura sustancialmente impermeable a los gases y el radio externo de la porción de la pared cilíndrica es de al menos aproximadamente 1 a 8.

Por ejemplo, la razón del espesor de la envoltura sustancialmente impermeable a los gases con respecto al radio externo de la porción de la pared cilíndrica puede ser de al menos aproximadamente 1 a 4, tal como de al menos aproximadamente 1 a 2. Como otro ejemplo, el espesor de la envoltura impermeable a los gases puede ser de al menos aproximadamente 2 mm, tal como al menos aproximadamente 10 mm, o al menos aproximadamente 20 mm. Como otro ejemplo, el espesor de la envoltura impermeable a los gases puede ser no mayor de aproximadamente 100 mm, tal como no mayor de aproximadamente 80 mm, o no mayor de aproximadamente 60 mm. Como un ejemplo adicional más, el radio de curvatura puede ser de al menos aproximadamente 3 mm, tal como al menos aproximadamente 6 mm, o al menos aproximadamente 10 mm. En una variación, se puede disponer una superficie interna de un segundo producto de aislamiento térmico (p. ej., espuma elastomérica, fibra de vidrio, etc.) alrededor del primer producto de aislamiento térmico de manera que colinde con la superficie externa del primer producto de aislamiento térmico. En otra variación, la presión dentro de la envoltura impermeable a los gases puede ser no mayor de aproximadamente 250 mbar a una temperatura de al menos aproximadamente 20°C, tal como no mayor de aproximadamente 100 mbar, o no mayor de aproximadamente 20 mbar, o no mayor de aproximadamente 5 mbar.

En algunas disposiciones, el producto de aislamiento térmico se puede fabricar en una conformación no plana deseada (p. ej., de modo que la superficie interna del producto de aislamiento térmico comprenda una curvatura o contorno que coincida generalmente con el de una superficie externa de una superficie no plana o cilíndrica). Por ejemplo, un recinto sustancialmente hermético a los gases que tiene una primera y una segunda superficies opuestas y un espesor entre la primera y la segunda superficies opuestas puede tener una porción interior sellada dentro del recinto hermético a

los gases entre la primera y la segunda superficies opuestas que tiene una presión no mayor de aproximadamente 500 mbar a una temperatura de al menos aproximadamente 20°C y un material de soporte dentro de la misma, donde la razón del espesor con respecto al radio de curvatura de la primera superficie es de al menos aproximadamente 1 a 8, tal como de al menos aproximadamente 1 a 4.

5 En otras disposiciones, el producto de aislamiento térmico se puede fabricar en una conformación plana (p. ej., un panel) y el producto se puede formar posteriormente de manera apropiada en una conformación no plana deseada (p. ej., una o múltiples veces). Por ejemplo, un método divulgado en la presente memoria incluye calentar un recinto sustancialmente hermético a los gases que tiene una porción interior sellada para hacer que el recinto hermético a los gases sea sustancialmente adaptable, envolver una superficie interna del recinto hermético a los gases alrededor de al menos una porción de una superficie no plana, y enfriar el recinto hermético a los gases para hacer que el recinto hermético a los gases sea sustancialmente no adaptable. La razón del espesor con respecto al radio de curvatura de la porción de la superficie no plana puede ser de al menos aproximadamente 1 a 8, tal como de al menos aproximadamente 1 a 4.

15 Ventajosamente, el producto de aislamiento térmico se puede ajustar a superficies no planas de numerosos tamaños, contornos (p. ej., radios de curvatura) y dimensiones diferentes; no se limita necesariamente a espesores reducidos (p. ej., menos de 2 mm) para ajustarse a radios de curvatura reducidos; y no requiere necesariamente condiciones criogénicas para mantener un estado sustancialmente evacuado dentro de la envoltura impermeable a los gases. En una realización, la presión dentro de la porción interior del recinto hermético a los gases puede ser no mayor de aproximadamente 500 mbar después de la etapa de enfriamiento, incluso cuando un fluido dispuesto dentro de la superficie no plana (p. ej., dentro de una tubería o tanque) está a una temperatura de al menos aproximadamente 80°C, tal como al menos aproximadamente 140°C, o al menos aproximadamente 200°C. Por ejemplo, la etapa de enfriamiento puede incluir enfriar el recinto hermético a los gases hasta sustancialmente la temperatura ambiental. En otra realización, el recinto hermético a los gases se puede fijar a la superficie no plana (p. ej., mediante adhesivos y/o de otras maneras apropiadas).

25 Aún más, el volumen relativamente bajo de líquidos en los VIP actuales/convencionales (p. ej., aproximadamente 0,5% en volumen o menos) limita el grado en el que cualquier cambio de fase de los líquidos dentro de los VIP que se produce debido a la diferencia de temperatura entre la primera y la segunda superficie opuestas de los VIP pueden mejorar el comportamiento transitorio de los VIP (p. ej., el tiempo que tardan en equilibrarse las temperaturas adyacentes a las superficies opuestas. En el caso del aislamiento de edificios, por ejemplo, la superficie de un VIP convencional frente a un entorno ambiental exterior puede experimentar cambios de temperatura en relación con la superficie opuesta del VIP que se enfrenta al interior del edificio. Por ejemplo, el entorno ambiental exterior puede ser más cálido que el interior del edificio durante el día, pero más frío que el interior del edificio durante la noche. Estas diferencias de temperatura pueden hacer que cualquier líquido presente dentro de los VIP convencionales se evapore desde el lado relativamente más cálido y se condense adyacente al lado relativamente más frío. El líquido que se evapora del lado relativamente más cálido puede conferir un efecto de enfriamiento adyacente al lado relativamente más cálido, mejorando de ese modo el comportamiento transitorio de los VIP. Sin embargo, debido a que los VIP actuales se diseñan y fabrican con un esfuerzo por minimizar el volumen de líquidos en su interior, cualquier mejora en el comportamiento transitorio debido a los efectos de cambio de fase antes mencionados es mínima en el mejor de los casos.

40 En vista de lo anterior, la presente invención también está dirigida a productos (p. ej., paneles) y sistemas de aislamiento de alta eficiencia, métodos de fabricación de los mismos, métodos de uso de los mismos, etc., para edificios y otros entornos cerrados rodeados de entornos ambientales (p. ej., entornos ambientales exteriores) que experimentan cambios de temperatura en relación con la temperatura dentro del edificio o del entorno cerrado. En un aspecto, un producto de aislamiento térmico para aislar un entorno cerrado de los cambios de temperatura de un entorno ambiental exterior incluye una envoltura sustancialmente impermeable a los gases que comprende una primera y una segunda superficies opuestas y una porción interior sellada entre la primera y la segunda superficies opuestas; un material de soporte dentro de la porción interior sellada de la envoltura impermeable a los gases; y al menos aproximadamente 1 gramo de un líquido por litro de un volumen total de la porción interior sellada dentro de la porción interior sellada, en donde al menos una porción del líquido puede ser utilizada para evaporarse cíclicamente desde una de la primera y de la segunda superficies opuestas adyacentes y posteriormente condensarse adyacente a la otra de la primera y segunda superficies opuestas dependiendo de una diferencia de temperatura entre la primera y la segunda superficies opuestas.

55 En otro aspecto, un método de aislamiento de un edificio incluye ubicar una pluralidad de paneles de aislamiento térmico en relación con un marco de un edificio; donde cada panel de aislamiento térmico comprende una envoltura sustancialmente impermeable a los gases que incluye una primera y segunda superficies opuestas y una porción interior sellada entre la primera y segunda superficies opuestas, un material de soporte dentro de la porción interior sellada de la envoltura impermeable a los gases, y al menos aproximadamente 1 gramo de un líquido por litro de un volumen total de la porción interior sellada dispuesta dentro de la porción interior sellada; donde la ubicación incluye orientar la pluralidad de paneles de aislamiento térmico de modo que la primera superficie opuesta se enfrente al interior del edificio y la segunda superficie opuesta se enfrente a un entorno ambiental exterior; donde al menos una porción del líquido se puede utilizar para evaporarse desde la primera superficie opuesta adyacente y posteriormente condensarse adyacente a la segunda superficie opuesta cuando la temperatura del interior del edificio es mayor que la temperatura del entorno ambiental exterior; y donde al menos una porción del líquido se puede utilizar para evaporarse desde la segunda

superficie opuesta adyacente y posteriormente condensarse adyacente a la primera superficie opuesta cuando la temperatura del interior del edificio es menor que la temperatura del entorno ambiental exterior.

En otro aspecto, un edificio incluye una pluralidad de estructuras de pared interconectadas; una porción interior dentro de la pluralidad de estructuras de pared interconectadas; y una pluralidad de paneles de aislamiento térmico dispuestos dentro de la pluralidad de estructuras de pared interconectadas; donde cada panel de aislamiento térmico comprende una envoltura sustancialmente impermeable a los gases que incluye una primera superficie opuesta que se enfrenta a la porción interior del edificio y una segunda superficie opuesta que se enfrenta a un entorno ambiental exterior, una porción interior sellada entre la primera y la segunda superficies opuestas, un material de soporte dentro la porción interior sellada, y al menos aproximadamente 5 gramos de un líquido por litro de un volumen total de la porción interior sellada dispuesta dentro de la porción interior sellada.

En otro aspecto, un método para elaborar un producto de aislamiento térmico incluye las etapas de sellar un material de soporte y un vapor dentro de una porción interior de una envoltura sustancialmente impermeable a los gases que comprende una primera y una segunda superficies opuestas; y condensar, al menos una porción del vapor para reducir la presión dentro de la envoltura impermeable a los gases, donde la porción interior sellada comprende al menos aproximadamente 4 gramos de líquido por litro de un volumen total de la porción interior sellada.

Además de la conductividad térmica innata y la densidad del vapor dentro de la envoltura impermeable a los gases, el efecto Knudsen también se puede emplear para reducir o controlar de otro modo la conducción en fase gaseosa dentro de la envoltura impermeable a los gases. Es decir, aumentar el camino libre medio del vapor (que se puede controlar seleccionando uno o más vapores particulares y/o reduciendo la presión/densidad del vapor o los vapores) para que sea aproximadamente igual o mayor que un tamaño de poro promedio del material de soporte dentro de la envoltura impermeable a los gases, puede reducir en gran medida o incluso eliminar sustancialmente la conducción en fase gaseosa dentro de la envoltura. A este respecto, al menos una porción del vapor dentro del interior de la envoltura impermeable a los gases sellada se puede condensar de modo que el vapor restante dentro del interior de la envoltura impermeable a los gases sellada tenga un camino libre medio aproximadamente igual o mayor que un tamaño de poro promedio del material de soporte.

En una disposición, el material de soporte puede estar en forma de material adsorbente (p. ej., polvo o polvos, producto particulado o productos particulados, combinación o combinaciones y/o similares) que tiene una conductividad térmica relativamente baja (es decir, baja conductividad en fase sólida, por ejemplo no mayor de 0,005 W/mK), tamaño de los poros para facilitar el efecto Knudsen (p. ej., materiales nanoporosos), y que es relativamente económico y/o ligero (p. ej., tener una densidad no mayor de aproximadamente 250 g/l). Por ejemplo, el material de soporte puede ser una combinación particular que comprende un polvo fino (p. ej., nanoporoso) (p. ej., sílice pirogénica y aerogeles de sílice), disponible en, por ejemplo, Evonik, Essen, Alemania. En una realización, el material de soporte puede incluir al menos aproximadamente 60% en peso del polvo fino. En otra realización, el material de soporte puede incluir aproximadamente 100% en peso del polvo fino.

En algunas disposiciones, el material de soporte puede incluir adicionalmente cualquier cantidad y/o tipo apropiado de un opacificador de IR/material absorbente de radiación (p. ej., titanía, carburo de silicio, negro de carbón y/o similares) con el fin de limitar la transferencia de calor radiativo a través del material de soporte. En una realización, el material de soporte incluye al menos aproximadamente 5% en peso del opacificador de IR. En otra realización, el material de soporte incluye no más de aproximadamente 25% en peso del opacificador de IR.

Adicional o alternativamente, el material de soporte también puede incluir una o más fibras ligeras para mejorar la integridad estructural del producto de aislamiento térmico resultante, tales como fibras de polietileno, fibras de poliéster, otras fibras plásticas, fibras de carbono, fibras de vidrio, fibras metálicas y/u otras fibras. En una realización, el material de soporte puede incluir no más de aproximadamente 0,1% en peso de materiales fibrosos.

Adicional, o alternativamente, el material de soporte también puede incluir cualquier carga estructural apropiada (p. ej., perlita) para mejorar la integridad estructural del producto de aislamiento térmico resultante. En una realización, el material de soporte puede incluir al menos aproximadamente 10% en peso de la carga estructural. En otra realización, el material de soporte puede incluir no más de aproximadamente 70% en peso de carga estructural.

Adicional o alternativamente, el material de soporte también puede incluir cualquier afinador de vacío apropiado (p. ej., afinador de vacío de oxígeno/nitrógeno) tal como hierro, bario, litio, zeolitas, etc. para mantener el estado de baja presión dentro de la envoltura impermeable a los gases, por ejemplo combinando con las moléculas de gas químicamente y/o por adsorción. En una realización, el material de soporte incluye al menos aproximadamente 0,01% en peso de un afinador de vacío. En otra realización, el material de soporte incluye no más de aproximadamente 1% en peso de un afinador de vacío.

En el caso de que el polvo fino (p. ej., sílice pirogénica) se combine con uno o más componentes adicionales para formar el material de soporte, todos estos componentes se pueden mezclar de cualquier manera apropiada para crear una composición sustancialmente homogénea. En un enfoque, la energía/material adsorbente particular se puede mezclar con un opacificador de IR para crear una primera mezcla. Esta primera mezcla se puede mezclar a continuación con un material fibroso y/o material de carga estructural para crear el material de soporte. En otro

enfoco, el material adsorbente en polvo/particulado, el opacificador de IR, el material fibroso y/o el material de carga estructural se pueden mezclar simultáneamente para crear el material de soporte.

En una disposición, el material de soporte puede tener una porosidad total de al menos aproximadamente 80%. En otra realización, el material de soporte puede tener una porosidad total no mayor de aproximadamente 98%.

- 5 En una disposición, el material de soporte puede tener un tamaño de poro promedio de al menos aproximadamente 20 nanómetros. En otra realización, el material de soporte puede tener un tamaño de poro promedio no mayor de aproximadamente 2.000 nanómetros, tal como no mayor de aproximadamente 100 nanómetros para facilitar el efecto Knudsen.

- 10 En una disposición, el material de soporte puede tener un área de superficie de al menos aproximadamente 50 m²/g. En otra realización, el material de soporte puede tener un área de superficie no mayor de aproximadamente 1.000 m²/g.

- 15 Como se señaló, el material de soporte se sella junto con un vapor dentro de una porción interior de una envoltura sustancialmente impermeable a los gases antes de que el vapor se condense para reducir la presión dentro de la porción interior. Se puede utilizar cualquier material apropiado o adecuado para formar la envoltura impermeable a los gases, tales como productos laminados de plástico, plásticos metalizados, metales, papeles metalizados y metales galvanizados, por nombrar algunos. En una disposición, la envoltura impermeable a los gases puede estar elaborada de una película de barrera de Etileno Alcohol Vinílico (EVOH), una película de barrera de polietileno (PE)/EVOH coextrudida, una película de barrera de EVOH metalizado y/o similares. El tipo y la conformación de la envoltura impermeable a los gases pueden estar relacionados generalmente con la aplicación en la que se va a utilizar el producto de aislamiento térmico. En aplicaciones de transporte, por ejemplo, puede ser deseable utilizar recintos delgados con conformación de panel elaborados de un plástico metalizado (p. ej., tereftalato de Polietileno (PET) metalizado). En una realización, la envoltura impermeable a los gases puede incluir un espesor de al menos aproximadamente 25 micrómetros. En otra realización, la envoltura impermeable a los gases puede incluir un espesor no mayor de aproximadamente 300 micrómetros.

- 25 La etapa de sellado se puede realizar de cualquier manera conocida adecuada para el tipo de envoltura impermeable a los gases empleada. Por ejemplo, el termosellado se puede utilizar para recintos de producto laminado de plástico y soldadura para recintos de metal. En relación con los primeros y en una realización, se puede utilizar una máquina de envasado continuo para sellar el recinto impermeable a los gases alrededor del material de soporte y el gas/ mezcla de gases.

- 30 Además, la etapa de condensación se puede realizar de cualquier manera apropiada, tal como enfriando el vapor a una temperatura por debajo del punto de ebullición del vapor después de la etapa de sellado. En una disposición, la envoltura impermeable a los gases puede incluir una primera y segunda paredes laterales separadas, y la etapa de enfriamiento puede incluir poner en contacto respectivamente la primera y segunda paredes laterales con la primera y segunda superficies que tienen temperaturas por debajo del punto de ebullición del vapor. Por ejemplo, cada una de la primera y segunda superficies pueden formar partes del primer y segundo miembros de moldeo respectivos de un molde y definir colectivamente una cavidad de molde. En este caso, la primera y la segunda superficies de moldeo se pueden juntar sobre la primera y segunda paredes laterales de la envoltura bajo una ligera presión para enfriar la envoltura y el vapor en el interior para condensar simultáneamente el vapor y formar un producto de aislamiento térmico a partir de la envoltura en una conformación deseada (p. ej., un panel de conformación rectangular relativamente plano; una conformación no plana tal como un panel con conformación de L o con conformación de U; y/o similares).

- 40 En otra disposición, una superficie externa de la envoltura impermeable a los gases se puede poner en contacto con un líquido de enfriamiento que tenga una temperatura por debajo del punto de ebullición del vapor. Por ejemplo, se puede pulverizar o aplicar de otro modo un líquido de enfriamiento tal como agua o similar sobre la superficie externa de la envoltura impermeable a los gases para enfriar y condensar así al menos una porción del vapor dentro de la envoltura. En una disposición adicional, la envoltura impermeable a los gases (y el vapor y el material de soporte en la misma) se pueden enfriar pasivamente a una temperatura sustancialmente ambiental hasta la temperatura ambiental para condensar al menos una porción del gas dentro de la envoltura.

- 45 En una variación, el material de soporte y el vapor se pueden sellar (p. ej., a presión ambiental) dentro de un recinto permeable a los gases/vapor o poroso (p. ej., que todavía es impermeable a los líquidos), donde el recinto permeable a los gases (con el material de soporte y el vapor dispuestos allí dentro) se sella (p. ej., de nuevo, a la misma presión ambiental) dentro de la porción interior de la envoltura impermeable a los gases antes de que la mezcla de vapor se condense (p. ej., mediante el enfriamiento de la envoltura impermeable a los gases hasta la temperatura ambiental o algo de temperatura por encima de la temperatura ambiental) para reducir la presión dentro de la envoltura impermeable a los gases. Más específicamente, se ha descubierto que al hacer esto se proporcionan una serie de beneficios, tales como facilitar el manejo del material de soporte y el vapor, facilitar el sellado de la envoltura impermeable a los gases (p. ej., al limitar el grado en el que el material de soporte queda dispuesto entre los dos superficies que se van a sellar) y/o similares. Por ejemplo, el recinto permeable a los gases puede ser similar a los utilizados para bolsas desecantes, agrupamiento en haces de fibra de vidrio, etc.

En una disposición, el material de soporte y la mezcla de vapor se pueden primero disponer y sellar dentro del recinto

- permeable a los gases, y a continuación el recinto sellado permeable a los gases se puede sellar dentro de la envoltura impermeable a los gases (p. ej., mediante el encapsulado de la envoltura impermeable a los gases alrededor del recinto permeable a los gases sellado). Por ejemplo, el material de soporte y el vapor se pueden inyectar simultáneamente en el recinto permeable a los gases. Como otro ejemplo, el material de soporte se puede inyectar primero y el vapor en segundo lugar, o viceversa. En una variación, el material de soporte se puede inyectar o disponer de otro modo en el recinto permeable a los gases, se puede aplicar un líquido (p. ej., agua) sobre el material de soporte dentro del recinto permeable a los gases (p. ej., pulverizando el líquido sobre el material de soporte), y el material de soporte y el líquido se pueden calentar a continuación por encima del punto de ebullición del líquido para convertir al menos parte del líquido en un gas/mezcla de gases y expulsar parte o todo el aire del recinto permeable a los gases.
- Después de sellar el recinto permeable a los gases (donde el sellado se puede realizar antes o después de calentar el material de soporte y el líquido por encima del punto de ebullición del líquido), el recinto sellado permeable a los gases (que tiene el material de soporte y el vapor en su interior) se puede sellar dentro de la envoltura impermeable a los gases antes de enfriarse finalmente para volver a condensar el vapor dentro de los recintos permeables a los gases e impermeable a los gases de nuevo al estado líquido y reducir así la presión dentro del producto de aislamiento térmico resultante. En una realización, e independientemente de cómo se disponga el material de soporte y el vapor dentro de la porción interior de la envoltura impermeable a los gases, se puede disponer un desecante, justo antes de sellar la envoltura impermeable a los gases, entre la envoltura impermeable a los gases y el recinto permeable a los gases para adicionalmente reducir aún más la presión dentro la envoltura impermeable a los gases sellada (p. ej., adsorbiendo o absorbiendo el líquido condensado, uniéndose químicamente con las moléculas del líquido condensado y/o similares).
- Además de las ventajas analizadas anteriormente (es decir, poca o ninguna necesidad de bombas de vacío que consumen mucha energía, secado del material de soporte, etc.), los productos de aislamiento térmico producidos por los procedimientos divulgados en la presente memoria también se pueden diseñar para que tengan una reducción de densidad general (p. ej., aparente) en comparación con los VIP actuales (p. ej., 10-20% más baja). Por ejemplo, y a diferencia de los VIP actuales, es necesario utilizar una cantidad menor o incluso ningún material fibroso dentro del material de soporte de los presentes productos de aislamiento térmico porque no es necesario utilizar mecanismos de bombeo mecánicos para extraer el vacío dentro de los presentes productos de aislamiento térmico. Dicho de otra manera, la integridad estructural adicional proporcionada a los productos por tales materiales fibrosos puede no ser necesaria ya que no es necesario utilizar mecanismos de bombeo mecánicos, puesto que los presentes productos de aislamiento térmico no necesitan ser presionados con fuerza para formar los productos en una conformación deseada, y similar.
- En otro aspecto, se necesita utilizar una cantidad menor o incluso ningún opacificador de IR/materiales absorbentes de radiación dentro del material de soporte de los presentes productos de aislamiento térmico, ya que al menos algunos de los vapores que se pueden sellar junto con el material de soporte dentro del recinto impermeable a los gases sirven para absorber la radiación IR y por lo tanto limitar la transferencia de calor radiante a través del producto de aislamiento térmico. Por ejemplo, cuando se utiliza sílice (p. ej., sílice nanoporosa) como material de aislamiento primario en el núcleo de los VIP actuales, a menudo se añade un material absorbente de radiación (p. ej., negro de carbón) en un intento de bloquear los "espacios de absorción de IR" de la sílice (es decir, aquellas longitudes de onda IR no absorbibles por la sílice). Sin embargo, cuando se utiliza sílice como polvo/producto particulado adsorbentes del material de soporte de los presentes productos de aislamiento térmico divulgados en la presente memoria, no es necesario utilizar un material absorbente de radiación/opacificador de IR en el caso de al menos algunos vapores sellados con la sílice dentro de la envoltura impermeable a los gases. Por ejemplo, en el caso de un vapor tal como vapor de agua, el vapor de agua condensado (p. ej., agua) tiende a absorber naturalmente esas longitudes de onda IR no absorbibles por la sílice. A este respecto, el número de "componentes" sólidos que constituyen el núcleo de los presentes productos de aislamiento térmico se puede reducir (p. ej., eliminando/reduciendo los materiales fibrosos y/o el opacificador de IR) en relación con el núcleo de los VIP actuales, dando como resultado densidades aparentes más bajas y procedimientos de fabricación más simplificados que los de los VIP actuales.
- Cualquiera de las realizaciones, disposiciones o similares analizadas en la presente memoria se puede utilizar (ya sean solas o combinadas con otras realizaciones, disposiciones o similares) con cualquiera de los aspectos divulgados. La mera introducción de una característica de acuerdo con la práctica antecedente comúnmente aceptada no limita la característica correspondiente al singular. Cualquier fallo en el uso de frases tales como "al menos uno" no limita la característica correspondiente al singular. El uso de la frase "al menos en general", "al menos parcialmente", "sustancialmente" o similar en relación con una característica particular abarca las correspondientes características y variaciones insustanciales de la misma. Además, una referencia a una característica junto con la frase "en una realización" no limita el uso de la característica a una única realización.
- Además de los aspectos y realizaciones ilustrativos descritos anteriormente, aspectos y realizaciones adicionales resultarán evidentes con referencia a los dibujos y mediante el estudio de las siguientes descripciones.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista en perspectiva de un producto de aislamiento térmico producido de acuerdo con una realización divulgada en la presente memoria.

La Figura 2a es una vista en sección del panel de la Figura 1 antes de condensar el vapor dentro del interior del

producto para reducir la presión dentro del producto.

La Figura 2b es una vista en sección similar a la de la Figura 2, pero después de condensar al menos parte del vapor dentro del interior del producto para reducir la presión dentro del producto.

5 La Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra un método para elaborar el producto de aislamiento térmico de la Figura 1, de acuerdo con una realización.

La Figura 4a es un diagrama de bloques que muestra una línea de montaje para elaborar el producto de aislamiento térmico de la Figura 1.

La Figura 4b es un diagrama de bloques similar al de la Figura 4a, pero en otra etapa de la línea de montaje.

La Figura 4c es un diagrama de bloques similar al de la Figura 4b, pero en otra etapa de la línea de montaje.

10 La Figura 4d es un diagrama de bloques similar al de la Figura 4c, pero en otra etapa de la línea de montaje.

La Figura 4e es un diagrama de bloques similar al de la Figura 4d, pero en otra etapa de la línea de montaje.

La Figura 5 es una vista en perspectiva del producto de aislamiento térmico de la Figura 1 dispuesto alrededor de una superficie externa no plana.

La Figura 6 es una vista en sección transversal a través de la línea 6-6 de la Figura 5.

15 La Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un método de aplicación del producto de la Figura 1 alrededor de una superficie no plana. La Figura 7 no está contemplada por las reivindicaciones.

La Figura 8 es una vista lateral esquemática simplificada de una porción de una estructura de pared de un edificio con el producto de aislamiento térmico de la Figura 1 dispuesto dentro o adyacente a la estructura de pared.

20 La Figura 9 es una vista en perspectiva de una estructura de pared de un edificio que incorpora varios productos de aislamiento térmico de la Figura 1, de acuerdo con una realización.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

La presente divulgación se dirige generalmente a la producción de productos de aislamiento térmico altamente eficientes que producen importantes ventajas de coste/comportamiento sobre los VIP convencionales, así como a los procedimientos de fabricación, por lo tanto, a los usos de los mismos y similares. En términos generales, los presentes productos de aislamiento térmico se pueden evacuar sellando un material de soporte y al menos un vapor (o mezcla vaporosa) dentro de una envoltura impermeable a los gases y a continuación enfriando el vapor por debajo de un punto de ebullición del vapor (p. ej., hasta una temperatura igual o superior a la temperatura ambiental) para condensar al menos parte del vapor dentro de la envoltura y, en consecuencia, reducir la presión dentro de la envoltura. A diferencia de los procedimientos para elaborar VIP convencionales, las nuevas maneras de producir productos de aislamiento térmico que se divulgan en la presente memoria eliminan o al menos reducen la necesidad de generar un vacío mecánicamente (o mediante otro procedimiento que consuma mucha energía) dentro de la envoltura antes de sellar la envoltura, reducen la necesidad de secar el material de soporte antes de sellar la envoltura, reducen la inversión de capital y la mano de obra del producto, reducen la cantidad de componentes que componen el núcleo y la densidad aparente del producto etc. Como se analizará en la presente memoria, las utilidades divulgadas (p. ej., productos, paneles, aparatos, sistemas, métodos de fabricación y uso, etc.) permiten aumentos significativos en el comportamiento térmico, aumentos en el intervalo de condiciones de funcionamiento en las que se pueden utilizar las utilidades divulgadas, reducciones de costes y similares.

La Figura 1 presenta una vista en perspectiva de un producto de aislamiento térmico 100 (p. ej., un panel) que se puede producir utilizando los procedimientos divulgados. Como se analizará con más detalle en el análisis que sigue, el producto 100 se puede utilizar en numerosos contextos en los que se desea proteger un entorno cerrado del flujo de calor dentro o fuera de sus proximidades, tales como edificios y similares. Como se muestra en la Figura 1, el producto 100 puede, en una disposición, tener la forma de un miembro generalmente "plano" que tienen un primer (p. ej., superior) y un segundo (p. ej., inferior) lados opuestos 104, 108; una pluralidad de porciones de borde externo 112; y una pluralidad de porciones de esquina 116. Una envoltura impermeable a los gases 120 (p. ej., un recinto hermético a los gases) puede formar un límite o una capa externos del producto 100 y puede tener porciones selladas entre sí de cualquier manera apropiada (p. ej., termosellado, adhesivos, etc.) a lo largo de una porción herméticamente sellada 124 para sellar un núcleo aislante en su interior, como se analizará con más detalle a continuación.

La envoltura impermeable a los gases 120 se puede construir a partir de cualquier material o materiales apropiados, tales como productos laminados de plástico, plásticos metalizados, metales, papeles metalizados, metales galvanizados y/o similares. Dependiendo del procedimiento de sellado particular utilizado, la envoltura impermeable a los gases 120 puede tener varias pestañas tales como la primera y segunda pestañas 128, 132 que pueden, si se desea, plegarse y asegurarse sobre la primera o segunda superficies 104, 108 del producto 100, al menos parcialmente cortadas y eliminadas, y/o similares. Si bien el producto 100 se ha mostrado en la Figura 1 en forma de

un panel generalmente plano, se debe entender que el procedimiento divulgado en la presente memoria se puede utilizar para elaborar muchas otras conformaciones, formas, tamaños, contornos, etc., de productos 100 tales como conformaciones cilíndricas, conformaciones en forma de L, conformaciones en forma de U, trapezoidales, conformaciones en forma cuadrada, bordes en ángulo, lengüeta en bordes de ranura, etc.

5 Pasando ahora a la Figura 3, se analizará ahora una realización de un método 200 para elaborar el producto de aislamiento térmico 100 de la Figura 1. Junto con la Figura 3, también se hará referencia a las vistas en sección del producto 100 presentado en las Figuras 2a-2b así como a las diversas etapas de una línea de montaje 300 para producir el producto 100 presentado en las Figuras 4a-4e. Como se muestra en la Figura 3, el método 200 puede incluir la disposición 204 de un material de soporte (p. ej., núcleo) y al menos un vapor en una porción interior de un recinto permeable a los gases (p. ej., una barrera porosa tal como la que se utiliza para las bolsas desecantes, agrupamiento en haces de fibra de vidrio, etc.) y a continuación el sellado 208 del material de soporte y el al menos un vapor dentro de la porción interior del recinto permeable a los gases (p. ej., donde la disposición 204 y el sellado 208 ocurren sustancialmente a presión ambiental).

10 Como se analizó anteriormente, el material de soporte puede estar en forma de un material adsorbente (p. ej., polvo o polvos, producto particulado o productos particulados, combinación o combinaciones y/o similares) que tiene una conductividad térmica relativamente baja y poros con un tamaño que facilita el efecto Knudsen (p. ej., un polvo fino tal como sílice pirogénica, aerogeles de sílice, etc.). En algunas situaciones, se pueden mezclar uno o más aditivos con el material adsorbente (y de ese modo formar parte del material de soporte) para añadir una o más propiedades o cualidades deseadas al material de soporte (y de ese modo al producto 100 que se va a formar). Por ejemplo, se pueden incluir uno o más de un opacificador de IR (para limitar la transferencia de calor radiativo a través del material de soporte), un material fibroso ligero y/o un material de carga estructural (para mejorar la integridad estructural del producto 100 que se va a formar), un afinador de vacío (para mantener la presión baja o el estado evacuado dentro del producto 100 que se va a formar) y/o similares.

15 Además, se prevén muchos vapores y/o mezclas vaporosas que se pueden disponer y sellar dentro del recinto permeable a los gases junto con el material de soporte. El vapor puede ser un vapor con conductividad térmica relativamente baja (p. ej., menor que la del nitrógeno/aire) y/o puede ser un vapor cuya presión caiga en una cantidad deseada junto con una reducción particular de temperatura. Como se analiza en la presente memoria, el vapor, una vez sellado dentro de una envoltura impermeable a los gases, se enfría y se condensa para reducir la presión dentro de la envoltura impermeable a los gases. A este respecto, puede ser ventajoso utilizar vapores que tienen un punto de ebullición por encima de las temperaturas de funcionamiento del entorno en el que se va a utilizar el producto 100 que se va a formar de modo que el vapor permanezca condensado y el interior del producto 100 permanezca en el estado de baja presión durante el uso del producto 100.

25 Además de vapor de agua (es decir, agua) o de otros vapores, los vapores que se pueden sellar dentro de la envoltura permeable a los gases incluyen, pero no se limitan a, parafinas tales como n-pentano, clorohidrocarburos tales como tetracloruro de carbono, CFC, HCFC, compuestos oxigenados orgánicos tales como acetona y etilenglicol y/o una amplia gama de vapores. Aunque el agua (vapor de agua) es económica y relativamente fácil de manejar desde una perspectiva de fabricación, los paneles aislantes que incorporan agua pueden no ser útiles en todas las aplicaciones. Por ejemplo, en aplicaciones de aislamiento de alta temperatura (p. ej., que tiene una temperatura del lado caliente por encima de aproximadamente 100°C), toda o una porción del agua se puede vaporizar aumentando así la presión dentro del producto 100 y perjudicando significativamente la calidad aislante del producto 100. En otro ejemplo, puede ser deseable emplear presiones más bajas (p. ej., menos de 10 mbar en el lado de temperatura fría del aislamiento) para ciertas aplicaciones. Es decir, los paneles aislantes que incorporan vapor de agua pueden tener una presión de menos de aproximadamente 0,1 mbar en aplicaciones de envasado de hielo seco o congelador de temperatura ultrabaja (ULTF) donde el lado frío puede ser de aproximadamente -75°C. Para un congelador convencional a -20°C, la presión es de aproximadamente 1 mbar, para un refrigerador o envase a 5°C, es de aproximadamente 9 mbar y para una pared de un edificio a 20°C es de aproximadamente 23 mbar. Cabe señalar que estos son los valores máximos y que los valores de presión reales pueden ser menores dependiendo del material del núcleo utilizado, en gran parte como resultado de la adsorción y la condensación inducida por presión capilar. Por consiguiente, si se desean presiones más bajas a ciertas temperaturas, particularmente temperaturas cercanas o más altas que la ambiental, se pueden utilizar ventajosamente líquidos con un punto de ebullición más alto.

30 Entre las propiedades deseables para los vapores y/o mezclas vaporosas se encuentran un camino libre medio relativamente grande (λ), una conductividad térmica de vapor relativamente baja, un coste relativamente bajo, un peso molecular relativamente bajo para reducir la masa de vapor necesaria para llenar un núcleo de aislamiento expandido a aproximadamente 1 bar, problemas ambientales y de seguridad mínimos, baja reactividad hacia el material del núcleo de aislamiento y las películas de barrera, menor penetración de vapor a través de las películas de barrera, una presión de vapor relativamente baja en el lado frío del panel de aislamiento en uso, y buenas características de adsorción de infrarrojos (IR).

35 En una caracterización, la sustancia que constituye el vapor puede ser no acuosa. Por ejemplo, la sustancia puede ser un compuesto orgánico tal como uno o más hidrocarburos (p. ej., alcanos) y particularmente alcoholes tales como glicoles u otros dioles. En otra caracterización, la sustancia puede ser un compuesto a base de silicona tal como los compuestos de dimetilpolisiloxano, por ejemplo los disponibles en Dow Chemical Company con los nombres comerciales SYLTHERM

XLT y SYLTHERM HF, así como Dow Corning 200 Fluid, particularmente 1.5 CST o 2.0 CST. También son útiles ciertas mezclas de compuestos orgánicos tales como la comercializada por Dow Chemical Company con el nombre comercial DOWTHERM J, que es una mezcla de isómeros de compuestos aromáticos alquilados.

En una caracterización adicional, la sustancia que constituye el vapor puede tener un punto de ebullición mayor que el punto de ebullición del agua, p. ej., es superior a aproximadamente 100°C a aproximadamente 1000 mbar de presión. Esta disposición puede permitir que la porción interior de la envoltura impermeable a los gases 136 permanezca en un estado deseado de baja presión incluso en aplicaciones de alta temperatura, tal como cuando el producto 100 tiene una temperatura del lado caliente superior a aproximadamente 100°C. Por ejemplo, la sustancia puede tener un punto de ebullición a 1000 mbar de al menos aproximadamente 150°C, tal como al menos aproximadamente 175°C, al menos aproximadamente 200°C o incluso al menos aproximadamente 225°C.

En la Tabla I se ilustran ejemplos de compuestos orgánicos útiles en comparación con el agua.

Tabla I

Compuesto	Punto de ebullición	Densidad de vapor (g/l) a 1000 mbar	PM
agua	100°C	0,59	18
etilenglicol	197°C	1,61	62
dietilenglicol	244°C	2,50	106,1
trietilenglicol	285°C	3,26	150
trimetilenglicol (1,3-propanodiol)	211°C	1,92	76,1
Decan-1-ol (1-Decanol)	232°C	3,68	152,3
Dodecan-1-ol (Dodecanol)	259°C	4,27	186,3

Por ejemplo, la sustancia puede tener un punto de ebullición a 1.000 mbar de al menos aproximadamente 150°C, tal como al menos aproximadamente 175°C, al menos aproximadamente 200°C o incluso al menos aproximadamente 225°C.

También se pueden utilizar mezclas de dos o más sustancias para lograr propiedades deseables. Por ejemplo, se puede utilizar una mezcla de agua y etilenglicol para crear una sustancia que tenga un punto de ebullición entre aproximadamente 100°C y 197°C, que se puede variar variando la razón de agua con respecto a etilenglicol.

Una ventaja de los compuestos tales como los glicoles es que pueden actuar como desecantes del agua. Uno de los problemas de durabilidad más importantes para los VIP convencionales es la penetración de agua en el panel a lo largo del tiempo. A este respecto, el uso de glicoles y compuestos similares dentro del producto 100 divulgado en la presente memoria puede desecar ventajosamente (p. ej., absorber) agua a lo largo del tiempo, conservando así las propiedades aislantes del producto 100.

Además, la densidad o las densidades de vapor de la sustancia o las sustancias dentro del producto 100 puede ser una consideración importante ya que la densidad del vapor dictará la cantidad (masa) de líquido que se necesita para llenar el producto 100 en forma de vapor durante el procedimiento de fabricación, así como la cantidad de líquido que estará presente en el producto 100 después de la fabricación (p. ej., a temperatura ambiental). Es decir, durante el llenado de la bolsa de barrera a aproximadamente 1 bar de presión, las bolsas porosas internas y externas impermeables se inflarán típicamente de 1,2 a 5 veces su volumen final, dependiendo de cuán fluidificado esté entrando el polvo en la bolsa porosa y si hay alguna densificación realizada antes de sellar la bolsa externa.

Como ejemplo, supóngase que la primera y la segunda sustancias tienen esencialmente los mismos puntos de ebullición pero que sus pesos moleculares son 25 y 75 respectivamente. A este respecto, la cantidad final de la segunda sustancia requerida sería aproximadamente tres veces mayor (75:25) que la cantidad requerida de la primera sustancia para las mismas dimensiones del producto. Cuanto mayor sea el peso molecular del vapor condensado, mayor será el coste y mayor será la conductividad térmica efectiva. En una caracterización, la sustancia puede tener un peso molecular no mayor de aproximadamente 200, tal como no mayor de aproximadamente 175, no mayor de aproximadamente 150, no mayor de aproximadamente 125, o no mayor de aproximadamente 100.

Para un peso molecular determinado, un punto de ebullición más alto, como se indicó anteriormente, produce una densidad de vapor más baja. De ese modo, se pueden preferir compuestos con altos puntos de ebullición (p. ej., grados de enlace de hidrógeno) y de bajo peso molecular para algunas aplicaciones.

Con referencia a la Figura 2a, por ejemplo, el material de soporte (representado por el patrón de puntos) y el al menos un vapor (representado por la serie de líneas discontinuas y círculos pequeños) se pueden disponer y sellar dentro de una porción interior del recinto permeable a los gases 136 de cualquier manera apropiada. Pasando a la Figura 4a, por ejemplo, el material de soporte y al menos un vapor se pueden mantener inicialmente en los respectivos recintos 308,

312 (p. ej., tanques, tuberías, recipientes, etc.) como parte de una línea de montaje 300 que se puede utilizar para elaborar los productos de aislamiento térmico 100 divulgados en la presente memoria. Los recintos 308, 312 pueden estar interconectados de forma fluida respectivamente (p. ej., mediante tuberías, tubos, válvulas, etc.) a una cámara 316 para permitir la inyección del material de soporte y al menos un vapor en la cámara 316 y la mezcla del mismo. Por ejemplo, un recinto permeable a los gases 136 se puede mover a lo largo de la línea de montaje 300 a través de una cinta transportadora 304 o similar desde una posición como se muestra en la Figura 4a a otra posición como se muestra en la Figura 4b, después de lo cual una mezcla del material de soporte y el al menos un vapor se puede inyectar o disponer de otro modo de manera apropiada en el recinto permeable a los gases 136. A continuación el recinto permeable a los gases 136 se puede sellar de cualquier manera apropiada (p. ej., mediante termosellado; adhesivo; soldadura tal como soldadura RF, soldadura con disolvente o soldadura ultrasónica y/o similares) para que contenga el material de soporte y al menos parte (p. ej., la mayor parte) del vapor dentro de una porción interior del mismo.

Como se analizó, el al menos un vapor, una vez sellado dentro de la envoltura impermeable a los gases 120, eventualmente se enfriará a una temperatura por debajo del punto de ebullición del al menos un vapor (p. ej., en o por encima de una temperatura ambiental) para reducir la presión dentro de la envoltura impermeable a los gases 120 (así como para eliminar o al menos reducir la necesidad de mantener el producto 100 en contacto con una fuente fría para mantener el vapor en el estado condensado de baja presión). A este respecto, al menos una porción de la línea de montaje 300, por ejemplo entre, e incluyendo, la inyección del material de soporte/mezcla de gases desde la cámara 316 al recinto permeable a los gases 136 hasta el sellado del recinto sellado permeable a los gases 136 dentro de la envoltura impermeable a los gases 120 (p. ej., en la estación 320, analizada a continuación), se puede mantener dentro de cualquier zona de calentamiento apropiada 328 que esté configurada para mantener el al menos un vapor a una temperatura por encima de su punto de ebullición y limitar la condensación prematura del vapor. Por ejemplo, la zona de calentamiento 328 puede tener la forma de un recinto compuesto por cortinas de vinilo, paredes de plástico, paredes aisladas, cortinas de aire y/o similares.

No es necesario que el material de soporte y al menos un vapor se inyecten de manera sustancialmente simultánea en la cámara 316 o incluso en la porción interior del recinto permeable a los gases 136. En una disposición, el material de soporte se puede inyectar desde el recinto 308 al recinto permeable a los gases 136 (p. ej., con o sin pasar a través de la cámara 316), y a continuación el al menos un vapor se puede inyectar desde el recinto 312 al recinto permeable a los gases 136 (p. ej., también con o sin pasar a través de la cámara 316). En otra disposición, el material de soporte se puede inyectar o disponer de otro modo en el recinto permeable a los gases 136; se puede aplicar un líquido (p. ej., agua) sobre el material de soporte (antes o después de inyectar el material de soporte en el recinto permeable a los gases 136); y a continuación el material de soporte se puede calentar por encima del punto de ebullición del líquido para convertir al menos una parte del líquido en al menos un vapor y, de ese modo, conducir parte o todo el aire fuera del recinto permeable a los gases 136. Otras maneras de disponer y sellar el material de soporte y al menos un vapor en la porción interior del recinto permeable a los gases 136 también se prevén e incluyen dentro del alcance de la presente divulgación.

Una vez que el material de soporte y al menos un vapor han sido sellados dentro de la porción interior del recinto permeable a los gases 136, el método 200 de la Figura 3 puede incluir el sellado 212 del recinto permeable a los gases 136 sellado dentro de una porción interior de una envoltura impermeable a los gases (p. ej., a una presión sustancialmente igual a la presión ambiental). La Figura 2a ilustra el recinto permeable a los gases 136 sellado (que tiene el material de soporte y al menos un vapor contenido en el mismo) que se sella dentro de una porción interior de la envoltura impermeable a los gases 120. En este punto, por ejemplo, la porción interior sellada de la envoltura impermeable a los gases 120 puede tener aproximadamente 1 gramo de líquido por litro de un volumen total de la porción interior sellada de la envoltura impermeable a los gases 120 (p. ej., a una presión sustancialmente igual a la presión ambiental).

En una disposición, el recinto permeable a los gases 136 sellado se puede mover a lo largo de la línea de montaje 300 mediante la cinta transportadora 304 desde la posición mostrada en la Figura 4b a la que se muestra en la Figura 4c, después de lo cual el recinto permeable a los gases 136 sellado puede entrar en una estación 320 de encapsulación/sellado de la envoltura impermeable a los gases. Por ejemplo, la estación 320 puede incluir al menos una porción de una máquina de envasado continuo (p. ej., que incluye carretes/bobinas del material de la envoltura impermeable a los gases, equipo de termosellado, etc., no mostrado) operable para envolver y sellar el recinto permeable a los gases 136 sellado dentro de la envoltura impermeable a los gases 120. En algunas situaciones, se puede incluir cualquier desecante apropiado dentro de la porción interior de la envoltura impermeable a los gases 120 pero fuera del recinto permeable a los gases 136 para su uso en la reducción adicional de la presión de vapor dentro de la envoltura impermeable a los gases 120 al enfriarse. En cualquier caso, el sellado 212 puede ocurrir estando el al menos un vapor a una temperatura superior a la temperatura ambiental (p. ej., justo fuera de la zona calentada 328).

Después del sellado 212, el método 200 de la Figura 3 puede incluir a continuación el enfriamiento 216 del al menos un vapor (que está contenido junto con el material de soporte dentro de la porción interior de la envoltura impermeable a los gases 120) hasta una temperatura que está al menos por debajo del punto de ebullición del vapor (es decir, la sustancia o las sustancias que componen el vapor) para condensar al menos una porción del al menos un vapor dentro de la envoltura impermeable a los gases 120 y así reducir la presión dentro de la envoltura impermeable a los gases 120 desde una primera presión tras el sellado 212 hasta una segunda presión después del enfriamiento 216 (p. ej., libres de mecanismos de bombeo que consumen mucha energía). Por ejemplo, el al menos un vapor se puede

enfriar a una temperatura que sea igual o superior a la temperatura ambiental. En una disposición, la diferencia entre la primera y la segunda presiones puede ser de al menos aproximadamente 250 mbar, tal como al menos aproximadamente 500 mbar, al menos aproximadamente 700 mbar, o incluso al menos aproximadamente 900 mbar. En otra disposición, la segunda presión reducida puede no ser mayor de aproximadamente 700 mbar, tal como no mayor de aproximadamente 500 mbar, no mayor de aproximadamente 300 mbar, tal como no mayor de aproximadamente 100 mbar, o incluso no mayor de aproximadamente 50 mbar. En una disposición adicional, el tiempo entre la finalización del sellado 212 y la reducción de la primera presión a la segunda presión durante el enfriamiento 216 puede no ser mayor de aproximadamente 60 minutos, tal como no mayor de aproximadamente 10 minutos.

Volviendo ahora a la Figura 2b, que ilustra una vista en sección del producto 100' después del enfriamiento 216, se puede ver cómo al menos una porción del al menos un vapor (representado por la serie de líneas discontinuas y círculos pequeños en la Figura 2a) se ha condensado en una fase líquida (representada por la serie más estrecha de líneas discontinuas en la parte inferior de la porción interior del recinto permeable a los gases 136 y la envoltura impermeable a los gases 120 en la Figura 2b). También se puede ver cómo cualquier vapor restante dentro de la porción interior de la envoltura impermeable a los gases 120 después del enfriamiento 216 se encuentra en una densidad reducida o en un estado expandido en la Figura 2b en comparación con la Figura 2a (p. ej., obsérvese cómo la serie de líneas discontinuas y los círculos pequeños es menos densa en la Figura 2b en comparación con la Figura 2a). En otras palabras, el enfriamiento 216 convierte al menos una porción del vapor en una fase líquida de modo que la razón de moléculas dentro de la porción interior de la envoltura impermeable a los gases 120 en la fase gaseosa en comparación con las de la fase líquida disminuye dando como resultado una disminución de la presión dentro de la envoltura impermeable a los gases 120.

En una disposición, la porción interior sellada puede tener al menos aproximadamente 2 gramos de un líquido por litro de un volumen total de la porción interior sellada de la envoltura impermeable a los gases 120 después de la condensación/enfriamiento 216. Por ejemplo, la porción interior sellada puede tener al menos aproximadamente 3 gramos de un líquido por litro de un volumen total de la porción interior sellada de la envoltura impermeable a los gases 120 después de la condensación/enfriamiento 216 (p. ej., al menos aproximadamente 4 gramos de un líquido por litro). Como otro ejemplo, la porción interior sellada puede tener no más de aproximadamente 7 gramos de un líquido por litro de un volumen total de la porción interior sellada de la envoltura impermeable a los gases 120 después de la condensación/enfriamiento 216, tal como no más de aproximadamente 6 gramos de un líquido por litro (p. ej., no más de aproximadamente 5 gramos de un líquido por litro).

Como otro ejemplo, los gramos de líquido por litro del volumen total de la porción interior sellada de la envoltura impermeable a los gases 120 pueden ser al menos aproximadamente dos veces mayores (p. ej., tres veces mayores, cuatro veces mayores, etc.) después de la condensación/enfriamiento 216 en comparación con antes de la condensación/enfriamiento 216 (p. ej., tal como justo después del sellado 212). Se observa que se ha ilustrado que el líquido está concentrado en la parte inferior de la porción interior de la envoltura impermeable a los gases 120 con el fin de facilitar la comprensión del lector de la presente divulgación y que el líquido puede, en realidad, estar más distribuido dentro del material de soporte en toda la porción interior de la envoltura impermeable a los gases 120.

Por ejemplo, supóngase que el al menos un vapor es vapor de agua y que está sellado junto con el material de soporte dentro de la porción interior de la envoltura impermeable a los gases 120 a una temperatura de poco más de aproximadamente 100°C. A este respecto, la presión dentro de la porción interior de la envoltura impermeable a los gases 120 puede ser de aproximadamente 1.000 mbar (p. ej., a la presión ambiental o próxima a ella). Al enfriar la envoltura impermeable a los gases 120 (y el vapor de agua y el material de soporte en el interior) hasta una temperatura cercana a la temperatura ambiental (p. ej., hasta aproximadamente 20°C), la presión dentro de la porción interior de la envoltura impermeable a los gases 120 puede caer a sólo aproximadamente 20 mbar. La presión dentro de la envoltura impermeable a los gases 120 puede de ese modo permanecer ventajosamente sustancialmente en el nivel de 20 mbar (u otro nivel de baja presión) para usos del producto resultante 100 a temperaturas sustancialmente iguales a la temperatura ambiental a la que se enfrió 212 el producto 100.

Para otros vapores (p. ej., n-pentano), la porción interior de la envoltura impermeable a los gases 120 puede tener una primera temperatura durante la etapa de sellado diferente (p. ej., menor) que aquella a la cual se selló 212 el vapor de agua dentro de la envoltura 120, tal como aproximadamente 70°C, y/o una segunda temperatura después de la etapa de enfriamiento 216 diferente (p. ej., mayor) que aquella a la cual se enfrió 216 la envoltura 120, tal como aproximadamente 40°C. Por supuesto, reducciones adicionales de presión dentro del producto 100 pueden dar como resultado aplicaciones frías (p. ej., refrigeración, contenedores de transporte) en las que el producto 100 se dispone junto a una fuente fría que causa una condensación adicional del vapor que queda dentro del producto 100. Las reducciones adicionales de presión pueden resultar del uso de diferentes tipos de material de soporte, tamaños de poros o porosidades totales de los mismos, afinadores de vacío y/o similares.

En cualquier caso, la envoltura impermeable a los gases 120 sellada se puede mover a lo largo de la línea de montaje 300 mediante la cinta transportadora 304 desde la posición mostrada en la Figura 4c a la que se muestra en la Figura 4d, después de lo cual el recinto permeable a los gases 120 sellado puede entrar en cualquier estación de enfriamiento 324 apropiada diseñada para enfriar al menos un vapor por debajo de su punto de ebullición para condensar al menos una porción del vapor en una fase líquida. En una disposición, la estación de enfriamiento 324 puede incluir placas o superficies opuestas que tienen temperaturas por debajo del punto de ebullición del al menos un vapor, donde las

superficies opuestas están configuradas para contactar respectivamente con el primer y segundo lados 104, 108 (p. ej., véase la Figura 2b) del producto 100.

Por ejemplo, la primera y segunda superficies pueden entrar en contacto o presionar ligeramente los lados primero y segundo 104, 108 del producto 100 para enfriar simultáneamente el vapor por debajo de su punto de ebullición (p. ej., hasta una temperatura ambiental) y formar el producto 100 con dimensiones más precisas o exactas, pero no es necesario ejercer ninguna cantidad sustancial de presión contra el primer y segundo lados 104, 108 del producto 100 (p. ej., porque solo se puede requerir una presión mínima para mantener el contacto térmico y guiar la contracción a la conformación final deseada). En una realización, al menos una de las superficies opuestas puede tener una depresión, cavidad o similar, cuya conformación es una conformación deseada del producto 100 que se va a formar (p. ej., similar a una cavidad de molde). Como ejemplo, el movimiento de al menos una de las superficies hacia la otra de las superficies puede producir que el producto 100 se llene y se expanda en la cavidad hasta que el producto 100 haya asumido la conformación de la cavidad. Como resultado, el producto 100 puede lograr una mayor estabilidad dimensional y/o tolerancias más estrictas. En otra disposición, la estación de enfriamiento 324 se puede configurar para pulverizar un líquido de enfriamiento tal como agua u otro líquido (p. ej., que tenga una temperatura por debajo del punto de ebullición del gas) sobre el exterior del producto 100 para acelerar la condensación del vapor dentro de la misma.

Como se analiza en la presente memoria, el producto se puede utilizar ventajosamente para aislar numerosos tipos de superficies no planas o superficies de conformación cilíndrica tales como tuberías, tanques de almacenamiento y similares. En una disposición, el método 200 puede incluir conferir o formar de otro modo el producto 100 en cualquier conformación apropiada no plana antes o al menos durante la etapa de enfriamiento 216 (es decir, mientras que el producto 100 todavía es al menos parcialmente adaptable y antes de que se complete la etapa de enfriamiento 216) de modo que el producto tenga una conformación no plana al completar la etapa de enfriamiento 216 (es decir, de modo que el producto sea sustancialmente rígido o no adaptable en la conformación no plana después de la etapa de enfriamiento 216). En la presente memoria se contemplan y abarcan numerosas maneras de conformar y mantener el producto 100 en una conformación no plana o cilíndrica deseada mientras se produce la etapa de enfriamiento 216. En una disposición, uno de los lados primero y segundo 104, 108 (p. ej., las superficies externa e interna, respectivamente) se pueden formar en un contorno cóncavo de modo que el producto forme al menos un cilindro parcial (p. ej., medio cilindro o similar), donde el otro de los lados primero y segundo 104, 108 se formaría correspondientemente en un contorno al menos parcialmente convexo. En otra disposición, el producto 100 se puede formar en un cilindro sustancialmente completo (p. ej., donde los extremos del producto están sustancialmente colindantes/enfrentados entre sí o están adyacentes entre sí). En disposiciones adicionales, el producto 100 se puede formar en otros tipos de contornos no planos dependiendo de uno o más usos finales particulares del producto 100.

Entre otras ventajas, el producto 100 se puede configurar para que permanezca en un estado evacuado (p. ej., no mayor de aproximadamente 20 mbar a una temperatura de aproximadamente 20°C) sin requerir condiciones criogénicas para mantener el estado evacuado y mientras se mantiene cualquier contorno no plano apropiado. También a este respecto, el producto 100 se puede construir para proporcionar razones mejoradas de radios de curvatura de la superficie cóncava del producto 100 (o de la superficie no plana sobre la cual se aplica o se dispone el producto) con respecto al espesor del producto 100 (es decir, la distancia entre los lados primero y segundo 104, 108). Más específicamente, los VIP existentes a veces se pueden aplicar sobre superficies curvas que tienen radios de curvatura decrecientes, pero con el inconveniente de que los espesores de VIP disminuyen (es decir, debido al comportamiento térmico reducido que acompaña a la disminución del espesor de VIP).

A este respecto, la razón del espesor del producto 100 con respecto al radio de curvatura de la superficie cóncava del producto 100 (o de la superficie no plana sobre la que se aplica o se dispone el producto) puede ser de al menos aproximadamente 1 a 8, tal como al menos aproximadamente 1 a 4 o al menos aproximadamente 1 a 2. Por ejemplo, el radio de curvatura de la superficie cóncava del producto 100 (o de la superficie no plana) puede estar entre aproximadamente 3 mm y 100 mm. En una disposición, el radio de curvatura de la superficie cóncava del producto 100 puede ser no mayor de aproximadamente 100 mm, tal como no mayor de aproximadamente 30 mm. Como otro ejemplo, el espesor del producto 100 puede ser de al menos aproximadamente 2 mm, tal como al menos aproximadamente 20 mm, o al menos aproximadamente 40 mm. Como ejemplo adicional, el espesor del producto 100 puede en otras realizaciones ser no mayor de aproximadamente 100 mm, tal como no mayor de aproximadamente 80 mm, o no mayor de aproximadamente 60 mm.

En cualquier caso, la cinta transportadora 304 puede eventualmente mover el producto acabado 100 fuera de la estación de enfriamiento 324 como se muestra en la Figura 4e, después de lo cual el producto 100 puede estar listo para su uso, sometido a un procesamiento adicional (p. ej., asegurar o quitar las pestañas 128, 132; control de calidad; etc.). En una disposición, el producto acabado 100 puede tener una densidad (p. ej., densidad aparente) de al menos aproximadamente 80 g/l. En otra disposición, el producto acabado 100 puede tener una densidad no superior a aproximadamente 280 g/l. En una disposición, el producto acabado 100 puede tener una resistencia térmica de al menos aproximadamente 0,5 m²·K/W. En una disposición, el producto acabado 100 puede tener una conductividad térmica no superior a aproximadamente 0,010 W/mK a temperatura ambiente. En una disposición, la distancia entre el primer y el segundo lados 104, 108 del producto acabado 100 puede ser de al menos aproximadamente 2 mm. En otra disposición, la distancia entre la primera y la segunda paredes laterales puede ser no mayor de aproximadamente 50 mm.

Como se analizó anteriormente, los productos de aislamiento térmico 100 divulgados en la presente memoria se

pueden fabricar y/o configurar para su uso con superficies curvas o no planas (p. ej., tuberías, tanques de almacenamiento, etc.) de maneras que brindan numerosas ventajas y eficiencias sobre los productos de aislamiento existentes. Pasando ahora a las Figuras 5-6, se presentan las respectivas vistas en perspectiva y en sección de un producto 100' que se dispone (p. ej., se envuelve, se coloca, etc.) alrededor de una superficie externa no plana 404 de una tubería 400 (la designación prima (')) se utiliza para indicar que el producto 100' está en el estado de baja presión de la Figura 2b). Más específicamente, el segundo lado 108 (p. ej., superficie interna) del producto 100' se puede disponer contra (p. ej., directamente, o al menos colindante/adyacente) con la superficie externa 404 de la tubería 400 para proporcionar resistencia contra el flujo de calor dentro o fuera de un fluido 600 (p. ej., agua fría o caliente, refrigerante frío o caliente, amoníaco, criogénico, etc.) que fluye o está contenido dentro de la tubería 400 (p. ej., donde el fluido 600 está a una temperatura por debajo del punto de ebullición del líquido dentro del producto 100'). En una disposición, el fluido 600 puede estar a temperaturas criogénicas. En otra disposición, el fluido 600 puede estar por debajo del punto de congelación del agua, por ejemplo entre aproximadamente -50°C y 0°C. En una disposición adicional, el fluido 600 puede estar en o por encima de una temperatura sustancialmente ambiental, tal como al menos aproximadamente 50°C, o al menos aproximadamente 100°C, o al menos aproximadamente 200°C.

Por ejemplo, el producto 100' se puede deslizar sobre un extremo de la tubería 400 y a continuación a lo largo de la superficie externa 404. Alternativamente, los extremos del producto 100' (p. ej., cerca de la costura 180 en la Figura 6) se puede separar inicialmente para permitir que el segundo lado 108 del producto 100' se ajuste alrededor de la superficie externa 404 de la tubería 400 y a continuación los extremos se pueden volver a unir. En una disposición, se puede utilizar cualquier adhesivo apropiado o similar para asegurar el segundo lado 108 del producto 100' a la superficie externa 404 de la tubería y/o para asegurar los extremos del producto 100' juntos en una costura 180. En otra disposición, se puede utilizar más de un producto 100' para cubrir la superficie externa no plana 404 de la tubería 400 (u otra superficie no plana). Por ejemplo, se pueden utilizar el primer y segundo productos 100', donde cada uno del primer y segundo productos 100' cubre aproximadamente la mitad de la superficie externa no plana 404 de la tubería 400.

En una disposición adicional, el producto 100' se puede utilizar junto con uno o más productos de aislamiento térmico adicionales tales como un segundo producto de aislamiento térmico 500 (p. ej., aislamiento de fibra de vidrio, espuma elastomérica, etc., donde el segundo producto de aislamiento 500 también está configurado para que se disponga en una conformación no plana/cilíndrica) para proporcionar facilidad de instalación del producto 100', protección del producto 100', aumento del comportamiento térmico (p. ej., disminución del flujo de calor dentro o fuera de la tubería 400) y/o similares. Por ejemplo, el producto 100' se puede disponer alrededor de la superficie externa 404 de la tubería 400 y a continuación el segundo producto de aislamiento 500 se puede disponer alrededor del primer lado 104 del producto 100'. Alternativamente, el primer lado 104 (p. ej., superficie externa) del producto 100' se puede disponer inicialmente contra una superficie interna 508 del segundo producto de aislamiento (y/o sujetarse a la misma mediante adhesivos o similares).

A partir de entonces, el producto de aislamiento térmico 100' y el segundo producto de aislamiento térmico 500 se pueden disponer colectivamente a continuación alrededor de la superficie externa 404 de la tubería 400. Por ejemplo, los productos 100', 500 se pueden deslizar sobre un extremo de la tubería 400 y a continuación a lo largo de la superficie externa 404. Alternativamente, los extremos de los productos 100', 500 (p. ej., cerca de las costuras 180, 580 en la Figura 6) se pueden separar inicialmente para permitir que el segundo lado 108 del producto 100' se ajuste alrededor de la superficie externa 404 de la tubería 400 y a continuación los extremos se pueden volver a unir. En una disposición, el espesor entre la superficie externa e interna 504, 508 del segundo producto de aislamiento térmico 500 puede ser de al menos aproximadamente 10 mm, tal como al menos aproximadamente 40 mm, o al menos aproximadamente 70 mm. En otra disposición, el espesor del segundo producto de aislamiento térmico 500 puede ser no mayor de aproximadamente 150 mm, tal como no mayor de aproximadamente 120 mm, o no mayor de aproximadamente 70 mm. En una disposición específica en la que la tubería 400 tiene un diámetro externo de aproximadamente 25 mm, el espesor del producto 100' puede estar entre aproximadamente 3 mm y 13 mm mientras que el del segundo producto de aislamiento térmico puede estar entre aproximadamente 6 mm y 75 mm.

Además de la reducción de la ganancia/pérdida de calor con respecto al fluido 600 contenido dentro de la tubería 400, el producto de aislamiento térmico 100' también proporciona mayores niveles de protección de vapor de agua. En una variación, la envoltura impermeable a los gases 120 se puede construir con cualquier barrera o película plástica metalizada apropiada (p. ej., tal como para temperaturas del lado caliente cercanas a la temperatura ambiental). En otra disposición, la envoltura impermeable a los gases 120 puede estar construida de acero inoxidable (p. ej., tal como para temperaturas del lado caliente superiores a aproximadamente 50°C, tal como hasta al menos 400°C).

Como se analizó anteriormente, el producto 100' se puede formar en una conformación no plana apropiada (p. ej., tal como la ilustrada en la Figura 6) en el momento de la fabricación del producto 100'. En otra disposición, sin embargo, el producto 100' se puede conformar alrededor de una superficie no plana (p. ej., la superficie externa 404 de la tubería 400) o se puede formar de otro modo en una conformación no plana en algún momento después de que el producto se fabrique inicialmente, tal como durante el tiempo de aplicación del producto 100' alrededor de la superficie no plana o en la ubicación de la superficie no plana (es decir, en un lugar diferente de donde se fabricó el producto 100', tal como donde se fabrica la tubería o donde la tubería ya está instalada). Por ejemplo, en el caso de que el producto 100' sea relativamente delgado, tal como un espesor entre el primer y segundo lado 104, 108 no mayor de aproximadamente 5 mm (p. ej., tal como no mayor de aproximadamente 3 mm), el producto 100' se puede conformar alrededor de una superficie no plana (o en una conformación no plana deseada) tal como a mano o con cualquier maquinaria apropiada.

Como otro ejemplo, y pasando ahora a la Figura 7, se divulga un método 700 para la aplicación de un producto de aislamiento térmico (p. ej., producto de aislamiento térmico 100') alrededor una superficie no plana. La realización de la Figura 7 no está contemplada por las reivindicaciones. En 704, el método 700 puede incluir calentar el producto de aislamiento térmico por encima del punto de ebullición del líquido dentro del producto. Por ejemplo, la etapa de calentamiento 704 puede hacer que al menos parte del líquido dentro del producto 100' (p. ej., representado por las líneas discontinuas en la parte inferior del producto 100' en la Figura 2b) se evapore a un estado gaseoso (p. ej., como se muestra en la Figura 2a) para hacer que el producto 100' sea al menos parcialmente adaptable o conformable (p. ej., para hacer que el producto 100' de la Figura 2b sea similar al producto 100 de la Figura 2a). Antes de la etapa de calentamiento 704, el producto 100' puede ser sustancialmente plano (p. ej., como en la Figura 2b) o no plano (p. ej., tal como en una conformación cóncava u otra conformación), y puede estar a presiones sustancialmente evacuadas (p. ej., no mayor de aproximadamente 20 mbar a una temperatura de aproximadamente 20°C).

Después de la etapa de calentamiento 704, el método 700 puede incluir la conformación 708 (p. ej., envoltura) de la superficie interna del producto de aislamiento térmico (p. ej., segundo lado 108 del producto 100 de la Figura 2a) en una superficie externa no plana (p. ej., superficie externa 404 de la tubería 400). Con referencia a la Figura 6, por ejemplo, el primero de los extremos del producto 100 (cerca de la costura 180) se puede colocar inicialmente sobre o contra la superficie externa 404 de la tubería 400. Después de eso, el producto 100 se puede envolver al menos alrededor de una porción de la superficie externa 404 de la tubería 400 tal como alrededor de la mayoría o incluso una totalidad sustancial de la superficie externa 404 por lo que el segundo extremo del producto 100 se puede colocar adyacente al primer extremo del producto. En una disposición, el segundo lado 108 (superficie interna) del producto 100 se puede fijar apropiadamente a la superficie externa 404 de la tubería 400 y/o el primer y segundo extremos se pueden fijar juntos en la costura 180. Además, o alternativamente, el producto 100 se puede utilizar junto con al menos un segundo producto de aislamiento térmico 500 como se analizó anteriormente. En el caso de que el producto de aislamiento térmico 100 ya esté dispuesto contra la superficie interna 508 del segundo producto de aislamiento térmico 500, la etapa de calentamiento 704 puede incluir calentar ambos productos 100', 500 y a continuación conformar ambos productos 100, 500 alrededor de la superficie externa 404 de la tubería 400 (como en la Figura 6).

Mientras que el producto de aislamiento térmico se amolda a la superficie no plana (o tiene de otro modo una conformación o contorno no plano deseado), el producto de aislamiento térmico puede a continuación enfriarse 712 adecuadamente (p. ej., pasivamente, activamente) por debajo del punto de ebullición del gas dentro del producto. Por ejemplo, la etapa de enfriamiento 712 puede hacer que al menos parte del gas dentro del producto 100 (p. ej., representado por los círculos pequeños y las líneas discontinuas dispersas por todo el producto 100 en la Figura 2a) se condense de nuevo al estado líquido (p. ej., como se muestra en el producto 100' de la Figura 2b) con el fin de que el producto 100 sea sustancialmente rígido o no adaptable (es decir, para aportar rigidez al producto en la conformación no plana) estando la porción interior del producto en un estado de baja presión o sustancialmente evacuado (p. ej., no mayor de aproximadamente 20 mbar a una temperatura de aproximadamente 20°C). En una disposición, la temperatura del fluido 600 puede estar por debajo del punto de ebullición del líquido dentro del producto 100.

En una disposición, la envoltura impermeable a los gases 120 del producto de aislamiento térmico 100 se puede construir, tratar o manipular apropiadamente para facilitar la capacidad del producto 100 para ser conformado en la conformación no plana deseada sustancialmente libre de desgarro, rotura o fractura del producto 100. Por ejemplo, cualquier conformación sinusoidal apropiada, serie de hendiduras o similar se puede formar en uno o ambos del primer y segundo lado 104, 108 (p. ej., durante la fabricación del producto, tal como durante el procedimiento de enfriamiento) para facilitar la flexión o la conformación del producto 100. Como otro ejemplo, algunas disposiciones preveían que el espesor de la envoltura impermeable a los gases 120 pudiera ser mayor en uno del primer o segundo lados 104, 108 que va a ser la superficie externa cuando el producto se forme en una conformación no plana (p. ej., tal como el primer lado 104 en la Figura 6).

A continuación se analizará una ventaja adicional de los productos 100 de aislamiento térmico acabados/resultantes divulgados en la presente memoria. Por ejemplo, el comportamiento térmico transitorio de los productos de aislamiento (p. ej., la capacidad de resistir el equilibrio de temperatura entre el primer y el segundo lado de un producto de aislamiento) se puede volver importante para aplicaciones en las que las temperaturas "caliente" y "fría" respectivamente adyacentes a la primera y la segunda superficies opuestas de los productos no sean temporalmente independientes entre sí (p. ej., construcción, camiones refrigerados y/o similares). Dicho de otra manera, el comportamiento transitorio de un producto de aislamiento se vuelve importante cuando al menos una de la primera y segunda superficies del producto de aislamiento experimenta cambios de temperatura con respecto a la otra superficie.

Específicamente, la difusividad térmica es una medida del comportamiento transitorio que gobierna la escala de tiempo para que un material se equilibre a un cambio en las condiciones y depende de la conductividad térmica, la densidad y la capacidad calorífica del material o producto (donde la difusividad térmica (α) es igual a la conductividad térmica (λ) dividida por la densidad (ρ) y la capacidad calorífica (C_p)). Por ejemplo, el tiempo característico (es decir, para que se equilibren las temperaturas en la primera y segunda superficies del producto, donde el tiempo característico aumenta con el cuadrado del espesor del producto de aislamiento) para una pieza de aislamiento de espuma de Poliestireno Expandido (EPS) de 25 mm de espesor, es del orden de unos minutos, mientras que el de los VIP actuales es del orden de una o dos horas. Generalmente, el comportamiento térmico transitorio aumenta con el aumento del tiempo característico.

Antes de tener en cuenta los efectos de cambio de fase de los materiales/componentes en el núcleo de un producto de aislamiento (p. ej., que ocurre durante un cambio de temperatura adyacente a un primer lado de un producto de aislamiento en relación con un segundo lado opuesto del producto de aislamiento) sobre el comportamiento transitorio del producto de aislamiento, los VIP actuales y los presentes productos de aislamiento térmico 100 pueden tener un comportamiento transitorio comparable (p. ej., ambos del orden de aproximadamente una hora o dos). Sin embargo, el mayor contenido de agua de los presentes productos de aislamiento térmico 100 (p. ej., aproximadamente 4 g/l, tal como al menos aproximadamente 6 g/l, o más) en comparación con el de los VIP actuales (p. ej., 0,5 g/l o menos) puede dar como resultado un mayor grado de cambio de fase del líquido a vapor durante los cambios de temperatura adyacentes a un lado de los productos 100 y el correspondiente comportamiento transitorio aumentado de los presentes productos de aislamiento térmico 100 en relación con los VIP actuales.

Supóngase que cada uno de un VIP actual y un presente producto de aislamiento térmico 100 se utilizaran independientemente como aislamiento para una pared exterior de un edificio. Por ejemplo, la Figura 8 presenta una vista lateral esquemática simplificada de un producto de aislamiento térmico 100 divulgado en la presente memoria que está dispuesto dentro o adyacente a una estructura de pared exterior 1404 de un edificio 1400 (p. ej., casa, complejo de apartamentos, estructura comercial, etc.). Aunque no se muestra, la estructura de pared exterior 1404 puede incluir cualquier miembro estructural apropiado (p. ej., puntales, vigas, etc.), revestimiento, tablas de pared y similares. Supóngase que un entorno cerrado 1500 del edificio 1400 (p. ej., adyacente o cerca de la estructura de la pared exterior 1404) siempre está a aproximadamente a 20°C en el interior, pero que el entorno ambiental exterior 1600 (p. ej., adyacente o cerca de la estructura de la pared exterior 1404) oscila (p. ej., fluctúa) entre 5°C por la noche (p. ej., supóngase 12 horas a 5°C para idealizar) y 35°C durante el día (p. ej., supóngase también 12 horas para idealizar). En este caso y sin tener en cuenta los efectos de cambio de fase del líquido en el presente producto de aislamiento térmico 100 que se producen durante los cambios de temperatura, serían necesarios aproximadamente 29,6 WHr/m² (106,560 J/m²) de calentamiento y 29,6 WHr/m² (106,560 J/m²) de enfriamiento durante un día para cada uno de los VIP actuales y el presente producto de aislamiento térmico (p. ej., asumiendo que el tiempo característico es mucho menor que las escalas diurnas de 12 horas).

Sin embargo, el cambio de fase del líquido en el presente producto de aislamiento térmico 100 a vapor durante los cambios de temperatura del entorno ambiental exterior 1600 sirve para aumentar el comportamiento transitorio del producto de aislamiento térmico 100 enfriando adicionalmente el primer o segundo lado del producto de aislamiento 100 durante la evaporación del líquido dependiendo de cuál de los lados primero y segundo es el lado "caliente" y cuál es el lado "frío". Por ejemplo, imagínese que la primera y segunda superficies 104, 108 del producto de aislamiento térmico 100 fueran respectivamente adyacentes al interior y al exterior del edificio 1400 como se muestra en la Figura 5. Supóngase adicionalmente que el entorno ambiental exterior 1600 está inicialmente a 5°C y que el entorno interior/cerrado 1408 del edificio 1400 está a 20°C. En este caso, la temperatura relativamente más baja de 5°C del entorno ambiental exterior 1600 en comparación con la temperatura de 20°C del entorno interior/cerrado 1500 del edificio 1400 puede provocar que el vapor dentro del producto 100 se condense adyacente a la segunda superficie 108 (p. ej., como se muestra en la Figura 2b).

Sin embargo, a medida que la segunda superficie 108 del producto de aislamiento térmico 100 se calienta debido al aumento del entorno ambiental exterior 1600 de 5°C a 35°C en este ejemplo, al menos parte del líquido anteriormente condensado adyacente a la segunda superficie 108 en el interior del producto de aislamiento térmico 100 se evapora (p. ej., 100 g/m³) y posteriormente se condensa en el interior del producto de aislamiento térmico 100 adyacente a la primera superficie 104 (p. ej., porque el entorno interior/cerrado 1500 del edificio 1400 cerca o adyacente a la primera superficie 104 está ahora más frío (20°C) que el entorno ambiental exterior 1600 cerca o adyacente a la segunda superficie 108 (35°C)). Como el líquido condensado adyacente a la segunda superficie 108 del producto de aislamiento térmico 100 absorbe energía (p. ej., calor) de la segunda superficie 108 para evaporarse a vapor, el resultado neto es un efecto de enfriamiento adyacente a la segunda superficie 108 del producto de aislamiento térmico 100 y un aumento correspondiente en el comportamiento térmico transitorio del producto de aislamiento térmico 100 (p. ej., debido al efecto de enfriamiento antes mencionado que tiende a aumentar el tiempo característico del producto de aislamiento térmico 100 o, en otras palabras, el tiempo para el equilibrio de temperatura entre la primera y segunda superficies 104, 108 del producto de aislamiento térmico 100).

Una vez que el entorno ambiental exterior 1600 comienza a enfriarse nuevamente (p. ej., hasta la temperatura de 5°C en este ejemplo), el procedimiento analizado anteriormente se revierte por lo que el líquido condensado adyacente a la primera superficie 104 del producto de aislamiento térmico 100 se evapora y condensa adyacente a la segunda superficie 108 del producto de aislamiento térmico 100 (p. ej., debido a la temperatura relativamente más alta (20°C) del entorno cerrado 1500 en relación con el entorno ambiental exterior 1600 (5°C)), lo que da como resultado un efecto de enfriamiento adyacente a la primera superficie 104 del producto de aislamiento térmico 100. En el caso de que el tiempo necesario para "bombear" el fluido desde la primera superficie 108 a la segunda superficie 104 (y viceversa) se acerque a las escalas de tiempo diurnas, el comportamiento térmico transitorio puede aumentar considerablemente en relación con los VIP actuales/ existentes.

Los productos de aislamiento térmico 100 divulgados en la presente memoria se pueden incorporar en un edificio y/o componentes del mismo (p. ej., paredes, marcos, paneles, etc.) de numerosas maneras con el propósito de aislarlo. Pasando ahora a la Figura 9, se presenta una vista en perspectiva de una porción de una estructura de pared 1700 de un edificio que incorpora varios productos de aislamiento térmico de la Figura 1 de acuerdo con una realización.

Se debe entender que los productos de aislamiento térmico divulgados en la presente memoria se pueden incorporar a estructuras de paredes (p. ej., estructuras de paredes exteriores, estructuras de paredes interiores, estructuras de techos, etc.) de edificios de muchas otras maneras compatibles con las enseñanzas presentadas en la presente memoria.

Como se muestra, la estructura de pared 1700 puede incluir varios miembros estructurales 1704 (p. ej., puntales, canales, vigas, travesaños, etc. de cualquier material o materiales apropiados tal como madera, metales, materiales compuestos, etc.) separados por cualquier distancia. Uno o más productos de aislamiento térmico 100 se pueden disponer u organizar apropiadamente con relación a los miembros estructurales 1704 con el fin de limitar la transferencia de calor a través de la estructura de pared 1700 desde un entorno ambiental exterior 1900 a un entorno cerrado interior 1800 del edificio y viceversa. Por ejemplo, uno o más productos de aislamiento térmico 100 se pueden disponer apropiadamente entre aquellos miembros adyacentes de los miembros estructurales 1704. En una disposición, varios miembros de revestimiento 1708 (p. ej., placas de yeso, cartón yeso, tableros de partículas, madera contrachapada, etc.) se pueden disponer apropiadamente sobre y/o fijados a lados opuestos de los miembros estructurales 1704 para encerrar los productos de aislamiento térmico 100 entre ellos. También se puede disponer cualquier otro número y/o tipo apropiado de miembros o componentes de revestimiento adicionales 1712 sobre y/o fijado a uno o más de los miembros de revestimiento 1708 tales como tapajuntas, aislamiento de espuma en aerosol, mampostería (p. ej., ladrillos, piedra, mármol, etc.), recubrimiento exterior (p. ej., vinilo, metal, etc.) y/o similares. Si bien no se muestra, la estructura de pared 1700 puede ser una de varias estructuras de pared interconectadas de uno o más edificios, donde cada estructura de pared interconectada incluye uno o más productos de aislamiento térmico 100 dispuestos en ella o relativos a ella con el fin de limitar la transferencia de calor hacia y fuera del interior del edificio o los edificios.

En una disposición, los uno o más productos de aislamiento térmico 100 se pueden disponer sobre los elementos estructurales 1704 además de, o como una alternativa a, la colocación de productos de aislamiento térmico entre elementos estructurales adyacentes 1704 como se muestra en la Figura 9. Solo como ejemplo, cualquier aislamiento de espuma (p. ej., en aerosol) apropiado se puede disponer entre aquellos miembros adyacentes de los miembros estructurales 1704 y a continuación uno o más productos de aislamiento térmico 100 se pueden disponer sobre los miembros estructurales 1704 (p. ej., con o sin uno o más miembros de revestimiento 1708 dispuestos entre ellos). En otra disposición, se puede construir cualquier panel de pared de material compuesto y/o modular (p. ej., prefabricado) apropiado que incorpore uno o más productos de aislamiento térmico 100 en su interior. Mientras que los productos de aislamiento térmico 100 se han ilustrado como incorporados a una estructura de pared vertical, los productos de aislamiento térmico 100 también se pueden incorporar a otras numerosas estructuras de un edificio o similar (p. ej., estructuras de paredes horizontales, techos, etc.).

De ese modo, la presente divulgación contempla nuevos métodos para producir productos de aislamiento térmico que tienen ventajas significativas sobre las maneras anteriores/actuales de elaborar VIP, así como los propios productos de aislamiento térmico resultantes. Los productos de aislamiento térmico resultantes se pueden utilizar en una variedad de aplicaciones, tal como en el aislamiento de tuberías, electrónica, fuentes de energía, indumentaria, contenedores de transporte, electrodomésticos y otros usos para los que es deseable una alta eficiencia térmica y/o ahorro de espacio. Los productos de aislamiento térmico se pueden producir en cualquier conformación, tamaño, forma y/o disposición adecuados, según se desee para el uso al cual se aplicarán.

Se apreciará fácilmente que se pueden realizar muchas adiciones y/o desviaciones de las realizaciones específicas divulgadas en la memoria descriptiva sin apartarse del alcance de la invención. En una disposición, la envoltura impermeable a los gases y el vapor en su interior se pueden enfriar 216 (p. ej., mediante la estación de enfriamiento 324 de la Figura 4d) hasta una temperatura inicial (p. ej., aproximadamente 60°C en el caso de que el vapor sea vapor de agua) a la cual la envoltura impermeable a los gases puede mantener al menos una conformación deseada de modo que una pluralidad de envolturas impermeables a los gases selladas se puedan apilar o almacenar de otro modo para uso futuro. Por ejemplo, enfriar el vapor de agua hasta aproximadamente 60°C puede provocar que la presión dentro de la envoltura impermeable a los gases sellada caiga desde aproximadamente 1000 mbar si se produce cerca del nivel del mar (p. ej., tras el sellado inicial 212) hasta aproximadamente 150 mbar. Después de eso, el enfriamiento ambiental continuo de las envolturas impermeables a los gases selladas mientras están apiladas o almacenadas de otro modo (p. ej., hasta una temperatura ambiental tal como 21°C) puede causar reducciones adicionales de presión dentro de las envolturas impermeables a los gases selladas y, de ese modo, a los productos acabados 100 (p. ej., hasta aproximadamente 20 mbar o similar).

Ejemplo

Un panel de aislamiento térmico se fabrica mediante la disposición de un material de soporte (que incluye 90% en peso de sílice pirogénica y 10% en peso de carburo de silicio) y vapor de agua a una temperatura de aproximadamente 100°C dentro de un recinto permeable a los gases (Imperial RB1, producto 39317 fabricado por Hanes Engineered Materials) a presión ambiental, sellando el recinto permeable a los gases sellado dentro de una envoltura impermeable a los gases (Cryovak PFS8155 fabricado por Sealed Air Corporation) a presión ambiental y manteniendo el vapor de agua a una temperatura de aproximadamente 100°C y a continuación enfriando la envoltura impermeable a los gases (incluido el vapor de agua que hay en el interior) durante aproximadamente 5 min hasta una temperatura de aproximadamente 35°C.

Después de que la temperatura dentro de la envoltura impermeable a los gases descienda a aproximadamente 20°C,

la presión dentro del panel de aislamiento térmico resultante es de aproximadamente 8 mbar.

Cuando se mide con una temperatura del lado frío de aproximadamente 5°C y una temperatura del lado caliente de aproximadamente 25°C, la conductividad térmica del panel de aislamiento térmico es de aproximadamente 0,004 W/mK.

La densidad aparente del panel de aislamiento térmico es de aproximadamente 140 g/l.

- 5 Como se apreciará, las realizaciones descritas anteriormente son solo para propósitos ilustrativos y no se pretende que limiten el alcance de la presente invención. Varias adaptaciones, modificaciones y extensiones del método descrito serán evidentes para los expertos en la técnica y se pretende que estén dentro del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones que siguen.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método (200) para elaborar un producto de aislamiento térmico (100), que comprende sellar (212) un material de soporte y un vapor dentro de una porción interior de una envoltura sustancialmente impermeable a los gases (120), en donde la porción interior de la envoltura impermeable a los gases (120) comprende una primera presión durante la etapa de sellado (212); **caracterizado por**:
condensar (216) al menos una porción del vapor de una fase gaseosa a una fase líquida después de la etapa de sellado (212) para reducir la primera presión dentro de la envoltura impermeable a los gases (120) a una segunda presión menor que la primera presión.
- 10 2. El método (200) de la reivindicación 1, **caracterizado porque** la etapa de condensación (216) comprende: enfriar el vapor a una temperatura por debajo de un punto de condensación del vapor después de la etapa de sellado (212).
- 15 3. El método (200) de la reivindicación 2, **caracterizado porque** la envoltura impermeable a los gases (120) comprende una primera y una segunda paredes laterales (104, 108) separadas, y la etapa de enfriamiento (120) comprende:
poner en contacto la primera y segunda paredes laterales (104, 108) con la primera y segunda superficies, respectivamente, en donde cada una de la primera y la segunda superficies comprende una temperatura por debajo del punto de condensación del vapor.
4. El método de la reivindicación 2, que comprende adicionalmente:
formar un producto de aislamiento térmico (100) en una conformación deseada durante la etapa de enfriamiento (216).
- 20 5. El método de la reivindicación 1, caracterizado porque el vapor comprende al menos un componente seleccionado del grupo que consiste en agua, parafinas, clorohidrocarburos, clorofluorocarbonos y compuestos orgánicos oxigenados.
6. El método de la reivindicación 1, **caracterizado porque** el vapor comprende agua.
7. El método de la reivindicación 1, caracterizado porque el vapor forma parte de una mezcla gaseosa con al menos un gas seleccionado del grupo que consiste en argón, criptón, xenón, nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono y n-pentano.
- 25 8. El método de la reivindicación 1, **caracterizado porque** la primera presión es sustancialmente igual a la presión ambiental.
9. El método de la reivindicación 1, **caracterizado porque** la presión dentro de la envoltura impermeable a los gases (120) se reduce desde la primera presión hasta la segunda presión libre de mecanismos mecánicos de bombeo.
10. El método de la reivindicación 1, **caracterizado porque** el material de soporte comprende una combinación en partículas.
- 30 11. El método de la reivindicación 1, **caracterizado porque** el material de soporte comprende un polvo fino seleccionado entre al menos uno de polvo de sílice y un polvo de aerogel.
12. El método de la reivindicación 1, **caracterizado porque** el material de soporte comprende un opacificador de infrarrojos (IR).
- 35 13. El método de la reivindicación 12, **caracterizado porque** el opacificador de IR comprende al menos uno de titania, aluminio, óxido de hierro, carburo de silicio y carbono.
14. El método de la reivindicación 1, **caracterizado porque** el material de soporte comprende al menos aproximadamente 10% en peso de una carga estructural.
15. El método de la reivindicación 1, **caracterizado porque** el material de soporte comprende al menos aproximadamente 0,01% en peso y no más de aproximadamente 1% en peso de un afinador de vacío.

40

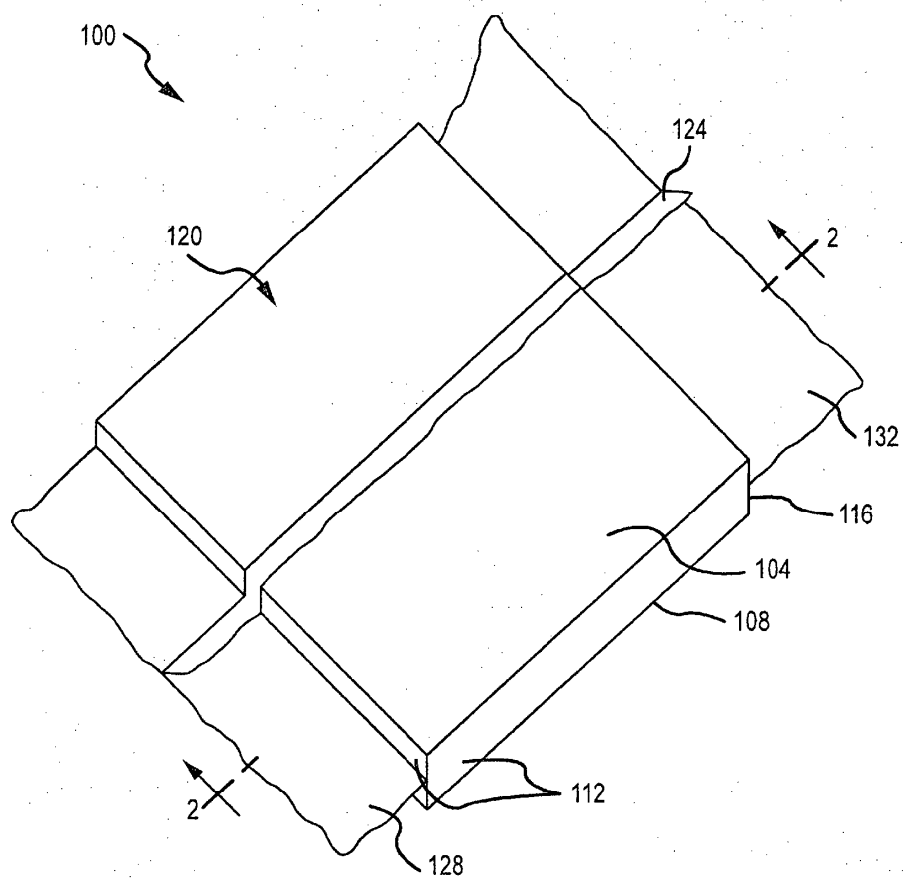


FIG.1

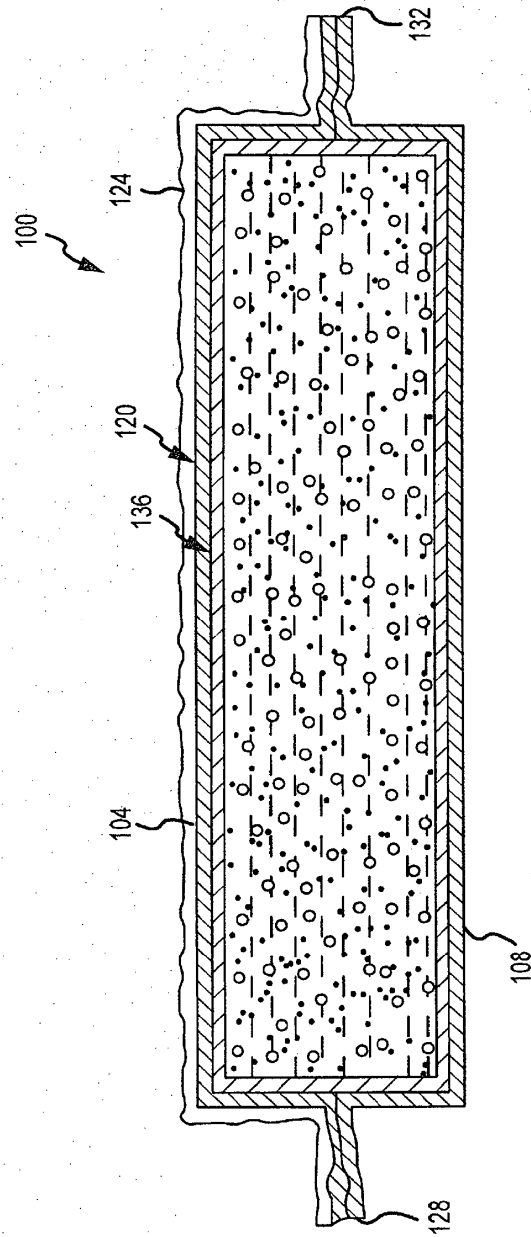


FIG.2a

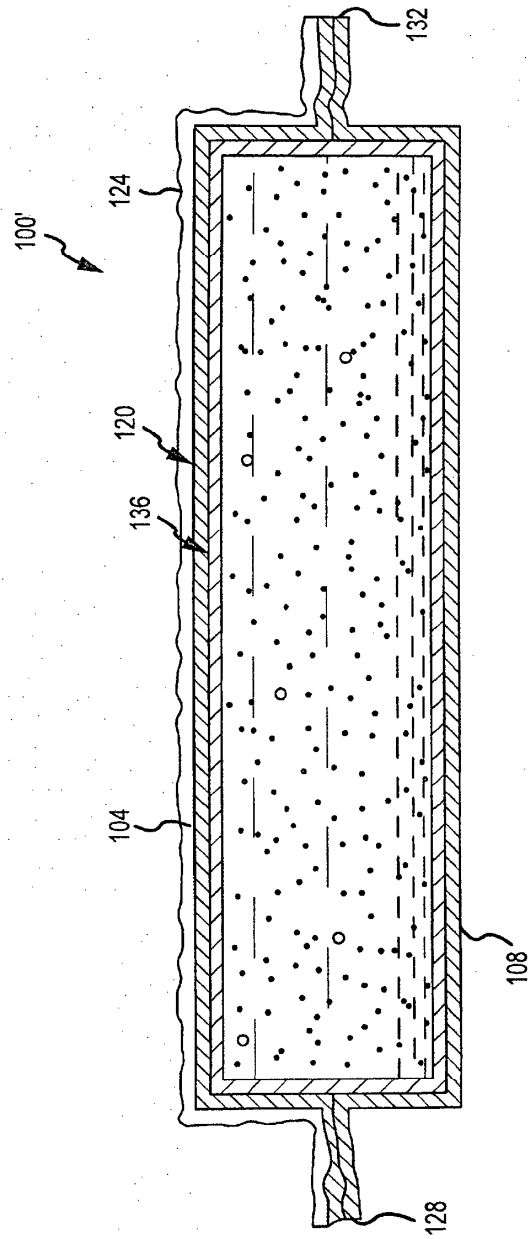


FIG.2b

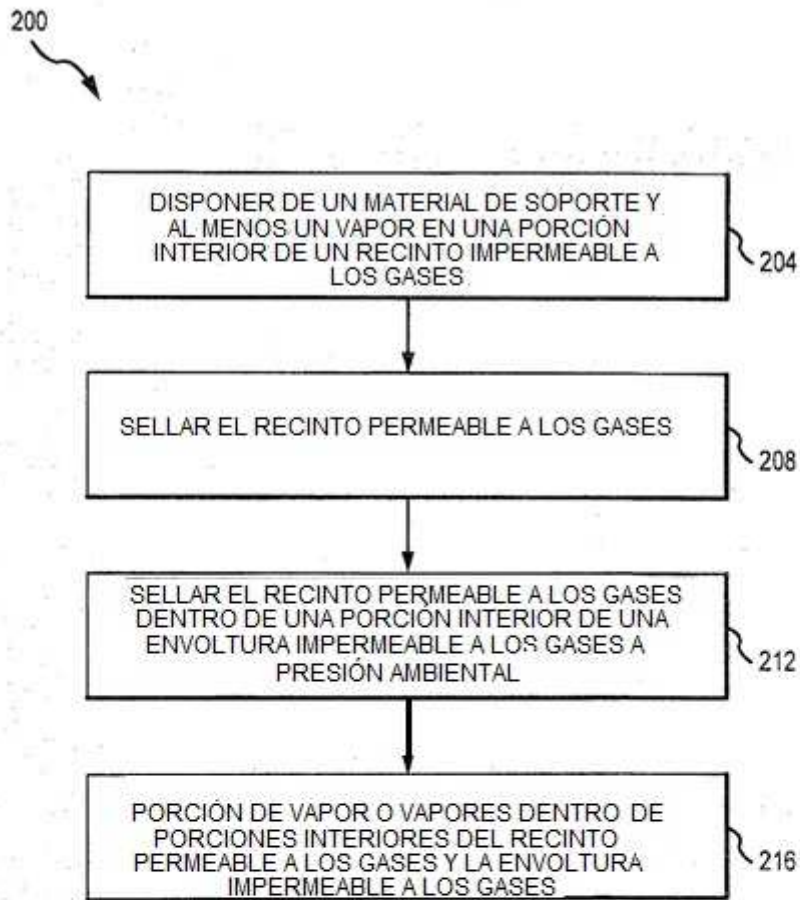


FIG.3

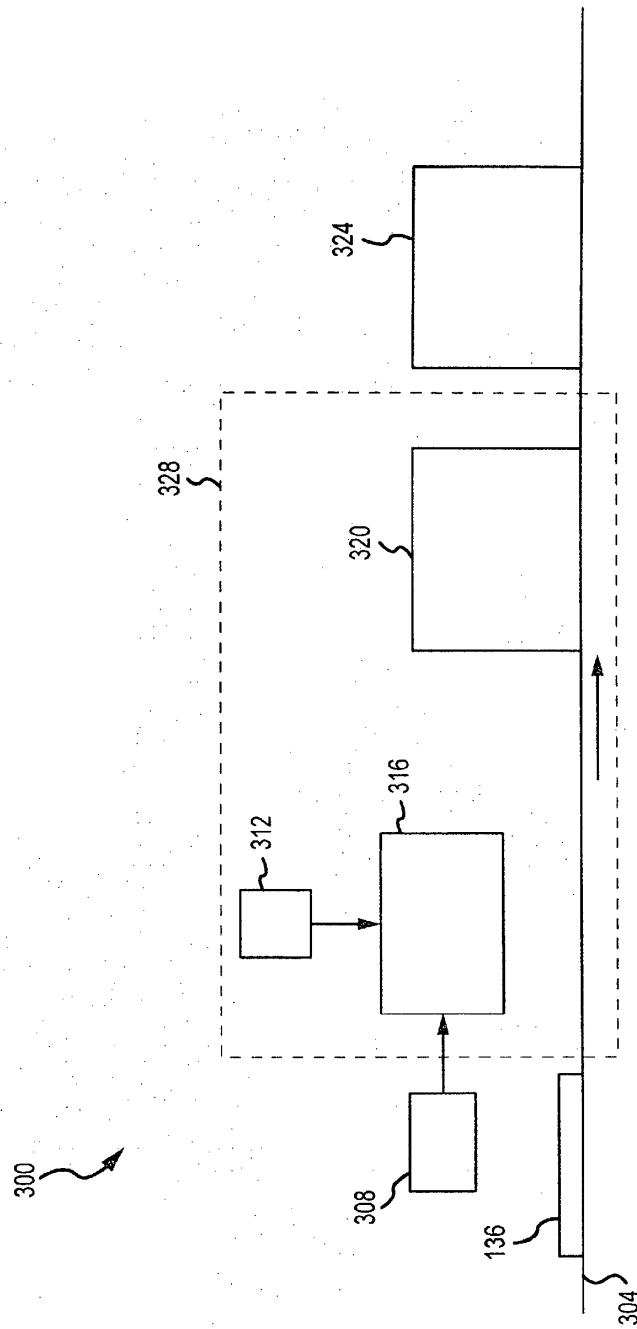


FIG. 4a

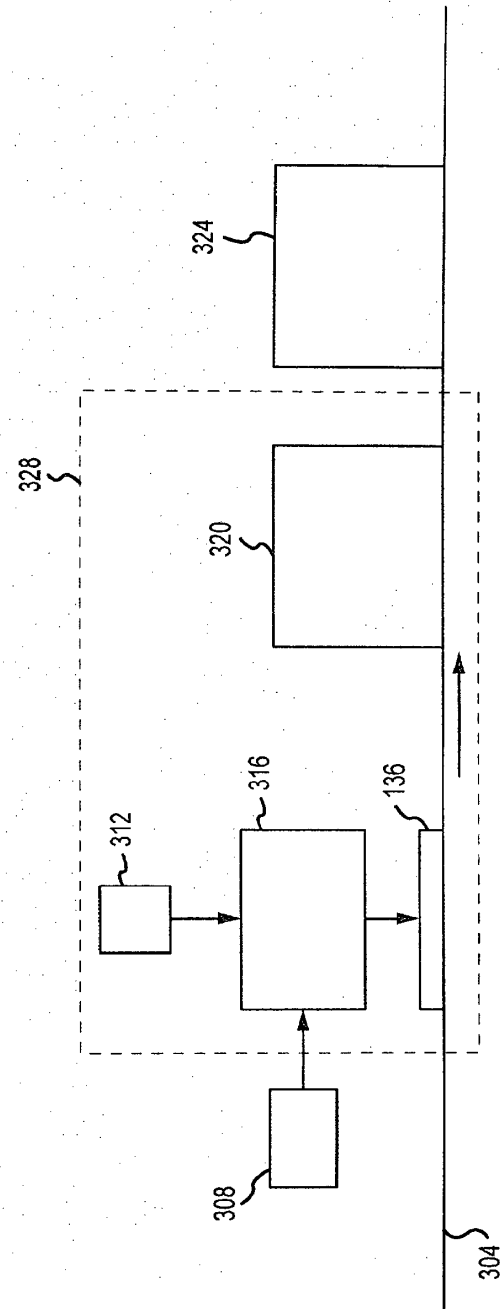


FIG. 4b

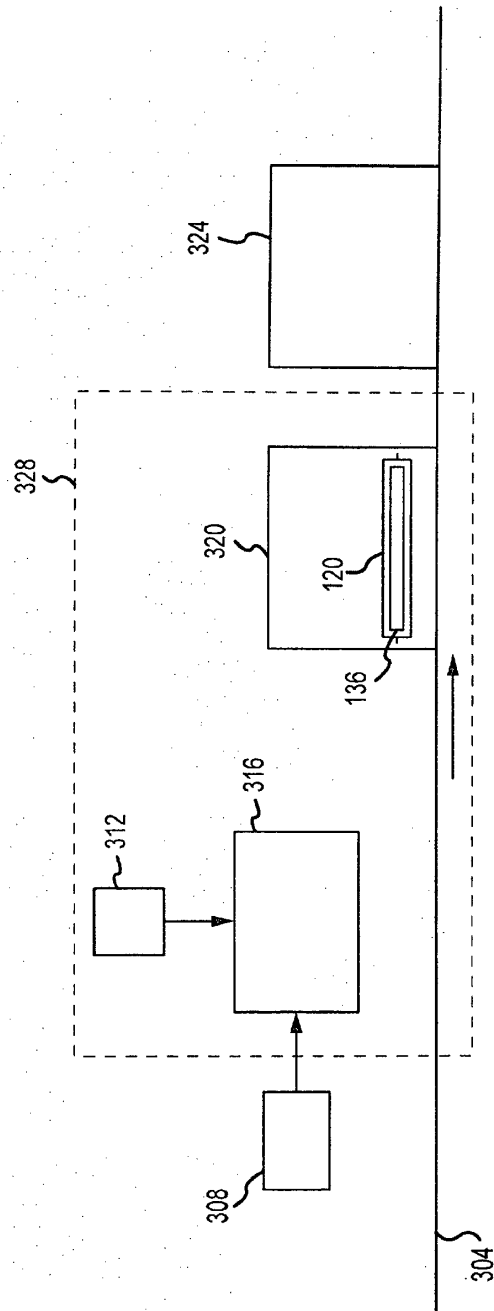


FIG. 4c

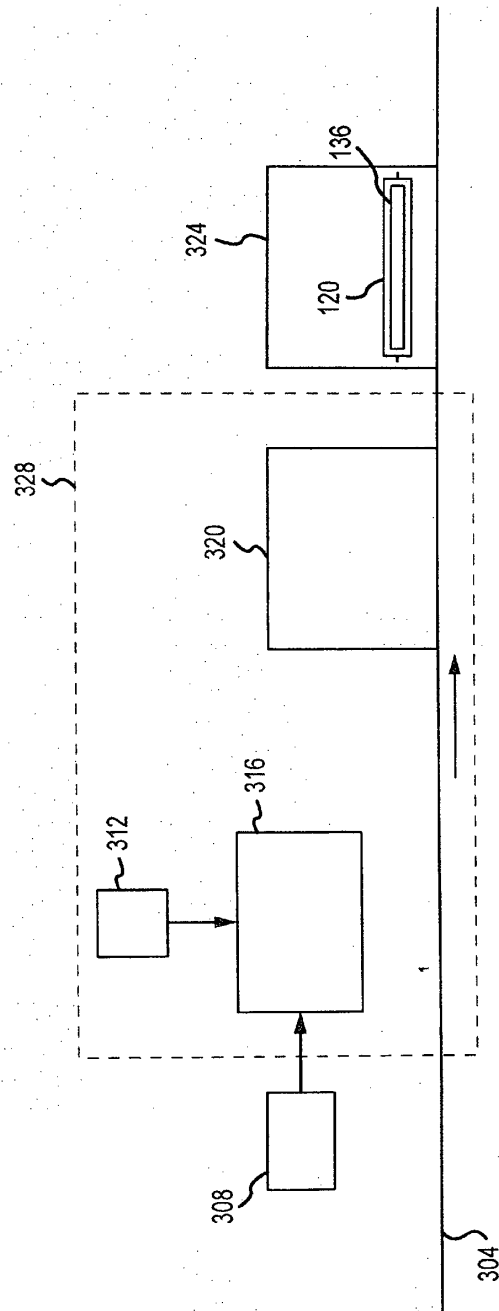


FIG. 4d

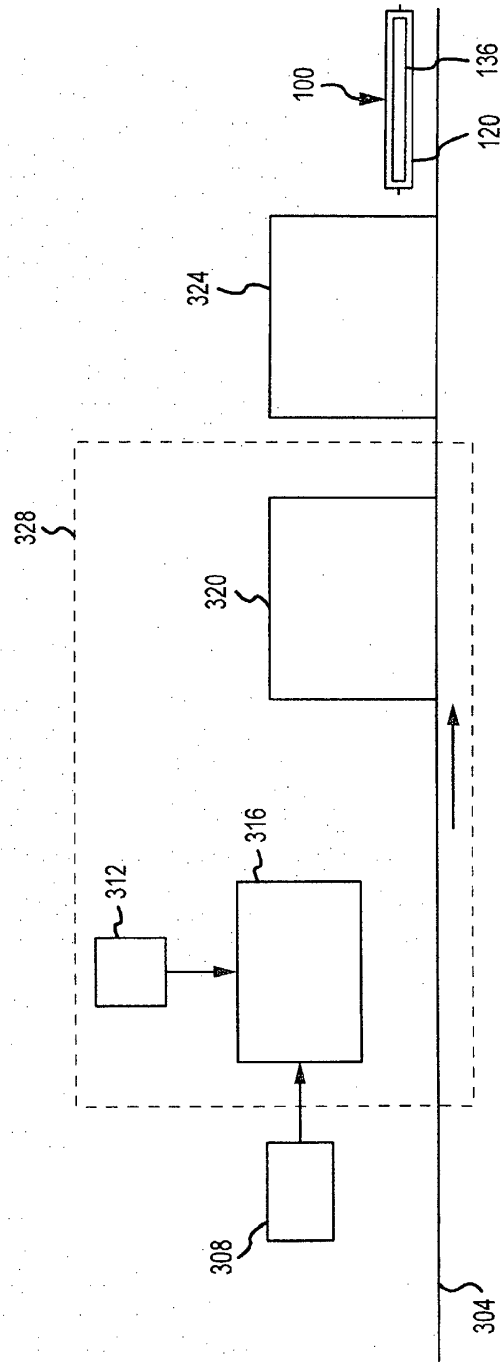
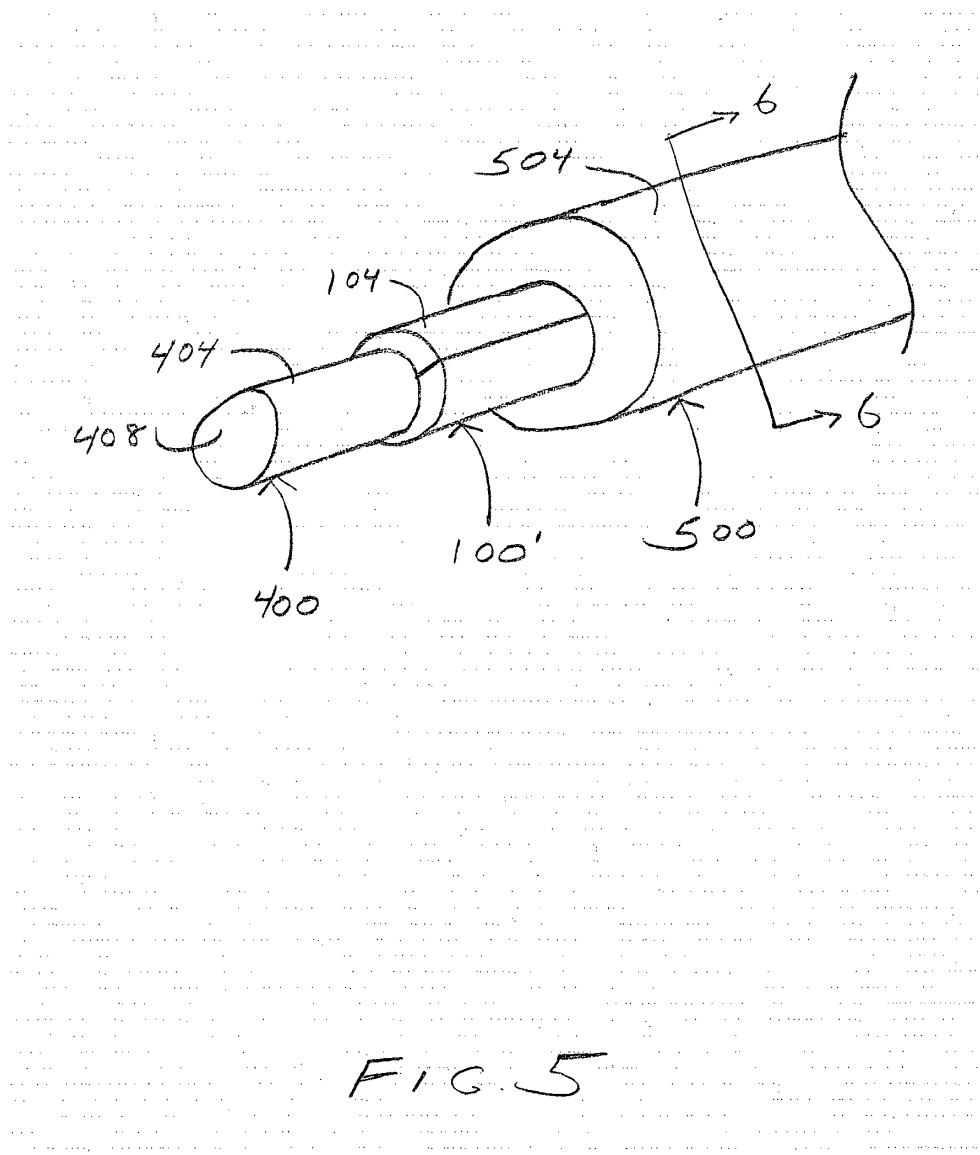


FIG. 4e



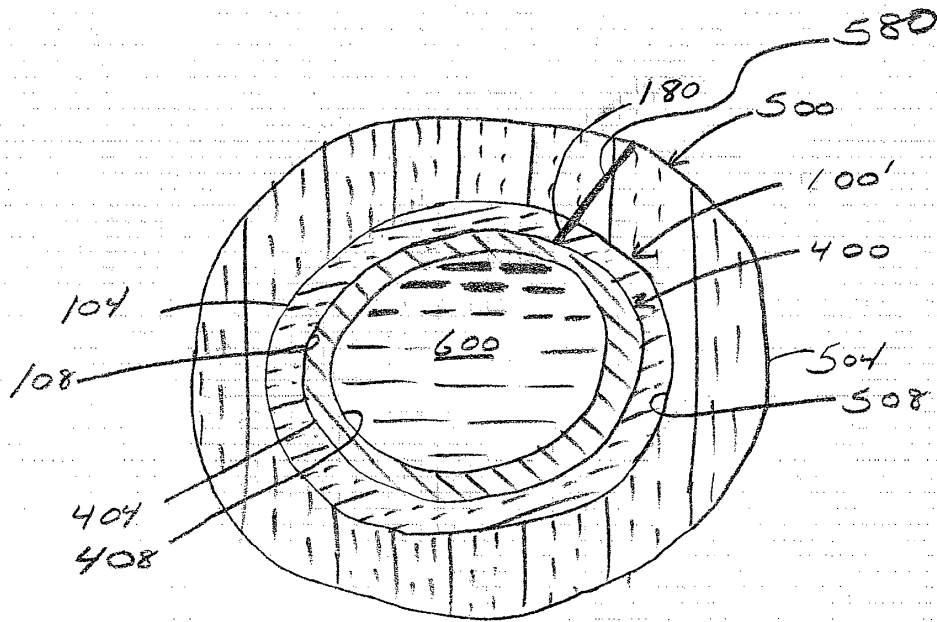


FIG. 6

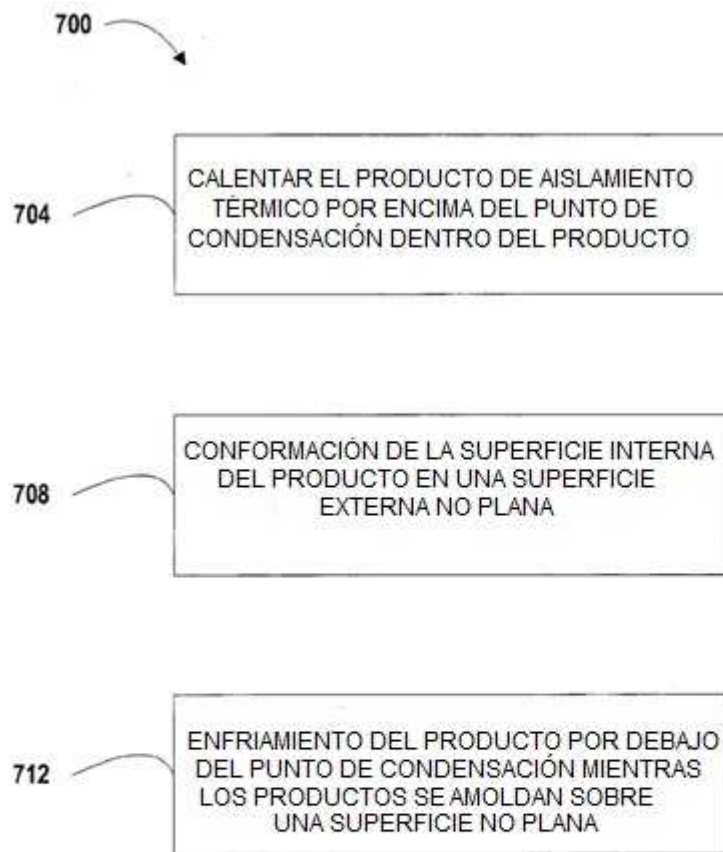


FIG. 7

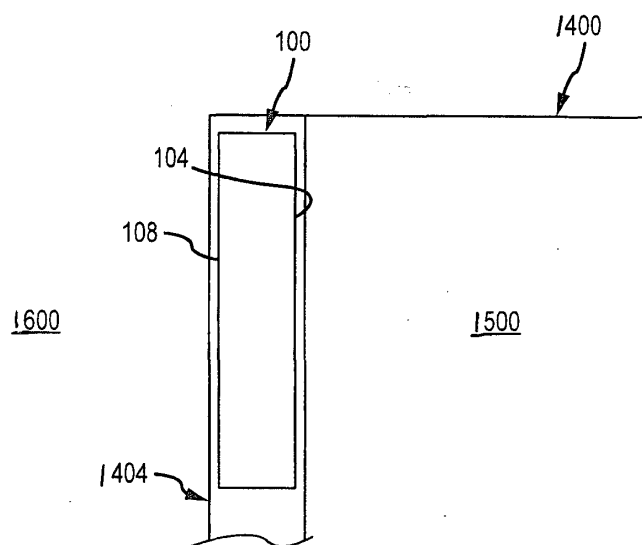


FIG. 8

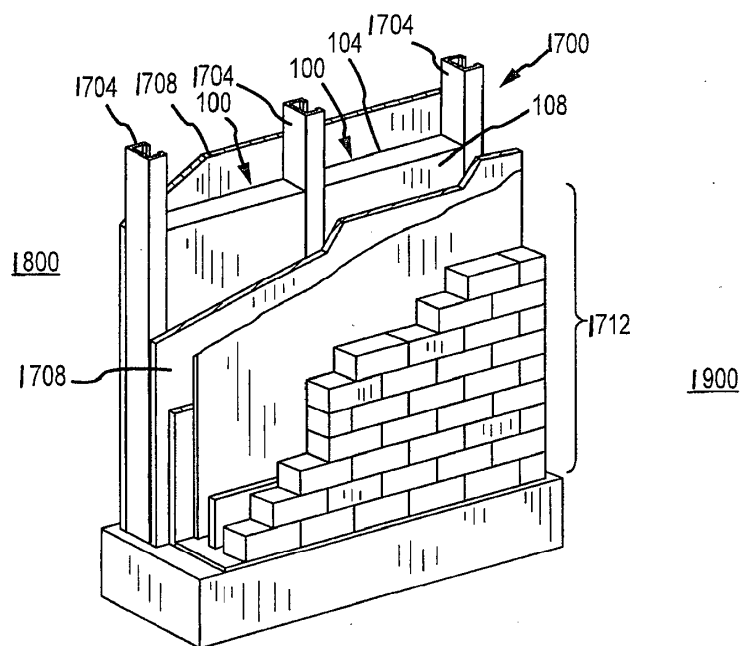


FIG. 9