

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 384 007**

51 Int. Cl.:

C08J 9/00 (2006.01)

C08J 9/14 (2006.01)

C08L 25/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08770762 .6**

96 Fecha de presentación: **12.06.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2173796**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.04.2010**

54 Título: **Espuma de celda cerrada con gran tamaño de celda y alto contenido en carga**

30 Prioridad:
03.07.2007 US 958232 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.06.2012

73 Titular/es:
Dow Global Technologies LLC
2040 Dow Center
Midland, MI 48674, US

72 Inventor/es:
BOSNYAK, Clive P.;
SHMIDT, Creston D.;
BEAUDOIN, Daniel A. y
SMITH, Roy E.

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

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).

ES 2 384 007 T3

DESCRIPCIÓN

Espuma de celda cerrada con gran tamaño de celda y alto contenido en carga.

La presente invención se refiere a espuma de polímero termoplástico y un procedimiento para preparar dicha espuma.

5 Descripción de la Técnica Relacionada

Las cargas actúan como agentes de nucleación para agente formador de burbujas en formulaciones de espuma polimérica. Los agentes de nucleación siembran la formación de celdas durante un procedimiento de formación de espuma. Cuantos más sitios de nucleación haya en una composición capaz de formar espuma durante la formación de espuma, más celdas hay en la espuma final y menor es el tamaño medio de celda de la espuma. Por lo tanto, las
10 cargas son útiles para preparar una espuma polimérica con un tamaño medio de celda pequeño (menor que 0,15 milímetros (mm)). Las cargas también aumentan la probabilidad de formar una estructura de celda abierta, en particular a densidad de la espuma baja.

Las cargas pueden ser deseables para uso en espumas de aislamiento térmico, por ejemplo, para reducir la conductividad térmica. Los agentes de atenuación de infrarrojo tales como negro de carbón, grafito, dióxido de titanio y partículas metálicas pueden servir para reducir la conductividad térmica por una espuma cuando se incorporan a la
15 estructura de la espuma.

Sin embargo, las espumas de aislamiento térmico se benefician de tener un tamaño de celda medio relativamente grande (mayor que aproximadamente 0,15 mm). Tamaños de celda por debajo de aproximadamente 0,1 milímetros tienden a ser transparentes a la radiación infrarroja. Por lo tanto, aunque son deseables cargas tales como agente de atenuación de infrarrojo por su capacidad para inhibir la transmitancia infrarroja, tienden a contrarrestar su
20 contribución aislante causando una reducción en el tamaño de la celda.

La patente de Estados Unidos (USP) 5.244.927 explica el uso de agua como agente formador de burbujas para aumentar el tamaño de celda en espuma de poliestireno. Sin embargo, se sabe que el uso de agua en una espuma de poliestireno produce un tamaño de celda bimodal distribuido en la espuma. La patente de Estados Unidos USP 5.240.968 y la patente de Estados Unidos USP 5.210.105 describen ambas espumas de poliestireno que contienen negro de carbón que se hinchan con agua para conseguir una distribución de tamaño de celda bimodal. Se sabe también que el agua produce oquedades (también conocidas como "burbujas ocluidas") en una espuma cuando se usa en una concentración que excede de la solubilidad en agua del poliestireno. Las oquedades (o "burbujas ocluidas") son cavidades del tamaño de los múltiples diámetros de celda y son fácilmente observadas a simple vista.
25 Las oquedades causan con frecuencia una superficie de la espuma indeseablemente irregular ya que el agente formador de burbujas estalla rápidamente por la superficie de la espuma durante el proceso de formación de espuma. Por lo tanto, un experto en la materia esperaría conseguir una distribución de tamaño de celda bimodal y riesgo de la presencia de oquedades por inclusión de agua como agente formador de burbujas. Las distribuciones de tamaño de celda unimodal de tamaños de celda de 0,15 mm o mayores son más deseables que las distribuciones de tamaño de celda bimodal para espumas de aislamiento térmico para maximizar el número de celdas que refleja radiación infrarroja.
30 35

Las espumas de aislamiento térmico también se benefician de tener una baja densidad (menor que aproximadamente 64 kilogramos por metro cúbico (kg/m^3)) y estructura de celda cerrada (menor que 30% de contenido en celdas abiertas). La disminución de la densidad de la espuma reduce el componente polimérico por el que la energía térmica puede transferirse de un lado de la espuma a un lado opuesto de la espuma. Una estructura de celda cerrada también tiene paredes de celda que inhiben el transporte de gas entre celdas; inhibiendo de ese modo el transporte de energía entre celdas. Desafortunadamente, las cargas facilitan la formación de estructuras de celda abierta de alta densidad.
40

Es deseable poder maximizar la cantidad y, por lo tanto, los beneficios de las cargas aunque obteniendo aún un tamaño de celda grande (0,15 mm o más), una densidad por debajo de 64 kg/m^3 y una estructura de celda cerrada unimodal en una espuma polimérica. Es particularmente deseable conseguir tal espuma usando agentes atenuadores de infrarrojo como cargas y conseguir una densidad de 64 kg/m^3 o menos para obtener, por ejemplo, una espuma polimérica con propiedades de aislante térmico excepcionales.
45

BREVE SUMARIO DE LA INVENCION

50 La presente invención es un resultado de descubrir que preparar una espuma usando un polímero con una solubilidad en agua mayor que la del poliestireno permite sorprendentemente la preparación de una espuma que contiene una alta concentración de carga con un gran tamaño de celda (0,15 milímetros o mayor), una densidad menor que 64 kg/m^3 (incluso 48 kg/m^3 o menor) y estructura de celda unimodal de celda cerrada (menor que 30% de contenido en celda abierta) permitiendo un aumento en agua como agente formador de burbujas sin obtener

oquedades o distribución de tamaño de celda multimodal y al tiempo que obteniendo los beneficios pero no los perjuicios de altos niveles de carga.

En un primer aspecto, la presente invención es una espuma polimérica extruida que comprende uno o más polímeros aromáticos de alqueno termoplásticos y una o más cargas, justificando uno o más polímeros aromáticos de alqueno termoplásticos el 70 por ciento en peso o más de todos los componentes poliméricos en la espuma polimérica, conteniendo menos de 20 por ciento en peso de halógeno unido mediante enlaces covalentes, basado en el peso de cualquier polímero halogenado y con una solubilidad en agua a 130°C y 101 kilopascales que es mayor que 0,09 moles por kilogramo de polímero aromático de alqueno termoplástico y con una pluralidad de celdas definidas en la presente memoria, en la que la espuma polimérica tiene: (a) menos de 30 por ciento de contenido en celdas abiertas según el método ASTM D6226-05; (b) 5 por ciento en peso o más de una carga, basado en peso de espuma; (c) un tamaño de celda medio de 0,15 milímetros o más según el método ASTM D-3756; (d) una densidad menor que 64 kilogramos por metro cúbico según el método ASTM D-1622; y (e) una distribución de tamaño de celda unimodal.

Las realizaciones preferidas del primer aspecto incluyen una o más de las siguientes características adicionales: la espuma al menos una superficie primaria en la que al menos el 98% de cualquier porción de 200 centímetros cuadrados de la superficie primaria está exento de defectos sustanciales aleatorios; el polímero aromático de alqueno termoplástico presenta una polidispersidad menor que 2,5; siendo la carga inorgánica; estando la carga presente en una concentración de uno por ciento en peso o más basado en peso de espuma; estando presente la carga en una concentración de cinco por ciento en peso o más basado en peso de espuma; la carga tiene un tamaño de partícula medio en la magnitud más pequeña de la partícula de un micrómetro o menos y en toda magnitud de un milímetro o menos; estando la espuma exenta de alcohol o éter teniendo de uno a seis carbonos; y estando la espuma exenta de agentes formadores de burbujas clorados.

En un segundo aspecto, la presente invención es un procedimiento para preparar una espuma de polímero termoplástico extruida, comprendiendo el procedimiento: (a) proporcionar una composición que puede formar espuma en un extrusor, comprendiendo la composición que puede formar espuma: (i) una o más composiciones de polímeros aromáticos de alqueno termoplásticos, en la que uno o más polímeros aromáticos de alqueno termoplásticos justifica al menos el 70 por ciento en peso de todos los polímeros en la composición que puede formar espuma y contiene menos de 20 por ciento en peso de halógeno unido mediante enlaces covalentes, basado en el peso de polímero halogenado y con una solubilidad en agua a 130°C y 101 kilopascales que es mayor que 0,09 moles por kilogramo de polímero aromático de alqueno termoplástico; (ii) 5 por ciento en peso o más de carga basado en peso de composición polimérica y (iii) 0,9 moles o más de una composición de agente formador de burbujas por kilogramo de composición que puede formar espuma, comprendiendo la composición de agente formador de burbujas agua de manera que la cantidad total de agua en la composición que puede formar espuma es igual a o menor que la solubilidad en agua de la composición polimérica y (b) expandir la composición que puede formar espuma en una espuma polimérica que tiene menos de 30% de contenido en celda abierta según el método ASTM D6226-05 y un tamaño de celda medio de 0,15 milímetros o mayor según el método ASTM D-3756 y una densidad menor que 64 kilogramos por metro cúbico según el método ASTM D1622.

Realizaciones preferidas del segundo aspecto incluyen una o más de las siguientes características adicionales: uno o más polímeros aromáticos de alqueno presenta una polidispersidad menor que 2,5; uno o más polímeros aromáticos de alqueno presenta un peso molecular medio ponderal de 50.000 a 200.000 gramos por mol inclusive los extremos; la carga es inorgánica; la carga está presente en una concentración de cinco por ciento en peso o más basado en peso de composición polimérica; la carga presenta un tamaño medio de partícula en la magnitud más pequeña de la partícula de un micrómetro o menos y en toda magnitud de un milímetro o menos; el agente formador de burbujas está exento de alcoholes y éteres que tiene de uno a seis carbonos; la composición de agente formador de burbujas contiene un agente formador de burbujas fluorado sin cloro y por estar la composición de agente formador de burbujas exenta de agentes formadores de burbujas clorados.

Las espumas de la presente invención son útiles en particular como aislamiento térmico.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Espuma Polimérica

La espuma polimérica de la presente invención es una espuma de polímero termoplástico extruido. Las espumas de polímero termoplástico extruido presentan una composición polimérica uniforme en general que sirve como celdas que definen paredes de las celdas (espacios entre la composición polimérica que está exentos de composición polimérica). Una estructura de espuma extruida es distinta de, por ejemplo, estructuras de espuma de "perla" expandida. Las estructuras de espuma de perlas expandidas contienen envueltas de las perlas por toda la estructura de la espuma que rodea grupos de celdas de espuma dentro de la estructura de espuma polimérica. Las envueltas de las perlas son paredes relativamente densas de polímero, con respecto a otras paredes de celdas,

- correspondiendo a la envoltura de la perla previamente a la expansión a una estructura de espuma. Las envolturas de las perlas se funden durante el moldeado para formar una espuma de múltiples perlas de espuma expandida con una red de envolturas de las perlas fundidas extendiéndose por toda la espuma. Las espumas de perlas tienden a ser quebradizas a lo largo de la red de envolturas de las perlas fundidas. Las estructuras de espumas extruidas están exentas de envolturas de las perlas y así tienden a ser menos quebradizas que las espumas de perlas. Las espumas extruidas tienen deseablemente un espesor de la pared de las celdas relativamente uniforme por toda la espuma. En particular, las espumas de "hebras" fundidas, espumas de hebras extruidas fundidas de espuma polimérica, son tipos de espuma extruida puesto que no tienen envolturas de las perlas que encierren totalmente grupos de celdas.
- La espuma polimérica de la presente invención comprende uno o más polímeros aromáticos de alqueno termoplásticos (por simplicidad en la presente memoria, "composición polimérica" se refiere al "uno o más polímeros aromáticos de alqueno termoplásticos" a menos que se indique de otro modo), una o más cargas y, opcionalmente, uno o más aditivos adicionales.
- La composición polimérica contiene polímeros aromáticos de alqueno que contienen menos de 20 por ciento en peso (% en peso) de halógenos unidos mediante enlaces covalentes, basado en el peso del polímero que contiene el halógeno. Los polímeros aromáticos de alqueno con más de 20% en peso o más de halógenos unidos mediante enlaces covalentes, basado en el peso del polímero que contiene el halógeno, se consideran "aditivos adicionales" en la presente explicación y su efecto sobre las propiedades de la composición polimérica no se incluye en la caracterización de la composición polimérica.
- La composición polimérica tiene una solubilidad en agua mayor que 0,09 moles por kilogramo (mol/kg), preferiblemente 0,15 mol/kg o mayor, más preferiblemente 0,20 mol/kg o mayor, incluso más preferiblemente 0,25 mol/kg o mayor y típicamente 2,2 mol/kg o menos en condiciones de aproximadamente 130 grados Celsius y aproximadamente 101 kilopascales (una atmósfera) de presión. Los valores de mol/kg están basados en un kilogramo de composición de polímeros aromáticos de alqueno termoplásticos.
- La composición polimérica justifica el 70 por ciento en peso (% en peso) o más, preferiblemente 80 % en peso o más y puede justificar el 90 % en peso o más o incluso el 100 % en peso de todos los componentes poliméricos en la espuma polimérica (es decir, basado en el peso de todos los polímeros en la espuma polimérica).
- El homopolímero de poliestireno presenta una solubilidad en agua de aproximadamente 0,09 moles/kg a 130 grados Celsius (°C) y 101 kilopascales (kPa) de presión. Por lo tanto, la composición polimérica presenta una mayor solubilidad en agua que el homopolímero de poliestireno a esa misma temperatura y presión. El beneficio de usar un polímero con mayor solubilidad en agua que el homopolímero de poliestireno es que el presente procedimiento puede emplear más agua (por lo tanto, más agente formador de burbujas compatible con el medio ambiente ideal) en el agente formador de burbujas que es posible con homopolímero de poliestireno, al tiempo que aún consiguiendo una distribución de tamaño de celda unimodal y una buena calidad de superficie.
- Las composiciones poliméricas contienen múltiples unidades de monómero aromático de alqueno polimerizadas en la estructura polimérica. Unidades de monómero aromático de alqueno adecuadas incluyen estireno (vinilbenceno), alfa-metilestireno, etilestireno, viniltolueno, cloroestireno y bromoestireno.
- Las composiciones poliméricas adecuadas incluyen homopolímero de unidades de monómero aromático de alqueno, copolímeros que contienen unidades de monómero aromático de alqueno (tanto copolímeros de injerto como copolimerizados) y mezclas de tales homopolímeros y/o copolímeros con un polímero miscible que puede o no ser un polímero aromático de alqueno (siempre que al menos el 50 por ciento en peso (% en peso) de la composición de polímero aromático de alqueno comprenda uno o más polímeros aromáticos de alqueno. "Copolímeros" incluye copolímeros aleatorios, alternando copolímeros y copolímeros de bloque. Los "copolímeros" pueden ser lineales y ramificados.
- Para conseguir una solubilidad en agua mayor que 0,09 mol/kg a 130°C y 101 kPa, la composición polimérica debe contener unidades de monómero que proporcionen una solubilidad en agua mayor que el homopolímero de poliestireno cuando se copolimeriza con un monómero aromático de alqueno. Eso significa que la composición polimérica no consiste completamente en homopolímero de poliestireno. Un experto en la materia puede determinar fácilmente qué unidades de monómero consiguen este resultado cuando se copolimerizan con un monómero aromático de alqueno. Ejemplos de monómeros copolimerizables adecuados que mejoran la solubilidad en agua de un polímero a base de estireno cuando se copolimerizan con estireno incluyen: ácido acrílico, ácido metacrílico, ácido etacrílico, ácido maleico, ácido itacónico, acrilonitrilo, anhídrido maleico, acrilato de metilo, acrilato de etilo, acrilato de isobutilo, acrilato de n-butilo, metacrilato de metilo, acetato de vinilo y butadieno.
- El copolímero de estireno-acrilonitrilo (SAN, por sus siglas en inglés) es un polímero termoplástico aromático de alqueno deseable en particular para uso en la presente invención debido a su facilidad de fabricación y disponibilidad de monómeros. El copolímero SAN puede ser un copolímero de bloque o un copolímero aleatorio y

puede ser lineal o ramificado. SAN proporciona no sólo una solubilidad en agua mayor que el homopolímero de poliestireno, sino también una mayor temperatura de deformación térmica. Realizaciones deseables del presente procedimiento emplean composiciones poliméricas que comprenden, incluso consisten en SAN. La composición polimérica puede comprender o consistir en una mezcla de polímeros de SAN con otro polímero tal como homopolímero de poliestireno.

Si la composición polimérica contiene sólo SAN o SAN con otros polímeros, el componente de acrilonitrilo (AN) del SAN está presente deseablemente en una concentración de uno % en peso o más, preferiblemente cinco % en peso o más, más preferiblemente diez % en peso o más, basado en el peso de todos los polímeros en la composición polimérica. El componente de AN del SAN está presente deseablemente en una concentración de cincuenta % en peso o menos, típicamente treinta % en peso o menos, basado en el peso de todos los polímeros en la composición polimérica. Cuando AN está presente en una concentración de menos de uno % en peso, la mejora de la solubilidad en agua es mínima sobre poliestireno a menos que esté presente otro componente hidrófilo. Cuando AN está presente en una concentración mayor que cincuenta % en peso, la composición polimérica tiende a experimentar inestabilidad térmica al tiempo que en una fase fundida en un extrusor.

En una realización preferida en particular de la presente invención, la composición polimérica comprende una mezcla de dos o más polímeros con una diferencia de parámetros de solubilidad entre dos cualesquiera de ellos de 0,2 o más y, si la diferencia de los parámetros de solubilidad es mayor que 0,4 entonces está presente un compatibilizador para llevar la diferencia de parámetros de solubilidad eficaz a entre 0,2 y 0,4. La diferencia de parámetros de solubilidad es en unidades de (calorías)^{0,5} por (gramos)^{3/2} (es decir, cal^{0,5}/g^{3/2}) cuando se calcula usando el método de Small o Hoy (véase, *por ejemplo*, J. Bandrup y E. H. Immergut, eds., POLYMER HANDBOOK, 4^a edición, Sección VII, páginas 683-714). El polímero que está presente en la concentración más alta forma una fase continua y los polímeros restantes forman dominios discretos en la fase continua.

Una diferencia de solubilidad de 0,2 a 0,4 asegura que el polímero o los polímeros discontinuos formen dominios discretos de un tamaño adecuadamente pequeño. Los dominios discretos son cada uno de un tamaño en que al menos una magnitud del dominio discreto es hasta (es decir, igual a o menor que) 25% del espesor de una pared de celda de la espuma presente. Tal magnitud del tamaño de partícula es deseable para mantener los dominios discretos de ruptura de la pared de la celda y hacer que la espuma aumente en contenido de celda abierta. Es más deseable que el polímero de mayor parámetro de solubilidad esté presente en una concentración menor que el polímero de parámetro de solubilidad inferior y sirve como fase discreta. En esta forma más deseada de esta realización, la fase discreta aumenta la solubilidad del agua y el dióxido de carbono en la composición polimérica proporcionando de ese modo la solubilidad en agua necesaria al tiempo que se mantiene la reología y un coste menor de un polímero menos soluble en agua.

Típicamente, los polímeros en la composición polimérica tienen un peso molecular medio ponderal (Mp) de 40.000 g/mol o más, preferiblemente 60.000 g/mol o más, más preferiblemente, 75.000 g/mol o más. El Mp de los polímeros es también en general 300.000 g/mol o menos, preferiblemente 250.000 g/mol o menos y más preferiblemente 150.000 g/mol o menos. Es deseable para el 90% o más, preferiblemente todos los polímeros en la espuma polimérica que tenga un Mp menor que 1.000.000 g/mol. Si el Mp del polímero es demasiado bajo la composición polimérica presenta una resistencia física insuficiente para proporcionar integridad de la espuma. Si el Mp del polímero es demasiado alto, la viscosidad del gel del polímero es tan alta que es difícil formar espuma, en particular a tasas económicamente atractivas.

La composición polimérica aromática de alqueno puede contener una cantidad minoritaria de polímero u otros aditivos distintos de polímeros aromáticos de alqueno, siempre que la cantidad minoritaria sea menor que el 20 por ciento en peso de la composición de polímero aromático de alqueno. Los polímeros aromáticos de alqueno que contienen más del 20 por ciento en peso de halógenos unidos mediante enlaces covalentes se consideran aditivos que caen dentro del alcance de "otros aditivos".

La composición polimérica puede tener además una polidispersidad menor que 2,5, incluso 2,2 o menos. La polidispersidad es una relación de peso molecular medio ponderal (Mp) a peso molecular medio numérico (Mn) de un polímero.

La espuma polimérica es deseablemente una espuma de celda cerrada para maximizar la capacidad de aislamiento térmico de la espuma. Una espuma de celda cerrada presenta un contenido en celda abierta de 30% o menos, preferiblemente 20% o menos, más preferiblemente 10% o menos, incluso más preferiblemente 5% o menos, aún más preferiblemente 2% o menos, lo más preferiblemente 1% o menos. La espuma polimérica puede tener un contenido en celdas abiertas de 0%. Medida del contenido en celdas abiertas según el método ASTM D6226-05.

Otra ventaja de la estructura de celdas cerradas de la espuma presente es que la espuma puede experimentar expansión por vapor. La expansión por vapor es un procedimiento por el que una espuma de celdas cerradas se puede expandir además para reducir su densidad por exposición a vapor. Para expandir por vapor una espuma se

expone a vapor durante un cierto periodo de tiempo. La expansión por vapor es beneficiosa para conseguir menores densidades de lo que se puede conseguir fácilmente por extrusión directa (*por ejemplo*, 23 kg/m³ o menos, 20 kg/m³ o menos, incluso 19 kg/m³ o menos).

Además de la composición polimérica, la espuma polimérica contiene una o más cargas dispersadas o mezcladas dentro de la composición polimérica. La "carga" es un componente que forma dominios de fase discretos en una composición polimérica y queda como dominios de fase discretos dentro de la espuma polimérica de la presente invención. Las cargas pueden ser componentes poliméricos. Cargas deseables para uso en la presente invención son cargas inorgánicas tales como: negro de carbón, grafito, talco, dióxido de titanio, arcilla y carbonato de calcio. Aunque las cargas pueden ser arcilla, la espuma también puede estar exenta de arcilla. Las cargas pueden ser hidrófobas. Cargas deseables en particular son las que sirven como agentes de atenuación de infrarrojo (los IAA, por sus siglas en inglés) debido a que aumentan la capacidad de aislamiento térmico de la espuma. Los ejemplos de los IAA incluyen negro de carbón (incluyendo negro de carbón de grado térmico y negro de lámpara), grafito, dióxido de titanio y material en forma de partículas de metal.

La carga para uso en la presente invención es deseablemente un material en forma de partículas que presenta un tamaño medio en la magnitud más pequeña de las partículas de un micrómetro o menos y en todas las magnitudes de un milímetro (mm) o menos, preferiblemente 0,5 mm o menos, más preferiblemente 0,1 mm o menos. Todas las magnitudes de las partículas de carga pueden ser un micrómetro o menos.

La carga está presente en una concentración de cinco % en peso o más. En general, la carga está presente en una concentración de 40 % en peso o menos, más típicamente 30% en peso o menos y lo más típicamente 20% en peso o menos. La concentración de carga se basa en el peso de la composición polimérica total.

Opcionalmente, la espuma polimérica comprende además al menos un aditivo adicional. Los aditivos adicionales incluyen polímeros aromáticos de alqueno que contienen 20% en peso o más de halógenos unidos mediante enlaces covalentes; lubricantes (por ejemplo, estearato de calcio y estearato de bario) y retardantes de llama (por ejemplo, compuestos bromados tales como hexabromociclododecano y polímeros bromados; compuestos que contienen fósforo tales como trifenilfosfato y compuestos halogenados incluidos polímeros halogenados).

La espuma polimérica presenta deseablemente un tamaño de celda medio de 0,15 mm) o mayor, preferiblemente 0,2 mm o mayor. Las celdas más pequeñas que 0,15 mm son en gran medida transparentes a la radiación infrarroja y, como resultado, tienden a ser ineficaces en la inhibición de la transmitancia infrarroja por la espuma. Las celdas mayores que aproximadamente 0,15 mm tienden a reflejar la radiación infrarroja y contribuyen de ese modo a las características de aislamiento térmico de la espuma. Los tamaños de celda son generalmente dos milímetros o menos, preferiblemente un milímetro o menos, más preferiblemente 0,5 milímetros o menos e incluso más preferiblemente 0,4 milímetros o menos. Los tamaños de celda de más de aproximadamente 0,5 milímetros tienden a permitir que los gases de las celdas experimenten convección que reduce la propiedad de aislamiento térmico de la espuma. Medida del tamaño de las celdas según el método ASTM D-3756.

La espuma polimérica presenta una distribución de tamaño de celda unimodal. Una espuma presenta una distribución de tamaño de celda unimodal si una representación gráfica del número de celdas (población) frente a tamaño de celda (diámetros de celda redondeados a lo más próximo a 0,05 mm) revela un solo pico. Una espuma presenta una distribución de tamaño de celda multimodal si dicha representación gráfica presenta dos o más picos. Medida de al menos 100 celdas a partir de una superficie de espuma cortada para establecer una representación gráfica para determinar si una espuma es unimodal o multimodal. Tiene lugar un pico en dicha representación gráfica a un tamaño de celda dado si la población continúa disminuyendo para dos tamaños de celda inmediatamente menores y dos inmediatamente mayores adyacentes al tamaño de celda dado.

La espuma de polímero termoplástico extruido tiene una densidad menor que 64 Kg/m³, deseablemente 48 kilogramos por metro cúbico (kg/m³) o menos, preferiblemente 40 kg/m³ o menos, más preferiblemente 35 kg/m³ o menos. Son deseables espumas de menor densidad debido a que son mejores aislantes térmicos que las espumas de mayor densidad. Típicamente, la espuma de polímero termoplástico extruido presenta una densidad mayor que 24 kg/m³ para presentar suficiente resistencia mecánica para impedir el hundimiento cuando se manipula y en su uso.

La espuma polimérica está preferiblemente exenta de alcoholes y éteres que presentan de uno a seis átomos de carbono. Dichos alcoholes y éteres pueden servir como agentes formadores de burbujas para espuma polimérica, pero también sirven para plastificar una espuma polimérica. La plastificación disminuye la resistencia a la compresión de una espuma termoplástica, que puede ser perjudicial para ciertas aplicaciones, en particular aplicaciones que soportan carga.

La espuma polimérica contiene deseablemente un agente formador de burbujas halogenado, en particular un agente formador de burbujas fluorado tal como 1,1,1,2-tetrafluoroetano. Dicho agente formador de burbujas sirve

para mejorar la capacidad de aislante térmico de la espuma polimérica. La espuma polimérica está exenta preferiblemente de agentes formadores de burbujas clorados. Los agentes formadores de burbujas clorados tienden a ser más solubles que los agentes formadores de burbujas no clorados, que significa que los agentes formadores de burbujas clorados se nuclean menos fácilmente y forman más fácilmente tamaños de celda grandes. Sin embargo, los agentes formadores de burbujas clorados son menos deseables para el medio ambiente que los agentes formadores de burbujas fluorados.

Es de manera deseable para la espuma polimérica extruida tener "capacidad de aislamiento térmico a largo plazo," que significa que la espuma polimérica tiene una conductividad térmica de 32 mW/m²*K o menos después de 180 días envejeciendo según el método ASTM C518-04. Deseablemente, la espuma polimérica presenta una conductividad térmica de 30 mW/m²*K o menos, preferiblemente 28 mW/m²*K o menos después del mismo periodo de tiempo según el mismo método de ensayo.

La espuma polimérica presenta deseablemente "buena calidad de superficie", que significa que al menos el 98%, más preferiblemente al menos 99%, lo más preferiblemente todas de cualquier porción de 200 centímetros cuadrados de una superficie primaria está exenta de defectos sustanciales aleatorios. Determinar el porcentaje de una superficie que está exenta de defectos sustanciales aleatorios dividiendo la superficie que está exenta de defectos sustanciales aleatorios por la superficie total (es decir, 200 centímetros cuadrados). Una superficie "primaria" de una espuma es una superficie de la espuma que tiene la superficie plana más grande (área de superficie proyectada sobre un plano). Una espuma puede tener una o más de una superficie primaria. En su significado más amplio "defecto sustancial" es una desviación de 0,5 milímetros o más de un plano de 200 centímetros cuadrados que se extiende por una superficie primaria de la espuma y que se pone en contacto con la cantidad máxima de superficie de la espuma. En una realización deseablemente en particular de la presente invención, "defecto sustancial" se refiere a desviaciones de 0,2 milímetros o más de un plano de 200 centímetros cuadrados similar. Una superficie de espuma, para esta determinación, corresponde a polímero en una interfase polímero-aire cuando la espuma se dispone en el aire. Un defecto es "aleatorio" si es irregular, que significa que aparece como una singularidad en tamaño, forma y disposición en una superficie primaria de espuma. Las oquedades se clasifican como desviaciones aleatorias puesto que su tamaño, forma y disposición es única en tamaño, forma y disposición. Por contraste, los surcos que son incorporan intencionadamente a una superficie de espuma por mecanizado o elección de diseño de boquilla son ejemplos de desviaciones no aleatorias de planar y no impedirían que una espuma polimérica caiga dentro del alcance de la presente invención. Similarmente, perforaciones regulares introducidas de manera intencionada en una superficie de espuma no se clasifican como desviaciones "aleatorias" de planar y no impedirían que una espuma se clasificara como una que cae dentro del alcance de la presente invención.

Procedimiento para Preparar Espuma Polimérica

En un segundo aspecto, la presente invención es un procedimiento de extrusión para preparar espuma termoplástica. El procedimiento es adecuado para formar la espuma de la presente invención.

El procedimiento comprende proporcionar una composición capaz de formar espuma en un extrusor y después expandir la composición capaz de formar espuma en una espuma de polímero termoplástico. El procedimiento es un procedimiento de extrusión que puede ser continuo o semicontinuo (por ejemplo, extrusión acumulativa). En un procedimiento de extrusión general, preparar una composición capaz de formar espuma de un polímero termoplástico con un agente formador de burbujas en un extrusor por calentamiento de una composición de polímero termoplástico para ablandarlo, mezclar una composición de agente formador de burbujas junto con la composición de polímero termoplástico ablandada a una temperatura y presión de mezcla que impide la expansión del agente formador de burbujas en cualquier extensión significativa (preferiblemente, que impide toda expansión del agente formador de burbujas) y después expulsar la composición capaz de formar burbujas por una boquilla en un entorno con una temperatura y presión por debajo de la temperatura y presión de mezcla. La expansión de la composición capaz de formar espuma en una espuma tiene lugar expulsando la composición capaz de formar espuma a la presión inferior y permitir que el agente formador de burbujas expanda el polímero termoplástico en una espuma de polímero termoplástico. Deseablemente, enfriar la composición capaz de formar espuma después de la mezcla y previamente a expulsarla por la boquilla. En un procedimiento continuo, expulsar la composición capaz de formar espuma a una velocidad esencialmente constante a la presión inferior para permitir expansión esencialmente continua en una espuma (formación de espuma).

La extrusión acumulativa es un procedimiento semicontinuo que comprende: 1) mezclar un material termoplástico y una composición de agente formador de burbujas para formar una composición polimérica capaz de formar espuma; 2) extruir la composición polimérica capaz de formar espuma en una zona de soporte mantenida a una temperatura y presión que no permite que la composición polimérica capaz de formar espuma forme espuma; teniendo la zona de soporte una boquilla que define una abertura de orificio en una zona de presión menor a la que la composición polimérica capaz de formar espuma forma espuma y una puerta que se puede abrir que cierra el orificio de la boquilla; 3) abrir periódicamente la puerta mientras se aplica sustancialmente al mismo tiempo presión mecánica

mediante un cilindro móvil sobre la composición polimérica capaz de formar espuma para expulsarla de la zona de soporte por el orificio de la boquilla a la zona de presión inferior y 4) permitir que la composición polimérica capaz de formar espuma expulsada se expanda para formar la espuma.

5 La patente de EE.UU. USP 4.323.528, incorporada en la presente memoria por referencia, describe dicho procedimiento en un contexto de preparar espumas de poliolefina.

La composición capaz de formar espuma del presente procedimiento comprende una composición de polímero aromático de alqueno termoplástico (*es decir*, "composición polimérica"). La composición polimérica es como se describe bajo el aspecto de la espuma polimérica de la presente invención.

10 La composición capaz de formar espuma también comprende 0,5 % en peso o más de carga basado en peso de composición capaz de formar espuma. La carga es como se describe para el aspecto de la espuma polimérica de la presente invención. La carga puede estar presente en una concentración de uno % en peso o más, incluso cinco % en peso o más. En general, la carga está presente en una concentración de 40 % en peso o menos, más típicamente 30 % en peso o menos y lo más típicamente 20 % en peso o menos. El % en peso de carga se basa en peso de composición capaz de formar espuma.

15 La composición polimérica capaz de formar espuma comprende 0,9 moles o más de una composición de agente formador de burbujas por kilogramo de composición capaz de formar espuma. La composición de agente formador de burbujas contiene agua de manera que la extensión del agua en la composición capaz de formar espuma es igual a o menor que la solubilidad en agua de la composición polimérica. Si el agua está presente por encima de la solubilidad en agua de la composición polimérica, el procedimiento producirá espuma con oquedades superficiales y/o un tamaño de celda multimodal. La espuma de la presente invención está deseablemente exenta de oquedades superficiales y tiene una distribución de tamaño de celda unimodal.

25 La composición de agente formador de burbujas puede contener además cualquier agente formador de burbujas adecuado para procedimientos de formación de espuma extruida. Los agentes formadores de burbujas ejemplares incluyen uno o más de lo siguiente: gases inorgánicos tales como dióxido de carbono, argón, nitrógeno y aire; agentes formadores de burbujas orgánicos tales como hidrocarburos alifáticos y cíclicos que tienen de uno a nueve carbonos, incluyendo: metano, etano, propano, n-butano, isobutano, n-pentano, isopentano, neopentano, ciclobutano y ciclopentano; hidrocarburos alifáticos completamente o parcialmente halogenados que tienen de uno a cinco carbonos incluyendo hidroclorofluorocarbonos (los HCFC), hidrofluorocarbonos (los HFC) y fluorocarbonos; alcoholes alifáticos que tienen de uno a cinco carbonos tales como metanol, etanol, n-propanol e isopropanol; compuestos que contienen carbonilo tales como acetona, 2-butanona y acetaldehído; compuestos que contienen éter tales como dimetil éter, dietil éter, metil etil éter; compuestos de carboxilato tales como formiato de metilo, acetato de metilo, acetato de etilo; ácido carboxílico y agentes formadores de burbujas químicos tales como azodicarbonamida, azodiisobutironitrilo, bencenosulfo-hidrazida, 4,4-oxibencenosulfonil semi-carbazida, p-toluenosulfonil semicarbazida, azodicarboxilato de bario, N,N'-dimetil-N,N'-dinitrosotereftalamida, trihidrazino triazina y bicarbonato de sodio.

40 La composición de agente formador de burbujas contiene deseablemente un agente formador de burbujas fluorado sin cloro tal como difluorometano (HFC-32), perfluorometano, fluoruro de etilo (HFC-161), 1,1,-difluoroetano (HFC-152a), 1,1,1-trifluoro-etano (HFC-143a), 1,1,2,2-tetrafluoroetano (HFC-134), 1,1,1,2 tetrafluoroetano (HFC-134a), pentafluoroetano (HFC-125), perfluoroetano, 2,2-difluoropropano (HFC-272fb), 1,1,1-trifluoropropano (HFC-263fb), 1,1,1,2,3,3,3-hepta-fluoropropano (HFC-227ea), 1,1,1,3,3-pentafluoropropano (HFC-245fa) y 1,1,1,3,3-pentafluorobutano (HFC-365mfc) puesto que estos agentes formadores de burbujas presentan bajas conductividades térmicas y son relativamente seguros para el medio ambiente.

La composición de agente formador de burbujas está preferiblemente exenta de agentes formadores de burbujas clorados.

45 La composición polimérica capaz de formar espuma puede comprender además uno o más aditivos adicionales, como se describe bajo el aspecto de espuma polimérica de la presente invención.

La expansión de la composición capaz de formar espuma en una espuma polimérica produce la espuma polimérica de la presente invención.

Ejemplos

50 Los siguientes ejemplos sirven para ilustrar realizaciones específicas de la presente invención.

Se preparan los siguientes Ejemplos Comparativos y Ejemplos 1-6 usando un procedimiento de espuma de extrusión a escala piloto. A un extrusor de un solo tornillo de 31,75 milímetros de diámetro que alimenta un mezclador rotatorio se alimentan 100 partes en peso ("partes") de polímero (identificado a continuación para cada

ejemplo), 0,90 partes de hexabromociclododecano, 0,01 partes de Hydrotalcite DHT4A, 0,02 partes de antioxidante NAUGUARD™ (NAUGUARD es una marca registrada de Chemtura Corp.) 0,02 partes de estabilizante térmico Thermcheck 832, 0,20 partes de estearato de bario, 0,30 partes de polietileno de baja densidad lineal DOWLEX™ 2247 (DOWLEX es la marca registrada de The Dow Chemical Company) y negro de carbón o talco como se indica para cada ejemplo, a continuación.

Se añade una composición de agente formador de burbujas que consiste en 0,69 mol/kg de HFC-134a, 0,34 mol/kg de dióxido de carbono y 0,56 mol/kg de agua a los componentes poliméricos en el mezclador rotatorio a una temperatura de mezcla y presión de mezcla como se muestra en la Tabla 1 para preparar una composición capaz de formar espuma. Concentraciones de mol/kg se refiere a moles de agente formador de burbujas por kilogramo de polímero.

Se enfría la composición capaz de formar espuma y después se descarga a presión atmosférica (por ejemplo, 101 kilopascales) y temperatura normal (por ejemplo, 23°C) por una boquilla de ranura a una temperatura de formación de espuma, presión de la boquilla y a una velocidad de extrusión (véase la Tabla 1). La composición capaz de formar espuma expulsada se expande en una espuma polimérica. Los detalles del procedimiento y las propiedades de la espuma están en la Tabla 1.

Ejemplos Comparativos A-C: Espumas de Poliestireno (PS, por sus siglas en inglés)

Se preparan los Ejemplos Comparativos A-C usando un homopolímero de poliestireno con un peso molecular medio ponderal (Mp) de 168.000 gramos por mol (g/mol) y una solubilidad en agua de aproximadamente 0,09 moles de agua por kilogramo de polímero de 123 kilopascales.

Se incluye como aditivo 0,5 partes de negro de carbón AROSPERSE-15 (AROSPERSE es una marca registrada de Degussa Engineered Carbons) en el Ejemplo Comparativo A, 6,0 partes de AROSPERSE-15 en el Ejemplo Comparativo B y 0,5 partes de Talco (WCD forma micrométrica 399 Lo) en el Ejemplo Comparativo C. Los detalles del procedimiento y las propiedades de la espuma resultantes están en la Tabla 1.

Ejemplos 1-3: Espumas de Estireno-Acrilonitrilo (SAN)

Se preparan los Ejemplos 1-3 usando una mezcla de dos copolímeros SAN, teniendo cada una una concentración de acrilonitrilo (AN) de 15 por ciento en peso (% en peso) basado en peso de SAN y una solubilidad en agua de 0,46 moles de agua por kilogramo de polímero a 123 kilopascales. La mezcla de SAN consiste en 50 % en peso de un SAN con un Mp medio de 118.000 g/mol y 50 % en peso de un SAN con un Mp medio de 144.000 g/mol. Ningún SAN tiene un componente de Mp por encima de 1.000.000 g/mol. La mezcla de SAN presenta una polidispersidad (Mp/Mn) de 2,2.

Se incluyen como aditivo 0,5 partes de negro de carbón AROSPERSE-15 en el Ejemplo 1, 6,0 partes de AROSPERSE-15 en el Ejemplo 2 y 0,5 partes de Talco (WCD forma micrométrica 399 Lo) en el Ejemplo 3. Los detalles del procedimiento y las propiedades de la espuma resultante están en la Tabla 1.

Ejemplos 4-6: Espumas de Mezcla de SAN/PS

Se preparan los Ejemplos 4-6 usando una mezcla de polímeros que es 30% en peso de PS (como se describe para los Ejemplos Comparativos, anteriores) y 70 % en peso de mezcla de SAN (como se describe para los Ejemplos 1-3).

Se incluyen como aditivo 0,5 partes de AROSPERSE-15 en el Ejemplo 4, 6,0 partes de AROSPERSE-15 en el Ejemplo 5 y 0,5 partes de Talco (WCD forma micrométrica 399 Lo) en el Ejemplo 6. Los detalles del procedimiento y las propiedades de la espuma resultante están en la Tabla 1, a continuación.

Tabla 1

	Ejemplos								
	Ej 1*	Ej 2	Ej 3*	Ej 4*	Ej 5	Ej 6*	Ej Comp A	Ej Comp B	Ej Comp C
INFORMACIÓN PROCEDIMIENTO									
Velocidad de Extrusión (kg/hora)	18	18	23	18	18	23	18	18	23

	Ejemplos								
	Ej 1*	Ej 2	Ej 3*	Ej 4*	Ej 5	Ej 6*	Ej Comp A	Ej Comp B	Ej Comp C
Temp Mezcla (°C)	192	192	192	191	192	192	178	179	179
Presión Mezcla (Megapascuales)	17,6	19,0	20,0	20,9	17,6	18,0	21,3	21,4	20,2
Anchura Boquilla (mm)	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
Abertura Boquilla (mm)	1,07	1,09	0,94	1,14	1,14	1,03	0,72	0,72	0,65
Temp Formación Espuma (°C)	130	130	130	128	128	128	126	126	126
Presión Boquilla (MPa (bar))	6,3 (63)	6,8 (68)	7,4 (74)	9,0 (90)	6,4 (64)	6,9 (69)	7,1 (71)	6,8 (68)	7,2 (72)
PROPIEDADES ESPUMA									
Espesor (mm)	34,9	30,2	31,8	51,6	31,8	38,1	11,1	11,1	11,1
Anchura (mm)	57	43	48	33	51	49	38	38	40
Densidad (kg/m ³)	30,3	35,0	27,0	32,7	35,0	31,9	46,1	43,2	38,5
Tamaño Medio de la celda (mm) después de 28 días	0,39	0,15	0,18	0,22	0,16	0,16	0,04	0,04	0,04
% Celda Abierta (ASTM D6226-05)	3,24	1,11	0,97	2,23	1,56	1,55	6,71	66,22	69,5
Oquedades?	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí
Distribución Tamaño Celda (Unimodal o Multimodal)	Uni	Uni	Uni	Uni	Uni	Uni	Uni	Uni	Uni
Calidad Superficie	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Deficiente ¹	Deficiente ¹	Deficiente ¹

¹Calidad de Superficie Deficiente no satisface las cualificaciones necesarias para "buena calidad de superficie" explicada anteriormente.

*No de acuerdo con la invención reivindicada.

- 5 Los Ejemplos 1-6 ilustran espumas y procedimientos para preparar dichas espumas que comprenden al menos 0,5 partes en peso de una carga por 100 partes en peso de polímero y que presentan sorprendentemente una densidad por debajo de 64 kg/m³, un tamaño de celda medio de 0,15 mm o mayor, un contenido en celdas abiertas de 30% o menos, una distribución de celda unimodal, una buena calidad de superficie y sin oquedades - a pesar de usar agua como agente formador de burbujas en una concentración mayor que la solubilidad de agua en poliestireno. Los Ejemplos 1, 3, 4 y 6 son ejemplos comparativos.
- 10 El sorprendente resultado de los Ejemplos 1-6 se ilustra además por comparación con los Ejemplos Comparativos A-C. En particular, se comparan los Ejemplos 1 y 4 con el Ejemplo Comparativo A (teniendo todos 0,5 partes de negro de carbón); los Ejemplos 2 y 5 con el Ejemplo Comparativo B (teniendo todos 6,0 partes de negro de carbón) y los Ejemplos 3 y 6 con el Ejemplo Comparativo C (teniendo todos 0,5 partes de talco). Los Ejemplos Comparativos ilustran un resultado esperado a partir del uso de tal concentración de carga alta - pequeño tamaño de celda medio y/o alto contenido en celdas abiertas. Además, los Ejemplos Comparativos contienen oquedades, que es típico de usar altos niveles de agua. En particular, los ejemplos de la presente invención no contienen oquedades y presentan grandes tamaños de celda medios (0,15 mm o mayor).
- 15

Ejemplo 7: Espuma de SAN a Mayor Escala (Comparativo)

- 20 Se prepara el Ejemplo 7 usando una formulación similar a los Ejemplos 1, excepto el uso de 4,0 partes de AROSPERSE-15. Se usa un extrusor de 63,5 mm de diámetro a una velocidad de extrusión de 91 kg/hora. La

temperatura de mezcla es 197°C, la presión de mezcla es 13,6 MPa, la anchura de la boquilla es 50,8 mm, la abertura de la boquilla es 2,03 mm, la temperatura de formación de espuma es 130°C y la presión de la boquilla es 6,2 MPa (62 bar).

- 5 La espuma resultante tiene un espesor de 25,4 mm y una anchura de 165 mm, densidad de 34,2 kg/m³, tamaño medio de celda de 0,26 mm, contenido en celda abierta de 0,6 por ciento, tiene buena calidad superficial y está exenta de oquedades (o burbujas ocluidas). La espuma del Ejemplo 7 presenta una conductividad térmica después de 330 días de 26,7 mW/m*K.

El Ejemplo 7 ilustra una versión a mayor escala de la presente invención que los Ejemplos 1-6 usando una composición polimérica de SAN.

10

REIVINDICACIONES

1. Una espuma polimérica extruida que comprende uno o más polímeros aromáticos de alqueno termoplásticos y una o más cargas, justificando uno o más polímeros aromáticos de alqueno termoplásticos el 70 por ciento en peso o más de todos los componentes poliméricos en la espuma polimérica, conteniendo menos de 20 por ciento en peso de halógeno unido mediante enlaces covalentes, basado en el peso de cualquier polímero halogenado y con una solubilidad en agua a 130°C y 101 kilopascales que es mayor que 0,09 moles de agua por kilogramo de polímero aromático de alqueno termoplástico y con una pluralidad de celdas definidas en la misma, en la que la espuma polimérica tiene:
 - (a) menos de 30 por ciento de contenido en celdas abiertas según el método ASTM D6226-05;
 - (b) 5 por ciento en peso o más de una carga basado en el peso de composición polimérica total;
 - (c) un tamaño de celda medio de 0,15 milímetros o más según el método ASTM D 3576;
 - (d) una densidad menor que 64 kilogramos por metro cúbico según el método ASTM D1622 y
 - (e) una distribución de tamaño de celda unimodal.
2. La espuma polimérica extruida de la reivindicación 1, caracterizada además por que tiene al menos una superficie primaria en la que al menos el 98% de cualquier porción de 200 centímetros cuadrados de la superficie primaria está exento de defectos sustanciales aleatorios.
3. La espuma polimérica extruida de la reivindicación 1, en la que el polímero aromático de alqueno termoplástico presenta una polidispersidad menor que 2,5.
4. La espuma polimérica extruida de la reivindicación 1, caracterizada además por que la carga es carga inorgánica.
5. La espuma polimérica extruida de la reivindicación 1, caracterizada además por que la carga está presente en una concentración de cinco por ciento en peso o más basado en peso de espuma.
6. La espuma polimérica extruida de la reivindicación 1, caracterizada además por que la carga tiene un tamaño medio de partícula en la magnitud más pequeña de partícula de un micrómetro o menos y en toda magnitud de un milímetro o menos.
7. La espuma polimérica extruida de la reivindicación 1, caracterizada además por que está exenta de cualquier alcohol o éter con uno a seis carbonos.
8. Un procedimiento para preparar una espuma de polímero termoplástico extruido, comprendiendo el procedimiento:
 - (a) proporcionar una composición capaz de formar espuma en un extrusor, comprendiendo la composición capaz de formar espuma:
 - (i) uno o más polímeros aromáticos de alqueno termoplásticos, en la que uno o más polímeros aromáticos de alqueno termoplásticos justifican al menos el 70 por ciento en peso de todos los polímeros en la composición capaz de formar espuma y contiene menos del 20 por ciento en peso de halógeno unido mediante enlaces covalentes, basado en el peso de polímero halogenado y con una solubilidad en agua a 130°C y 101 kilopascales que es mayor que 0,09 moles por kilogramo de polímero aromático de alqueno termoplástico;
 - (ii) 5 por ciento en peso o más de carga basado en el peso de composición polimérica total y
 - (iii) 0,9 moles o más de una composición de agente formador de burbujas por kilogramo de composición capaz de formar espuma, comprendiendo la composición de agente formador de burbujas agua de manera que la cantidad total de agua en la composición capaz de formar espuma es igual a o menor que la solubilidad en agua de la composición polimérica; y
 - (b) Expandir la composición capaz de formar espuma en una espuma polimérica con menos del 30% de contenido en celdas abiertas según el método ASTM D6226-05 y un tamaño de celda medio de 0,15 milímetros o mayor, según el método ASTM D 3576 y una densidad menor que 64 kilogramos por metro cúbico según el método ASTM D1622.

9. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que uno o más polímeros aromáticos de alqueno presenta una polidispersidad menor que 2,5.
- 5 10. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que uno o más polímeros aromáticos de alqueno presenta un peso molecular medio numérico de 50.000 a 200.000 gramos por mol, inclusive los extremos.
11. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que la carga es inorgánica.
12. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que la carga está presente en una concentración de cinco por ciento en peso o más, basado en peso de composición polimérica.
- 10 13. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que la carga presenta un tamaño de partícula medio en la magnitud más pequeña de partícula de un micrómetro o menos y en toda magnitud de un milímetro o menos.
14. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que el agente formador de burbujas está exento de alcoholes y éteres con uno a seis carbonos.
15. El procedimiento de la reivindicación 8, caracterizado además por que la composición de agente formador de burbujas está exenta de agentes formadores de burbujas clorados.

15