

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 545**

51 Int. Cl.:

C08J 9/12 (2006.01)

C08J 9/00 (2006.01)

C08L 25/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.06.2010 PCT/US2010/036802**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.12.2010 WO10141400**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2010 E 10722498 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.01.2018 EP 2438111**

54 Título: **Aislante de espuma polimérica con atenuación del infrarrojo con comportamiento de retardante de llama**

30 Prioridad:

04.06.2009 US 183990 P

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

02.04.2018

73 Titular/es:

**DOW GLOBAL TECHNOLOGIES LLC (100.0%)
2040 Dow Center
Midland, Michigan 48674, US**

72 Inventor/es:

GORDON- DUFFY, JOHN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 661 545 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

Aislante de espuma polimérica con atenuación del infrarrojo con comportamiento de retardante de llama

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

- 5 La presente invención se relaciona con espuma polimérica térmicamente aislante y un proceso para preparar espuma polimérica térmicamente aislante con atenuación del infrarrojo.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 La espuma polimérica térmicamente aislante se desea para aplicaciones de construcción y edificaciones donde las temperaturas interiores se mantienen, preferentemente, a una temperatura diferente de las temperaturas exteriores. El consumidor desea y las reglamentaciones gubernamentales requieren cada vez más mayor aislamiento térmico en edificaciones para conservar la energía. Las reglamentaciones también exigen que el aislamiento logre cierto rendimiento ignífugo. Un estándar particularmente desafiante del rendimiento ignífugo buscado por fabricantes de aislantes, constructores y clientes es el ensayo de combustión B2 alemán de conformidad con DIN 4102. Las reglamentaciones también están impulsando un movimiento hacia agentes espumantes ecológicos de materiales como clorofluorocarbonos. Los agentes espumantes ecológicos particularmente deseables incluyen agua, alcoholes que tienen dos o tres carbonos (ROH C₂₋₃) y dióxido de carbono. Por lo tanto, la espuma polimérica térmicamente aislante ideal tiene una capacidad de aislamiento térmico alta, pasa el ensayo de combustión B2 alemán y se prepara con un agente espumante que contiene uno o más de agua, etanol y dióxido de carbono. Sin embargo, lograr esta espuma polimérica ideal es difícil.
- 15 Los agentes atenuantes del infrarrojo son útiles para reducir la conductividad térmica a través de espuma polimérica y por ende, mejoran el carácter térmicamente aislante de la espuma. Negro carbón ha sido conocido históricamente como un agente atenuante de infrarrojo para uso en espuma polimérica. Negro térmico, una forma particular de negro carbón que también se conoce como negro de acetileno, ofrece propiedades especialmente deseables para preparar espuma polimérica térmicamente aislante (ver, por ejemplo, WO94/13721).
- 20 Las partículas como los agentes atenuantes del infrarrojo se utilizan como agentes nucleantes durante la expansión de la espuma, particularmente en presencia de agentes espumantes altamente nucleantes como dióxido de carbono. Como agente nucleante, un agente atenuante de infrarrojo promueve, en forma no deseada, la formación de pequeños tamaños de célula (menores que 0,10 milímetros) en la espuma resultante. Sin embargo, para ser más efectivas como aislantes térmicos, las espumas poliméricas requieren tamaños de célula promedio de 0,12 milímetros o más.
- 25 Negro carbón también promueve distribuciones de tamaño de célula bimodal cuando está en combinación con un agente espumante acuoso. (Ver, por ejemplo, patente europea (EP) 1196486B y patente de Estados Unidos (USP) 5,210,105). Las distribuciones de tamaño de célula bimodales no son deseables dado que dificultan el procesamiento de la espuma polimérica durante serrado, molienda, corte y modelado por prensa (ver, EP1196486B en párrafo 0004). EP1196486B resuelve el problema de las distribuciones de tamaño de célula bimodales en espuma polimérica térmicamente aislante mediante la sustitución de grafito por negro carbón. Por lo tanto, aún no queda claro cómo evitar las distribuciones de tamaño de célula bimodales con una combinación de agua y negro carbón. Además, el grafito tiende a ser más problemático como nucleador que el negro carbón, como se ilustra en los Ejemplos comparativos y Ejemplos de la presente memoria descriptiva.
- 30 El uso de agua como agente espumante puede generar dificultades en la fabricación de espuma térmicamente aislada. Se sabe que el agua promueve «espiráculos» durante el proceso de espumado. Los espiráculos, o poros, son defectos en el tamaño de múltiples diámetros de célula que se pueden distribuir a lo largo de la espuma. Los espiráculos son particularmente indeseables en una superficie de espuma donde tienen la apariencia de defectos de superficie. El agua también tiende a reaccionar con ignífugos bromados, los cuales son necesarios para lograr una calificación de rendimiento ignífugo B2, para formar ácido hidrobromico (HBr). HBr corroe materiales y los productos de corrosión aceleran una mayor descomposición del ignífugo bromado. También se ha atribuido al agua a una calidad cutánea de espuma pobre al promover la formación y migración de sales insolubles que pueden acumularse y penetrar en una superficie espumosa (ver, por ejemplo, US20080293839).
- 35 ROH C₂₋₃ también reaccionan con ignífugos bromados para producir HBr. Dicha reacción no solo produce ácido corrosivo, sino que también, como se describió anteriormente, reduce bromo disponible para uso como ignífugo en la espuma polimérica. Se necesita un ignífugo bromado extra típicamente para representar el bromo consumido por reacciones con agua y/o ROH C₂₋₃ para lograr la calificación de rendimiento ignífugo B2 deseado. ROH C₂₋₃ presentan otro desafío en la preparación de espuma polimérica que alcanza calificación de rendimiento ignífugo B2 debido al hecho que ROH C₂₋₃ son inflamables. Por lo tanto, la presencia de ROH C₂₋₃ en espuma polimérica puede aumentar la inflamabilidad de la espuma. ROH C₂₋₃ compiten en lograr una calificación de rendimiento ignífugo B2 aumentando la inflamabilidad de la espuma y consumiendo ignífugo bromado al generar HBr.
- 40
- 45
- 50
- 55

El uso de dióxido de carbono como agente espumante también ofrece desafíos. El dióxido de carbono es un agente espumante fuertemente nucleante que promueve tamaños de célula pequeños. La formación de tamaños de célula pequeños no se desea al fabricar espuma polimérica térmicamente aislada, como ya se indicó anteriormente. El dióxido de carbono tiende a tener una solubilidad baja en polímeros como poliestireno y, como resultado, tiende a escapar rápidamente durante el proceso de espumado. El escape rápido de dióxido de carbono puede causar defectos en la superficie espumosa dado que el dióxido de carbono se quema rápidamente en la superficie.

A pesar de estos desafíos, se desea e impulsa la técnica de espuma polimérica térmica aislada para encontrar una forma de fabricar espuma polimérica aislada utilizando los agentes espumantes ecológicamente aceptables de agua, ROH C_{2,3} y dióxido de carbono y que contenga agentes atenuantes del infrarrojo como negro carbón y grafito. Además, se desea poder preparar dicha espuma que alcanza la calificación de ensayo de combustión B2 alemán y que tiene una distribución de tamaño celular unimodal y un tamaño de célula promedio de 0,12 milímetros o más. Por otro lado, se desea que la espuma tenga una calidad de superficie buena.

US 2009/117358 divulga espumas poliméricas extruidas preparadas utilizando ácidos grasos bromados, un éster, una amida o éster-amida de un ácido graso bromado, un glicérido de uno o más ácidos grasos bromados, o un ácido graso bromado polimerizado como un aditivo ignífugo.

Breve resumen de la invención

La presente invención resuelve un problema de descubrir una combinación específica de componentes que permite la formación de espuma polimérica extruida utilizando un agente espumante que comprende agua y/o ROH C_{2,3} en combinación con un dióxido de carbono y que contiene agente atenuante de infrarrojo, que tiene una distribución de tamaño de célula monomodal, un tamaño de célula promedio de 0,12 milímetros o más, una capacidad de aislamiento térmico alta, pasa el ensayo de combustión B2 alemán y tiene una buena calidad de superficie. La presente invención puede utilizar, sorprendentemente, negro carbón, incluso negro térmico como el agente atenuante de infrarrojo, y resuelve el problema de incluir atenuadores de infrarrojo sin los efectos detrimentales mencionados en la espuma polimérica resultante. Aún más sorprendentemente, las realizaciones de la presente invención resuelven problemas nucleantes asociados con grafito mediante el empleo de coque de petróleo en lugar de grafito natural. Los coques de petróleo son productos de coque de petróleo calcinado que despliegan propiedades similares al grafito natural. Los coques de petróleo derivan, por ejemplo, de procesos de coquización de refinería. El coque de petróleo adecuado para la presente invención tiene una granulometría de 20 micrones o menos, preferentemente una granulometría entre dos a cuatro micrones en los extremos. Las partículas son típicamente gránulos en forma y el tamaño se corresponde generalmente con un diámetro promedio del gránulo.

En un primer aspecto, la presente invención es un proceso para preparar espuma polimérica extruida que comprende proporcionar una composición polimérica espumable a una presión y temperatura iniciales en un extrusor y posteriormente extruir la composición polimérica espumable en una atmósfera de presión más baja que la presión inicial y permitir que la composición polimérica extruible se expanda en la espuma polimérica; donde la composición polimérica espumable comprende: (a) una matriz polimérica termoplástica que comprende un componente polimérico que contiene todos los polímeros en la matriz polimérica termoplástica; (b) una composición de agente espumante dispersada en la matriz polimérica termoplástica, la composición de agente espumante comprende entre un 3 y un 5% en peso de dióxido de carbono, hasta un 5% en peso de alcohol que tiene 2 a 3 carbonos, hasta un 0,7% en peso de agua y hasta un 2,5% en peso de isobutano; donde el agente espumante comprende al menos un 0,1% en peso de agua y/o alcohol que tiene de 2 a 3 carbonos; (c) un 2% en peso o más y un 5% en peso o menos de un agente atenuante de infrarrojo dispersado en la matriz polimérica termoplástica, el agente atenuante de infrarrojo se selecciona del grupo que consiste de negro carbón que tiene una granulometría promedio de 100 a 700 nanómetros y coques de petróleo; (d) entre un 2,5 y un 3,5% en peso de un ignífugo bromado dispersado en la matriz polimérica termoplástica, donde el ignífugo bromado se selecciona de hexabromociclododecano (HBCD), poliestireno bromado, butadieno bromado y copolímeros de estireno y butadieno bromados; y (e) al menos un 0,1% en peso de estabilizador epoxi dispersado en la matriz polimérica; donde todos los porcentajes en peso son en relación con el peso del componente polimérico total, donde al menos un 50% en peso del componente polimérico es polímero aromático de alqueniolo y donde la espuma polimérica resultante se caracteriza por tener una densidad entre 30 y 37 kilogramos por metro cúbico, una distribución de tamaño de célula unimodal con un tamaño de célula promedio en un intervalo de más de 0,15 y 0,4 milímetros o menos, una conductividad térmica entre 28 y 35 miliwatts por metro²*Kelvin y que pasa el ensayo ignífugo B2 alemán.

En un segundo aspecto, la presente invención es una espuma polimérica que comprende: (a) una matriz polimérica termoplástica que comprende un componente polimérico que contiene los polímeros en la matriz polimérica termoplástica y que contiene células allí dispersas; (b) un 2% en peso o más y un 5% en peso o menos de un agente atenuante de infrarrojo dispersado en la matriz polimérica termoplástica, el agente atenuante de infrarrojo se selecciona de un grupo que consiste de negro carbón que tiene una granulometría promedio de 100 a 700 nanómetros y coques de petróleo; (c) entre un 2,5 y un 3,5% en peso de un ignífugo bromado dispersado en la matriz polimérica termoplástica, donde el ignífugo bromado se selecciona de hexabromociclododecano (HBCD), poliestireno bromado, butadieno bromado y copolímeros de estireno y butadieno bromados; y (d) al menos un 0,1% en peso de estabilizador epoxi dispersado en la matriz polimérica; donde las partes en peso son relativas al peso total del componente polimérico, donde el componente polimérico es al menos un 50% en peso de polímero aromático de

alqueniolo y donde la espuma polimérica se caracteriza por tener una densidad que oscila entre 30 y 37 kilogramos por metro cúbico, una distribución de tamaño de célula unimodal con un tamaño de célula promedio entre 0,1 y 0,4 milímetros, una conductividad térmica entre 28 y 35 miliwatts por metro*Kelvin y que pasa el ensayo de combustión B2 alemán.

- 5 Esta combinación específica de componentes en la invención parece ser necesaria para alcanzar una espuma polimérica térmicamente aislante utilizando un agente atenuante de infrarrojo, agua y/o ROH C_{2,3} con dióxido de carbono, particularmente dicha espuma polimérica comprende polímero de poliestireno.

El proceso de la invención es útil para preparar la espuma de la presente invención. La espuma de la presente invención es particularmente útil como aislante térmico en, por ejemplo, aplicaciones de la construcción y edilicias.

10 Descripción detallada de la invención

Todos los intervalos incluyen extremos salvo que se indique de otra manera.

- 15 ASTM se refiere a la *American Society for Testing and Materials*. ISO se refiere a la Organización Internacional de Normalización. EN se refiere a la Norma Europea. DIN se refiere a Deutsches Institute für Normung e.V. Los métodos de ensayo ASTM, ISO, EN y DIN se refieren al método del año en el sufijo con guión en el número de método, o si no hay sufijo con guión, al método más recientemente publicado antes de la fecha de prioridad de la presente memoria descriptiva.

"Temperatura de ablandamiento" (T_s) para un polímero o una composición polimérica que tiene como componentes poliméricos solo uno o más que un polímero semicristalino es la temperatura de fusión de la composición polimérica.

- 20 "Temperatura de fusión" (T_m) para un polímero semicristalino es la temperatura a mitad de camino en el cambio de la fase cristalino a fundido, como se determina mediante calorimetría de barrido diferencial (DSC) al calentar un polímero cristalizado a una velocidad de calentamiento específica. Se debe determinar T_m para un polímero semicristalino de conformidad con el procedimiento DSC en el método ASTM E79406. Se debe determinar T_m para una combinación de polímeros y para una composición polimérica llena también mediante DSC en las mismas condiciones de ensayo en el método ASTM E794-06. Si la combinación de polímeros o la composición polimérica
25 llena solo contiene polímeros miscibles y solo es evidente un cambio en la fase cristalino a fundido en su curva DSC, entonces T_m para la combinación polimérica o la composición polimérica llena es la temperatura a mitad de camino en el cambio de fase. Si múltiples cambios de fase cristalino a fundido son evidentes en una curva DSC debido a la presencia de polímeros inmiscibles, entonces T_m para la combinación polimérica o la composición polimérica llena es T_m del polímero de fase continua. Si más de un polímero es continuo y no son miscibles, entonces T_m para la
30 combinación polimérica o composición polimérica llena es T_m más baja de los polímeros de fase continua.

"Temperatura de ablandamiento" (T_s) para un polímero o una composición polimérica que tiene como componentes poliméricos solo uno o más que un polímero amorfo es la temperatura de transición vítrea para la composición polimérica.

- 35 "Temperatura de transición vítrea" (T_g) para un polímero o composición polimérica es como se determina mediante DSC de conformidad con el procedimiento en el método ASTM E1356-03. Se debe determinar T_g para una combinación de polímeros y para una composición polimérica llena también mediante DSC en las mismas condiciones de ensayo en el método ASTM E1356-03. Si la combinación de polímeros o la composición polimérica
40 llena solo contiene polímeros miscibles y solo es evidente un cambio en la fase transición vítrea en la curva DSC, entonces T_g de la combinación polimérica o la composición polimérica llena es la temperatura a mitad de camino en el cambio de fase. Si múltiples cambios de fase de transición vítrea son evidentes en una curva DSC debido a la presencia de polímeros inmiscibles, entonces T_g para la combinación polimérica o la composición polimérica llena es T_g del polímero de fase continua. Si más de un polímero amorfo es continuo y no son miscibles, entonces T_g para la
composición polimérica o composición polimérica llena es T_g más baja de los polímeros de fase continua.

- 45 Si la composición polimérica contiene una combinación de polímeros semicristalinos y amorfos, la temperatura de ablandamiento de la composición polimérica es la temperatura de ablandamiento del polímero de fase continua o de la composición polimérica. Si las fases poliméricas semicristalina y amorfa son co-continuas, la temperatura de ablandamiento de la combinación es la menor temperatura de ablandamiento de las dos fases.

- 50 Espesor, ancho y longitud, cuando se refiere a la espuma polimérica extruida, hacen referencia a tres dimensiones mutuamente ortogonales de la espuma polimérica extruida. Las espumas poliméricas extruidas se extruyen de un extrusor en una dirección de extrusión. La longitud es una dimensión de la espuma polimérica extruida que se extiende en paralelo a la dirección de extrusión de la espuma. El ancho es generalmente mayor que la dimensión de espesor en magnitud y ambos son mutuamente ortogonales a la longitud. El espesor de la espuma se extiende en perpendicular a una superficie primaria de la espuma.

- 55 Las espumas poliméricas tienen al menos una superficie primaria. La superficie primaria de la espuma polimérica extruida es una superficie de la espuma polimérica extruida que tiene un área de superficie plana igual que la mayor área de superficie plana de cualquier superficie de la espuma polimérica. Un área de superficie plana es el área de

superficie como se proyecta en un plano para dejar de lado elevaciones y depresiones en la superficie. Las espumas poliméricas pueden tener más que una superficie primaria. Las espumas poliméricas que tienen secciones transversales circulares u ovals solo tienen una superficie, la cual es, por defecto, la superficie primaria de la espuma.

5 La espuma polimérica tiene, deseablemente, una distribución celular unimodal para optimizar las propiedades aislantes térmicas. La espuma polimérica tiene una distribución de tamaño de célula unimodal si un diagrama del tamaño de célula (redondeado a cerca de 0,02 milímetros) frente al número de células despliega una sola elevación. Un «pico» es un punto en un diagrama que tiene al menos tres puntos con un valor de eje y menor, tanto antes como después de él, que avanza a lo largo del eje x del diagrama, antes que haya un punto que tenga un valor del eje y mayor. Un pico puede comprender más que un punto de valores del eje y iguales (una meseta), siempre que el punto en cualquiera de los lados de la meseta (que avanzan a lo largo del eje x del diagrama) tenga un valor de eje y menor que los puntos que comprenden la meseta. El diagrama debería contener caracterizaciones de al menos 100 células seleccionadas aleatoriamente de una sección transversal completa de la espuma polimérica extruida. Se debe utilizar el promedio del diámetro celular más grande y más chico como el tamaño celular para una célula determinada.

10 El proceso de la presente invención es un proceso de extrusión que produce la espuma polimérica de la presente invención. El proceso de la presente invención incluye las siguientes etapas de un proceso de extrusión general: (1) proporcionar una composición polimérica espumable que comprende una matriz polimérica y un agente espumante a una presión y temperatura iniciales en un extrusor; (2) expulsar la composición polimérica espumable en una atmósfera de presión menor que la presión inicial; y (3) permitir que la composición polimérica espumable se expanda en una espuma polimérica.

15 La matriz polimérica de la composición polimérica espumable comprende al menos un polímero y puede contener una combinación de más de un polímero y más de un tipo de polímero. Los polímeros en la matriz polimérica constituyen un componente polimérico de la composición polimérica espumable. Los polímeros aromáticos de alqueno representan un 50% en peso o más, y pueden representar un 80% en peso o más, un 90% en peso o más y aún un 100% en peso del peso total del componente polimérico. Preferentemente, los polímeros aromáticos de alqueno se seleccionan de un grupo que consiste de homopolímeros y copolímeros de estireno. Los copolímeros de estireno particularmente deseables incluyen copolímero de estireno y acrilonitrilo. En una realización particularmente deseable, el homopolímero de estireno representa un 50% en peso o más, preferentemente un 75% en peso o más, incluso preferentemente un 85% en peso o más y puede representar hasta e incluir un 100% en peso del peso total de polímeros en la matriz polimérica (es decir, del componente polimérico).

20 La matriz polimérica también incluye un agente atenuante de infrarrojo. El agente atenuante de infrarrojo se selecciona de negro carbón y coques de petróleo. Deseablemente, el negro carbón está presente en una concentración de más de un 2% en peso cuando se utiliza mientras que los coques de petróleo aún pueden estar, deseablemente en un 2% en peso o más. El atenuador infrarrojo puede estar presente en una concentración de un 3% en peso o más, aún en un 4% en peso o más. El atenuador infrarrojo está presente, típicamente, en una concentración de un 5% o menos. A una concentración de menos que un 2% en peso, el aditivo ofrece, generalmente muy poco efecto en la conductividad térmica para que valga la pena. A una concentración mayor que un 5% en peso, el aditivo no afecta la conductividad térmica en mayor medida con una concentración más alta aunque aumenta el costo de la espuma y dificultades con propiedades físicas y de fabricación de la espuma.

25 Un atenuador infrarrojo de negro carbón particularmente deseable es negro térmico. Negro térmico es un producto de pirólisis de hidrocarburo gaseoso en una cámara en ausencia de aire. Las partículas de negro térmico tienden a ser esféricas o casi esféricas (en oposición a, por ejemplo, el grafito que tiene una forma tipo placa. El agente atenuante de infrarrojo disminuye la conductividad térmica a través de una espuma de la presente invención.

30 El agente atenuante de infrarrojo tiene una granulometría promedio en un intervalo de 100 nanómetros (nm) o más y 50.000 nm o menos, típicamente 10.000 nm o menos, 1.000 nm o menos y puede ser de 700 nm o menos. Los agentes atenuantes del infrarrojo que tienen una granulometría promedio menor que 100 nm tienden a aglomerarse obstaculizando una dispersión efectiva en la matriz polimérica. Las granulometrías por encima de 50.000 nm tienden a inducir, indeseablemente, la formación de una estructura de célula abierta en la espuma polimérica resultante.

35 La matriz polimérica incluye, además, un ignífugo bromado seleccionado de hexabromociclododecano (HBCD), poliestireno bromado, butadieno bromado y copolímeros de estireno y butadieno bromados. El ignífugo bromado está presente en la matriz polimérica en una concentración de un 2,5% en peso o más, preferentemente un 3% en peso o más y está presente, deseablemente, en una concentración de un 3,5% en peso o menos sobre la base del peso total del componente polimérico. Se necesita una concentración de un 2,5% en peso para alcanzar una calificación B2 en el ensayo de combustión alemán. Se desea una concentración de un 3,5% en peso o menos para mantener el costo de producción en un nivel razonable.

40 La matriz polimérica incluye, además, un estabilizador orgánico-epoxi sobre la base del peso total del componente polimérico dispersado en la matriz polimérica. La mayoría de los compuestos orgánicos que contienen epoxi son estabilizadores orgánico-epoxi adecuados. Se prefieren las resinas epoxi aromáticas bromadas porque es menos probable que plastifiquen el componente polimérico respecto de otros estabilizadores orgánico epoxi. Los ejemplos

de resinas de epoxi aromáticas bromadas incluyen, a modo no taxativo, resinas epoxi a base de tetrabromobisfenol A, como F2200HM (ICL Industrial Products) y DEN 439 (The Dow Chemical Co.). Resinas epoxi a base de novolac no bromado también son adecuadas e incluyen Araldite TM ECN-1273 y ECN-1280 (Araldite es una marca registrada de Hunstman Advance Materials Americas, Inc.). Los materiales epoxi alifáticos útiles incluyen óxido de propileno y resinas epoxi con base alifática, por ejemplo, resina epoxi alifática Plas-check™ 775 (Plas-check es una marca registrada de Ferro Chemical Co.). Deseablemente, el estabilizador orgánico epoxi es novolac cresol epoxi.

El estabilizador orgánico epoxi está presente a una concentración de al menos un 0,1% en peso sobre la base del peso total del componente polimérico. En general, la concentración del estabilizador orgánico epoxi es de un 0,3% en peso o menos sobre la base del peso total del componente polimérico dado que ofrece poca mejora por encima de dicha concentración.

La matriz polimérica puede comprender, además, aditivos adicionales como aquellos comunes en espumas poliméricas. Los ejemplos de aditivos adecuados incluyen cualquiera de ellos o una combinación de más de uno de los siguientes: arcillas como arcillas absorbentes naturales (por ejemplo, caolinita y montmorillonita) y arcillas sintéticas; agentes nucleantes (por ejemplo, talco y silicato de magnesio); lubricantes (por ejemplo, estearato de calcio y estearato de bario); y agrandadores del tamaño de célula como polietileno de baja densidad.

El agente espumante de la composición polimérica espumable comprende y puede consistir de dióxido de carbono y uno o ambos de agua y ROH C₂₋₃. El dióxido de carbono y el agua son agentes espumantes ambientalmente aceptables y el uso de estos agentes espumantes minimiza el impacto ambiental en la fabricación de espuma polimérica extruida. Sorprendentemente, los efectos detrimentales que el dióxido de carbono, el agua y ROH C₂₋₃ han tenido históricamente en la espuma polimérica extruida no son evidentes en una espuma formada por el presente proceso como resultado del uso de la combinación actualmente reivindicada de componentes en la composición polimérica espumable.

El dióxido de carbono está presente en la composición polimérica espumable a una concentración en un intervalo de un 3% en peso o más y un 5% en peso o menos, preferentemente un 4% en peso o menos sobre la base del peso total del componente polimérico. Además del dióxido de carbono, el agente espumante comprende al menos un componente seleccionado de agua y ROH C₂₋₃. De ROH C₂₋₃, etanol es el más deseable y el isopropanol el más típico.

El agua está presente, típicamente, en la composición polimérica espumable a una concentración en un intervalo de un 0,1% en peso o más, preferentemente un 0,3% en peso o más, y un 0,7% en peso o menos, típicamente un 0,5% en peso o menos sobre la base del peso total del componente polimérico. El agua puede estar ausente si uno o más que un ROH C₂₋₃ está presente.

Uno o más que un ROH C₂₋₃ pueden estar presentes además de o en lugar del agua. La concentración de ROH C₂₋₃ es generalmente de un 0,1% en peso o más, preferentemente un 0,3% en peso o más y típicamente un 5% en peso o menos, y generalmente un 1% en peso o menos, un 0,7% en peso o menos, o aún un 0,5% en peso o menos sobre la base del peso total del componente polimérico. ROH C₂₋₃ pueden estar ausentes si el agua está presente.

Deseablemente, el agente espumante comprende isobutano. El isobutano se desea para reducir la conductividad térmica y la densidad de la espuma polimérica. Sin embargo, la inclusión del isobutano como agente espumante disminuye la piroresistencia de la espuma polimérica resultante (es decir, hace que la espuma sea más inflamable). Sin embargo, la selección inventiva de componentes en la presente composición polimérica espumable y la espuma polimérica resultante aún permiten que la espuma polimérica resultante alcance una calificación B2 en el ensayo de combustión alemán. La composición polimérica espumable puede estar libre de isobutano o puede contener un 0,5% en peso o más y un 2,5% en peso o menos, preferentemente, un 1,8% en peso o menos de isobutano sobre la base del peso total del componente polimérico.

El agente espumante puede comprender, además, agentes espumantes adicionales además de agua, ROH C₂₋₃, dióxido de carbono e isobutano. Los agentes espumantes adicionales incluyen cetonas y éteres así como hidrofluorocarbonos saturados e insaturados, particularmente hidrofluorocarbonos que tienen un potencial de calentamiento global de menos de 150, preferentemente 75 o menos, más preferentemente 50 o menos, aún más preferentemente 25 o menos. El agente espumante también puede estar libre de agentes espumantes diferentes que agua, ROH C₂₋₃, dióxido de carbono e isobutano.

En el aspecto más amplio, el proceso de la presente invención es independiente del proceso de extrusión utilizado para preparar y expulsar la composición polimérica espumable de un extrusor. Un entendido en la técnica reconoce que existen muchos procesos de extrusión adecuados para preparar espuma polimérica que incluye métodos de extrusión de panel, métodos de espuma retenida, métodos de extrusión continua y métodos de acumulador y extrusor. Todos estos métodos son adecuados para uso con la composición espumable recién descrita para formar el proceso de extrusión de la presente invención.

Un método general para proporcionar una composición polimérica espumable en un extrusor es el siguiente. Se debe colocar el polímero en forma de gránulos en un extrusor con un barril de extrusión a una temperatura mayor que la temperatura de ablandamiento de la composición polimérica en los gránulos de polímero. Se pueden incluir aditivos

que incluyen uno de un atenuador infrarrojo, estabilizador e ignífugo o una combinación de más de uno de ellos, en los gránulos poliméricos, agregados con los gránulos en el extrusor o agregados en el extrusor corriente abajo de la adición de los gránulos poliméricos. Se debe mezclar el polímero, el atenuador infrarrojo, el estabilizador, el ignífugo y otros aditivos para formar una composición mezclada homogéneamente, deseablemente antes de agregar el agente espumante. Es común agregar agente espumante a la corriente descendente del polímero ablandado de la adición del polímero mediante inyección de uno o más de un agente espumante en el polímero ablandado en el extrusor a una presión que se encuentra en o excede la presión inicial. El extrusor puede mezclar, posteriormente, el agente espumante en el polímero ablandado. El agente espumante también puede residir en los gránulos poliméricos antes de agregar los gránulos a un extrusor, típicamente en la forma de un agente espumante químico.

El proceso actual requiere expulsar la composición polimérica espumable del extrusor a un ámbito de presión menor que la presión inicial y posteriormente permitir que la composición polimérica espumable se expanda en espuma polimérica. La composición polimérica espumable se puede calentar o enfriar para expulsar siempre que no se enfríe por debajo de la temperatura de ablandamiento de la composición espumable, preferentemente, debajo de la temperatura de ablandamiento de la composición polimérica en la composición espumable. Es común expulsar la composición polimérica espumable de un extrusor a través de una matriz de espumación en presión atmosférica. La matriz de espumación tiene una abertura a través de la cual la espuma pasa que define la forma general de la espuma polimérica resultante. La abertura de la matriz puede tener una forma que incluye rectangular, cuadrada, redonda, oval o aún no simétrica. La matriz de espumación puede tener múltiples aberturas para que la composición polimérica espumable salga de la matriz de espumación como múltiples hebras, láminas o una combinación de formas.

La composición espumable se enfría a medida que se expande. El enfriamiento se puede producir con o sin aplicación afirmativa de un medio de enfriamiento (por ejemplo, aire frío o contacto con placas frías) o un medio recocido (por ejemplo, aire caliente o en contacto con placas calientes). En general, el enfriamiento se produce sin aplicación afirmativa de un medio de enfriamiento a través de, por ejemplo, enfriamiento evaporativo a medida que los agentes espumantes se evaporan. A medida que la composición polimérica espumable se enfría, se estabiliza dimensionalmente en una espuma polimérica extruida final.

El proceso de la presente invención prepara la espuma polimérica extruida de la presente invención. La espuma polimérica extruida se forma a partir de una composición polimérica espumable del aspecto del proceso de la presente invención, de forma tal que muchas de las características de la composición polimérica espumable también son características de la espuma polimérica extruida. La espuma polimérica extruida comprende una matriz polimérica termoplástica que tiene células allí dispersas. La matriz polimérica termoplástica es como se describe para la matriz polimérica termoplástica de la composición polimérica espumable e incluye un componente polimérico que representa todos los componentes poliméricos en la matriz polimérica termoplástica como también se describe para la composición polimérica espumable. La matriz polimérica termoplástica comprende, además, un agente atenuante de infrarrojo, un ignífugo bromado y un estabilizador epoxi en concentraciones y como se caracteriza para la composición polimérica espumable.

Las propiedades características de la espuma polimérica extruida resultante ilustran el resultado sorprendente producido por la combinación específica de componentes utilizados para preparar la espuma polimérica extruida. A los efectos de la simplicidad, «espuma polimérica extruida» se refiere a la espuma polimérica extruida resultante del proceso de la presente invención, así como la espuma polimérica de la presente invención.

La espuma polimérica extruida tiene, deseablemente, una densidad de 37 kilogramos por metro cúbico (kg/m^3) o menos. Se desean densidades menores para espuma de costo menor y de más fácil manejo. Típicamente, la espuma polimérica extruida tiene una densidad de 30 kg/m^3 o más y puede tener una densidad de 32 kg/m^3 o más, 33 kg/m^3 o más, 34 kg/m^3 o más, 35 kg/m^3 o más, y aún 36 kg/m^3 o más. Se debe medir la densidad de una espuma polimérica extruida de conformidad con el método de ISO 845-95. La espuma polimérica que tiene una densidad menor que 30 kg/m^3 tiende a sufrir propiedades dimensionales y mecánicas pobres (por ejemplo, resistencia a la compresión).

La espuma polimérica extruida puede tener, y deseablemente tiene una distribución de tamaño de célula unimodal. Las espumas poliméricas que tienen una distribución de tamaño de célula tienen, típicamente, conductividades térmicas más bajas que las espumas poliméricas que tienen una distribución de tamaño de célula multimodal.

La espuma polimérica extruida tiene un tamaño de célula promedio de 0,12 milímetros (mm) o más, y puede tener un tamaño de célula promedio de 0,2 mm o más, 0,3 mm o más y aún 0,4 mm o más. La espuma polimérica puede tener y deseablemente tiene un tamaño de célula promedio de 0,5 mm o menos. Las espumas poliméricas que tienen un tamaño de célula promedio entre 0,12 mm y 0,5 mm tienden a ser ideales para minimizar la conductividad térmica a través de la espuma polimérica. Se debe medir el tamaño de la célula promedio para una espuma polimérica de conformidad con el método ASTM D-3576.

La espuma es deseable y generalmente una espuma de célula cerrada que tiene un contenido de célula abierta de menos que un 30%, preferentemente un 20% o menos, más preferentemente un 10% o menos, aún más preferentemente un 5% o menos, aún más preferentemente un 2% o menos y puede tener un contenido de célula abierta de un 0%.

Se debe determinar el contenido de célula abierta de conformidad con el método ASTM D6226-05.

La espuma polimérica extruida tiene una conductividad térmica de 35 miliwatts por metro-Kelvin (mW/m*K) o menos, preferentemente 33 mW/m*K o menos, más preferentemente 31 mW/m*K o menos, aún más preferentemente 30 mW/m*K o menos y más preferentemente 29 mW/m*K o menos. En general, la espuma polimérica extruida tiene una conductividad térmica de 28 mW/m*K o más. Se debe medir la conductividad térmica de la espuma polimérica de conformidad con el método de ensayo EN 8301.

La espuma polimérica extruida puede tener y generalmente tiene una apariencia de superficie de alta calidad. Una espuma tiene una «apariencia de superficie de alta calidad» si un 98% o más, preferentemente un 99% o más, más preferentemente un 100% de cualquier porción de 200 centímetros cuadrados de una superficie primaria de la espuma que se centra en la superficie primaria de la espuma y se extiende a un 90% del ancho de la espuma está libre de defectos. Un «defecto» es una discontinuidad en polímero que brinda acceso a más de una célula de la espuma a través de una superficie primaria de la espuma polimérica. Los defectos son evidentes directamente de la matriz de espumación y se distinguen de ranuras o cortes molidos introducidos en una espuma después de una matriz de espumación.

La espuma polimérica extruida tiene un buen rendimiento en el ensayo de combustión alemán B2 de conformidad con DIN 4102 para alcanzar una calificación B2 en el ensayo de combustión.

Ejemplos

Los siguientes ejemplos se introducen para ilustrar realizaciones de la presente invención.

Ejemplo Comparativo A y Ejemplo 1: *Grafito grande versus negro carbón pequeño*

Preparar una composición polimérica espumable combinando homopolímero de poliestireno de 140.000 g/mol Mw a 80 pph, homopolímero de poliestireno de 200.000 g/mol Mw a 20 pph, agente atenuante de infrarrojo a 2 pph (ver a continuación el tipo) y polietileno de baja densidad a 0,4 pph (DOWLEX® SC 2107, DOWLEX es una marca registrada de The Dow Chemical Company), estearato de bario a 0,2 pph, novolac cresol epoxi 1280 a 0,25 pph, y hexabromociclododecano a 2,5 pph en un extrusor de tornillo único y calentar para formar un fundido y posteriormente inyectar dióxido de carbono a 3 pph, agua a 0,63 pph e isobutano a 1,5 pph a 180 bar y 200°C. Todas las referencias a pph en los ejemplos son partes en peso por cien sobre la base del peso total del polímero. Colocar el polímero a una velocidad de sesenta kilogramos por hora. Mezclar la composición polimérica espumable y posteriormente, ajustarla a 125°C y su presión a aproximadamente 90 bar. Expulsar la composición polimérica espumable en un ambiente de una atmósfera de presión y 23°C a través de una ranura ancha (matriz de espumación) que tiene un ancho de 50 mm y un espesor lo suficientemente pequeño para evitar la pre-espumación. Permitir que la composición polimérica espumable se expanda en la espuma polimérica a medida que pasa a través de un calibrador para formar una espuma polimérica que tiene un ancho de 13 a 15 cm y un espesor de 20 a 35 mm.

El agente atenuante de infrarrojo para el Ejemplo Comparativo A tiene una granulometría promedio mayor que el negro carbón utilizado para el Ejemplo 1. Utilizar el grafito natural grado UF1 de Kropfmuel AG (granulometría promedio de 3000 nm) para el Ejemplo Comparativo A. Utilizar Thermax™ NT-991 (Thermax es marca registrada de Cancarb), que tiene una granulometría promedio de 280 nanómetros, para el Ejemplo 1. El Ejemplo Comparativo A tiene una densidad de 37,3 kg/m³, un tamaño de célula promedio de 0,1 mm, una conductividad térmica de 28,9 miliwatts por metro*Kelvin, un ancho de 13,2 centímetros y un espesor de 23 milímetros. El Ejemplo 1 tiene una densidad de 33,6 kg/m³, un tamaño de célula promedio de 0,3 mm, una conductividad térmica de 31,3 miliwatts por metro*Kelvin, un ancho de 15 centímetros y un espesor de 32 milímetros. Tanto el Ejemplo Comparativo A como el Ejemplo 1 pasan el ensayo de combustión B2 y tienen distribuciones de tamaño de célula monomodales.

Notablemente, en niveles de carga iguales sobre la base del peso (en este caso, 2 pph), estaría presente un número mayor del agente atenuante de infrarrojo de tamaño de partícula más chico en la composición espumable - y ofrecerá más sitios nucleantes durante la espumación. Más cantidad de sitios nucleantes típicamente deriva en un mayor grado de nucleación, lo que genera más densidad y tamaños de célula más chicos debido al colapso de la espuma. Sin embargo, inesperadamente, el negro carbón más pequeño (280 nm) produjo menor densidad y una espuma con tamaño de célula promedio grande en relación con el grafito con tamaño de partícula mayor (3000 nm). El grafito que contiene espuma tiene una densidad mayor que la deseada (>37 kg/m³) y un tamaño de célula promedio menor que el deseado (150 nm y menos). El Ejemplo Comparativo A y el Ejemplo 1 ilustran que el negro carbón es menos nucleante que el grafito en niveles de carga iguales - incluso cuando el grafito tiene un orden de magnitud mayor que el tamaño de partícula y está presente en menor número.

Ejemplos Comparativos B-F y Ejemplos 2-4:

Grafito grande versus negro carbón pequeño con diferentes composiciones del agente espumante

Preparar el Ejemplo Comparativo B-F y los Ejemplos 2-4 de manera similar al Ejemplo Comparativo A excepto por el uso de una composición de agente espumante y agente atenuante de infrarrojo como se identifica en la Tabla 1. Los agentes atenuantes del infrarrojo de 3000 nm son el mismo grafito que en el Ejemplo Comparativo A. Los agentes

atenuantes del infrarrojo de 280 nm son negro carbón como en el Ejemplo 1. Las propiedades de la espuma resultantes también se identifican en la Tabla 1. En la presente: CO₂ es dióxido de carbono, iC₄ es isobutano, EtOH es etanol, H₂O es agua, Valor K es la conductividad térmica, W es el ancho de la espuma y T es el grosor de la espuma. Medir la densidad de conformidad con ISO 845-95, tamaño de célula de conformidad con el método ASTM D-3576, y la Conductividad térmica (valor K) de conformidad con EN8301. Cada espuma tiene una distribución de tamaño de célula monomodal y pasa el ensayo de combustión B2.

Tabla 1

Espuma	Composición del agente espumante				Agente atenuante de infrarrojo		Densidad(kg/m ³)	Tamaño de célula (mm)	Valor k (mW/m*K)	W(cm)	T (mm)
	CO ₂ (pph)	iC ₄ (pph)	EtOH (pph)	H ₂ O (pph)	Cantidad (pph)	Tamaño (nm)					
B	4,7	1,3	0	0	2	3000	37,4	0,05	29,5	14,3	15
C	4,7	1,3	0	0	3	280	37,1	0,06	31	14,4	14
D	4,7	0	0	0,4	3	3000	36	0,09	30,6	14,8	24
2	4,7	0	0	0,4	3	280	35	0,15	32,6	15,0	31
E	4,7	0	0,5	0,2	2	3000	34,9	0,09	30,5	14,4	21
3	4,7	0	0,5	0,2	3	280	34,1	0,16	32,8	15,5	30
F	4,7	0	1,0	0	2	3000	34,8	0,1	30,5	14,8	21
4	4,7	0	1,0	0	3	280	33,7	0,17	32,8	15	30

Estas espumas ilustran un número de aspectos en respaldo de los resultados sorprendentes de la presente invención

10 Los ejemplos comparativos B y C ilustran que el uso de un agente espumante que consiste de dióxido de carbono e isobutano (iC₄) es insuficiente para producir una densidad o tamaño celular deseable en presencia de atenuadores de infrarrojo de grafito grandes o de negro carbón más pequeños.

15 El Ejemplo comparativo D y el Ejemplo 2 ilustran que el uso de dióxido de carbono con agua no puede producir una espuma que tenga un tamaño de célula deseable con un grafito más grande aunque es capaz de producir una espuma que tenga una densidad y tamaño de célula deseables utilizando el aditivo de negro carbón más pequeño. De hecho, una mayor cantidad de aditivo de negro carbón está presente y aún la nucleación no tiene un efecto negativo en la espuma como lo hace el grafito más grande. El espesor menor (T) de la espuma de grafito es consistente con el supuesto de que el grafito nuclea en una mayor medida y resulta en el colapso de la espuma y un aumento de densidad concomitante y disminución del tamaño de célula en la espuma final.

20 Observaciones similares son evidentes entre el Ejemplo Comparativo E y el Ejemplo 3 así como el Ejemplo Comparativo F y el Ejemplo 4. Estas espumas utilizan diferentes composiciones del agente espumante dentro del alcance del presente proceso y producen espumas que tienen propiedades deseables con el negro carbón más pequeño pero no el aditivo de grafito más grande.

Ejemplo Comparativo G y Ejemplos 5-10: *Coques de petróleo y atenuador infrarrojo*

25 Preparar el Ejemplo Comparativo G y los Ejemplos 5-10 de manera similar a los Ejemplos Comparativos A, B y D-F excepto por el uso de la composición del agente espumante identificada en la Tabla 2 y en lugar del grafito de 3000 nm Utilizar coque de petróleo de 3000 nm (grado HC59803 de H.C. Carbon en Alemania) como el aditivo atenuante de infrarrojo a una carga de 2 pph. El coque de petróleo es un grafito artificial en oposición al grafito natural utilizado en los Ejemplos Comparativos A, B y D-F. La Tabla 2 identifica las propiedades de la espuma polimérica resultante esperada para el Ejemplo Comparativo G y los Ejemplos 5-10. Cada espuma tiene una distribución de tamaño de célula monomodal y pasa el ensayo de combustión B2.

Tabla 3.

Espuma	Composición del agente espumante				Agente atenuante de infrarrojo		Densidad (kg/m ³)	Tamaño de célula (mm)	Valor k mW/m ² *K)	W (cm)	T (mm)
	CO ₂ (pph)	iC ₄ (pph)	EtOH (pph)	H ₂ O (pph)	Cantidad (pph)	Tamaño (nm)					
G	4,7	1,3	0	0	2	3000	38	0,05	30,8	14	15
5	4,7	0,7	0,5	0	2	3000	34,6	0,13	31,4	14,6	23
6	3,5	1,5	0	0,4	2	3000	33,7	0,16	30,1	14,2	27
7	4,7	0	1	0	2	3000	34	0,15	32	14,3	26
8	4,7	0	0	0,4	2	3000	34,3	0,14	31,9	14,1	27
9	4,7	0	0,5	0,2	2	3000	34,3	0,13	31,9	14,1	25
10	1,5	0	1	0,15	2	3000	31,2	0,2	32,1	13,7	33

El Ejemplo Comparativo G ilustra que el uso de CO₂ e isobutano solo es insuficiente para evitar el colapso de la espuma que resulta en alta densidad y tamaño de célula chico en presencia de coques de petróleo de 3000 nm a 2 pph. Esto es similar al Ejemplo Comparativo B, el cual empleó grafito natural de 3000 nm a 2 pph. Sin embargo, a diferencia del grafito natural, los coques de petróleo de 3000 nm produjeron espuma de buena calidad con CO₂ y uno o ambos de agua y etanol. Contrastar ello con los Ejemplos Comparativos E y F utilizando grafito natural de 3000 nm. En particular, comparar el Ejemplo 7 con el Ejemplo Comparativo F y el Ejemplo 9 con el Ejemplo Comparativo E. Estos datos ilustran el rendimiento sorprendente de los coques de petróleo en relación con el grafito natural de tamaño similar y una carga con capacidad de preparar espuma de baja densidad (37 kg/m³ o menos) y de tamaño de célula pequeño (0,12 mm o menos) que pasa el ensayo de combustión B2.

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Un proceso para preparar espuma polimérica extruida que comprende proporcionar una composición polimérica espumable a una presión y temperatura iniciales en un extrusor y posteriormente extruir la composición polimérica espumable en una atmósfera de presión más baja que la presión inicial y permitir que la composición polimérica extruible se expanda en la espuma polimérica; donde la composición polimérica espumable comprende:
- a. una matriz polimérica termoplástica que comprende un componente polimérico que contiene todos los polímeros en la matriz polimérica termoplástica;
- 10 b. una composición de agente espumante dispersada en la matriz polimérica termoplástica, la composición del agente espumante comprende entre un 3 y un 5% en peso de dióxido de carbono, hasta un 5% en peso de alcohol que tiene entre 2 y 3 carbonos, hasta un 0,7% en peso de agua y hasta un 2,5% en peso de isobutano; donde el agente espumante comprende al menos un 0,1% en peso de agua y/o alcohol que tiene de 2 a 3 carbonos;
- c. un 2% en peso o más y un 5% en peso o menos de un agente atenuante de infrarrojo disperse en la matriz polimérica termoplástica, el agente atenuante de infrarrojo se selecciona de un grupo que consiste de negro carbón que tiene una granulometría promedio de 10 0a 70 0nanómetros y coques de petróleo;
- 15 d. entre un 2,5 y un 3,5% en peso de un ignífugo bromado dispersado en la matriz polimérica termoplástica, donde el ignífugo bromado se selecciona de hexabromociclododecano (HBCD), poliestireno bromado, butadieno bromado y copolímeros de estireno y butadieno bromado; y
- e. al menos un 0,1% en peso de estabilizador epoxi disperse en la matriz polimérica;
- 20 donde todos los porcentajes en peso son relativos al peso total del componente polimérico, donde al menos un 50% en peso del componente polimérico es un polímero aromático de alqueno y donde la espuma polimérica resultante se caracteriza por tener una densidad entre 30 y 37 kilogramos por metro cúbico, una distribución de tamaño de célula unimodal con un tamaño de célula promedio en un intervalo de más de 0,15 y 0,4 milímetros o menos, una conductividad térmica en un intervalo de 28 a 35 miliwatts por metro*Kelvin y que pasa el ensayo de combustión B2 alemán.
- 25 **2.** El proceso de la reivindicación 1, donde el agente atenuante de infrarrojo comprende al menos un 2% en peso de coques de petróleo, más que un 2% en peso de negro carbón o ambos.
- 3.** El proceso de la reivindicación 1, donde el polímero aromático de alqueno es homopolímero de poliestireno.
- 4.** El proceso de la reivindicación 1, donde la composición del agente espumante comprende isobutano en una concentración entre un 0,5 y un 1,5% en peso sobre la base del peso total del componente polimérico.
- 30 **5.** El proceso de la reivindicación 1, donde el estabilizador epoxi es novolac cresol epoxi.
- 6.** Una espuma polimérica que comprende:
- a. una matriz polimérica termoplástica que comprende un componente polimérico que contiene todos los polímeros en la matriz polimérica termoplástica y que tiene células allí dispersas;
- 35 b. un 2% en peso o más y un 5% en peso o menos de un agente atenuante de infrarrojo disperse en la matriz polimérica termoplástica, el agente atenuante de infrarrojo se selecciona del grupo que consiste de negro carbón que tiene una granulometría promedio de 100 a 700 nanómetros y coques de petróleo;
- c. entre un 2,5 y un 3,5% en peso de un ignífugo bromado disperse en la matriz polimérica termoplástica, donde el ignífugo bromado se selecciona de hexabromociclododecano (HBCD), poliestireno bromado, butadieno bromado y copolímeros de estireno y butadieno; y
- 40 d. al menos un 0,1% en peso de estabilizador epoxi disperso en la matriz polimérica;
- 45 donde las partes en peso se relacionan con el peso total del componente polimérico, donde el componente polimérico es al menos un 50% en peso polímero aromático de alqueno y donde la espuma polimérica se caracteriza por tener una densidad entre 30 y 37 kilogramos por metro cúbico, una distribución de tamaño de célula unimodal con un tamaño de célula promedio entre 0,1 y 0,4 milímetros, una conductividad térmica entre 28 y 35 miliwatts por metro*Kelvin y que pasa el ensayo de combustión alemán B2.
- 7.** La espuma polimérica de la reivindicación 6, donde el agente atenuante de infrarrojo comprende al menos un 2% en peso de coques de petróleo, más que un 2% en peso de negro carbón o ambos.
- 8.** La espuma polimérica de la reivindicación 6, donde el polímero aromático de alqueno es homopolímero de poliestireno.

9. La espuma polimérica de la reivindicación 6, donde el estabilizador epoxi es novolac cresol epoxi.
10. La espuma polimérica de la reivindicación 6, donde la espuma polimérica tiene una superficie primaria y un 98% o más de una porción de 200 centímetros cúbicos de la superficie primaria que se centra en la superficie primaria de la espuma polimérica y se extiende a un 80% del ancho de la espuma está libre de defectos.