

“MÉTODO DE FABRICACIÓN DE COPOLÍMERO ESTIRÉNICO ESPUMADO”

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

[0001] Esta solicitud reivindica prioridad a los EE. UU. Solicitud de patente N° de serie 17/743.957 titulada "Composiciones de poliestireno de alta resistencia al fundido y métodos de fabricación y uso del mismo" y presentada el 13 de mayo de 2022, que se incorpora aquí por referencia en su totalidad para todos los efectos.

DECLARACIÓN SOBRE EL PATROCINIO FEDERAL

INVESTIGACIÓN O DESARROLLO

[0002] No aplicable.

ANTECEDENTES

CAMPO TÉCNICO

[0003] Esta divulgación se refiere generalmente a las composiciones de poliestireno. Más específicamente, esta divulgación se refiere a composiciones de poliestireno espumado que tienen densidades de espuma más bajas y una calidad de superficie mejorada.

ANTECEDENTES DE LA TECNOLOGÍA

[0004] Las composiciones de poliestireno, por ejemplo, las composiciones de poliestireno espumado, son útiles en una variedad de aplicaciones. El poliestireno espumado ofrece las ventajas de un bajo costo y excelentes propiedades físicas, como alta resistencia estructural y baja densidad. Las espumas de poliestireno extruido (XPS) producidas con agentes espumantes de hidrocarburos se utilizan comúnmente para fabricar una amplia gama de artículos, como envases de espuma desechables (bandejas de carne, conchas de almejas, etc.).

BREVE RESUMEN

[0005] En este documento se divulga un método para fabricar un copolímero estirénico espumado que comprende la reacción del copolímero estirénico con un ionómero para formar una composición; y

poner en contacto un agente espumante con la composición para formar el polímero estirénico espumado.

[0006] También se divulga aquí un artículo formado por una composición que comprende un copolímero estirénico, un ionómero y un agente espumante.

[0007] También se divulga en este documento un poliestireno espumado que comprende (i) un copolímero estirénico (ii) un ionómero; y (iii) un agente de soplado en el que el ionómero está presente en una cantidad de aproximadamente 500 ppm a aproximadamente 2500 ppm; en el que el agente de soplado está presente en una cantidad de aproximadamente 1% a aproximadamente 10% y donde el poliestireno espumado tiene una densidad de aproximadamente 0,040 g/cc a aproximadamente 0,100 g/cc.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0008] La Figura 1 es un gráfico que ilustra resistencia al fundido de las muestras del Ejemplo 1.

[0009] La Figura 2 es un gráfico que ilustra la densidad en función de la concentración del agente espumante para las muestras del Ejemplo 2.

[0010] La Figura 3 es una fotografía de los defectos superficiales formados en las muestras del Ejemplo 3.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0011] Como se señaló anteriormente, las espumas XPS se utilizan para fabricar una amplia gama de productos. Muchos fabricantes buscan reducir la densidad de sus productos finales (peso ligero) para disminuir el costo de la resina, el envío o los impuestos. Los productos manufacturados de XPS a menudo se producen en un proceso de termoformado utilizando rollos de lámina de poliestireno o se extruyen directamente en tableros que son propensos a la corrugación de la superficie. La corrugación de espuma crea defectos en la superficie que

pueden aumentar el reciclaje, los residuos, las quejas de los clientes y los costos para los fabricantes. En consecuencia, existe la necesidad de composiciones de poliestireno espumado capaces de proporcionar artículos finales de menor densidad con una menor ocurrencia de defectos superficiales.

[0012] En este documento se revelan composiciones de poliestireno espumado que tienen una resistencia mejorada al fundido y métodos para fabricar y usar las mismas. En un aspecto, la composición polimérica comprende un copolímero estirénico y un ionómero. Tales composiciones pueden producir un poliestireno espumado que muestra una mayor resistencia al fundido y se caracteriza por la formación de espumas de poliestireno de menor densidad. Estas composiciones que se hayan preparado como se describe en este documento, se denominarán composiciones de poliestireno con mayor resistencia al fundido (PSIMS).

[0013] En un aspecto, el PSIMS comprende un estireno, en el que el estireno puede ser un homopolímero u, opcionalmente, puede comprender uno o más comonómeros. El estireno, también conocido como vinilbenceno, etilenilbenceno y feniletano, es un compuesto orgánico representado por la fórmula química C_8H_8 . El estireno está ampliamente disponible comercialmente y, tal como se usa en este documento, el término estireno incluye una variedad de estirenos sustituidos (por ejemplo, alfa-metilestireno), estirenos sustituidos en anillo como el p-metilestireno, estirenos disustituidos como el estireno p-t-butilo, así como estirenos no sustituidos.

[0014] En un aspecto, el estireno está presente en el PSIMS en una cantidad de aproximadamente 95 % en peso a aproximadamente 99,99 % en peso (peso porcentual), alternativamente de aproximadamente 96 % en peso a aproximadamente 99,99 % en peso o alternativamente de aproximadamente 97 % en peso a aproximadamente 99,99 % en peso.

Aquí, el porcentaje de peso se basa en el peso total de la composición. En un aspecto, el estireno comprende el equilibrio del PSIMS cuando se consideran otros ingredientes.

[0015] En algunos aspectos, el polímero estirénico comprende además un comonomero, que cuando se polimeriza con el estireno forma un copolímero estirénico. Ejemplos de tales comonomeros pueden incluir, por ejemplo, y sin limitación: α -metilestireno; estirenos halogenados; estirenos alquilados; acrilonitrilo; ésteres de ácido (meta)acrílico con alcoholes que tienen de 1 a 8 carbonos; compuestos N-vinilo como vinilcarbazol, anhídrido maleico; compuestos que contienen dos dobles enlaces polimerizables, como, por ejemplo, y sin limitación, divinilbenceno o diacrilato de butanodiol; o combinaciones de los mismos. El comonomero puede estar presente en una cantidad efectiva para impartir una o más propiedades deseadas por el usuario a la composición. Tales cantidades efectivas pueden ser determinadas por una persona con habilidad ordinaria en el arte. Por ejemplo, el comonomero puede estar presente en el copolímero estirénico en una cantidad que oscila entre aproximadamente 0,05 % en peso y aproximadamente 5 % en peso, alternativamente entre aproximadamente 0,5 % en peso y aproximadamente 5 % en peso, o alternativamente entre aproximadamente 1 % en peso y aproximadamente 5 % en peso.

[0016] En algunos aspectos, el copolímero estirénico comprende además un elastómero, y la composición resultante puede ser una composición de alto impacto (HIC). Dichos HIC contienen una fase elastomérica que está incrustada en la matriz de poliestireno, lo que hace que la composición tenga una mayor resistencia al impacto. En un aspecto, la composición del copolímero estirénico es un HIC que comprende un monómero de dieno conjugado como elastómero. Ejemplos no limitativos de monómeros de dieno conjugados adecuados

para su uso en la presente divulgación incluyen, sin limitación, 1,3-butadieno, 2-metil-1,3-butadieno, 2-cloro-1,3-butadieno, 2-metil-1,3-butadieno y 2-cloro-1,3-butadieno. Alternativamente, el HIC comprende un monómero de dieno conjugado alifático como elastómero. Sin limitación, los ejemplos de monómeros de dieno conjugados alifáticos adecuados para su uso en la presente divulgación incluyen dienos C₄ a C₉, como los monómeros de butadieno. También se pueden utilizar mezclas o copolímeros de los monómeros de dieno. El elastómero puede estar presente en cantidades efectivas para producir una o más propiedades deseadas por el usuario. Tales cantidades efectivas pueden ser determinadas por una persona con habilidad ordinaria en el arte.

[0017] En un aspecto, el PSIMS comprende un ionómero que funciona para facilitar la incorporación de un agente espumante a la composición. En un aspecto, el ionómero es una sal de acrilato metálico. Ejemplos no limitativos de ionómeros adecuados para su uso en la presente divulgación incluyen dimetacrilato de zinc, metacrilato de estearilo, hidroxietilmetacrilato o una combinación de los mismos. En un aspecto, el ionómero comprende dimetacrilato de zinc. El ionómero puede estar presente en el PSIMS en una cantidad de aproximadamente 500 ppm a aproximadamente 2500 ppm, alternativamente de aproximadamente 500 ppm a aproximadamente 2000 ppm o alternativamente de aproximadamente 1000 ppm a aproximadamente 2000 ppm.

[0018] En un aspecto, un proceso para la producción del PSMIS comprende poner en contacto el monómero estirénico, un comonómero opcional y un ionómero con al menos un iniciador. Se puede emplear cualquier iniciador capaz de formar radicales libres que facilite la polimerización del estireno. Tales iniciadores son bien conocidos en el arte e incluyen, a modo de ejemplo y sin limitación, peróxidos orgánicos.

Ejemplos de peróxidos orgánicos útiles para el inicio de la polimerización incluyen, entre otros, peróxidos de diacil, peroxidicarbonatos, monoperoxicarbonatos, peroxicetales, peroxiésteres, peróxidos de dialquilo, hidroperóxidos o combinaciones de los mismos. La selección del iniciador y la cantidad efectiva dependerá de numerosos factores (por ejemplo, temperatura, tiempo de reacción) y puede ser elegida por un experto en la materia para satisfacer las necesidades deseadas del proceso. Los iniciadores de polimerización y sus cantidades efectivas se han descrito en EE. UU. Patentes Nros. 6.822.046; 4.861.127; 5.559.162; 4.433.099 y 7.179.873, cada uno de los cuales se incorpora al presente documento como referencia en su totalidad a todos los efectos.

[0019] En un aspecto, la reacción de polimerización para formar el PSMIS puede llevarse a cabo en un proceso de polimerización en solución o en masa. La polimerización en masa, también conocida como polimerización a granel, se refiere a la polimerización de un monómero en ausencia de cualquier medio que no sea el monómero y un catalizador o iniciador de polimerización. La polimerización en solución se refiere a un proceso de polimerización en el que los monómeros y los iniciadores de polimerización se disuelven en un solvente líquido no monomérico al comienzo de la reacción de polimerización. El líquido suele ser también un disolvente para el polímero o copolímero resultante.

[0020] El proceso de polimerización puede ser por lotes o continuo. En un aspecto, la reacción de polimerización puede llevarse a cabo utilizando un proceso de producción continuo en un aparato de polimerización que comprende un solo reactor o una pluralidad de reactores. Por ejemplo, la composición polimérica se puede preparar utilizando un reactor de flujo ascendente. Los reactores y las condiciones para la producción de una composición polimérica se

divulgan en EE. UU. Pat. N° 4.777.210, que se incorpora al presente documento por referencia en su totalidad para todos los efectos.

[0021] Los rangos de temperatura útiles para la producción del PSIMS se pueden seleccionar para que sean consistentes con las características operativas del equipo utilizado para realizar la polimerización. En un aspecto, el rango de temperatura para la polimerización puede ser de 90 °C a 240 °C. En otro aspecto, el rango de temperatura para la polimerización puede ser de 100 °C a 180 °C. En otro aspecto, la reacción de polimerización puede llevarse a cabo en una pluralidad de reactores, cada uno de los cuales tiene un rango de temperatura óptimo. Por ejemplo, la reacción de polimerización puede llevarse a cabo en un sistema de reactor que emplea un primer y segundo reactor de polimerización que son reactores de tanque de agitación continua (CSTR) o reactores de flujo pistón. En un aspecto, un reactor de polimerización para la producción de un PSIMS comprende una pluralidad de reactores que pueden tener el primer reactor (por ejemplo, un CSTR), también conocido como reactor de prepolimerización, operado en el rango de temperatura de 90 °C a 135 °C, mientras que el segundo reactor (por ejemplo, CSTR o flujo de tapón) puede funcionar en el rango de 100 °C a 165 °C.

[0022] El efluente del producto polimerizado del primer reactor puede denominarse en el presente documento prepolímero. Cuando el prepolímero alcanza la conversión deseada, puede pasar a través de un dispositivo de calentamiento a un segundo reactor para una mayor polimerización. El efluente del producto polimerizado del segundo reactor puede ser procesado posteriormente, como es conocido por alguien con habilidad ordinaria en la técnica y descrito en detalle en la literatura. Una vez finalizada la reacción de polimerización, se recupera un PSIMS y posteriormente se procesa, por ejemplo, desvolatizado, peletizado, etc.

[0023] En un aspecto, el PSIMS también puede comprender aditivos que se consideren necesarios para impartir las propiedades físicas deseadas, como un mayor brillo o color. Ejemplos de aditivos incluyen, entre otros, agentes de transferencia de cadena, talco, antioxidantes, estabilizadores UV, lubricantes, aceite mineral, plastificantes y similares. Los aditivos antes mencionados pueden usarse individualmente o en combinación para formar varias formulaciones de la composición. Por ejemplo, se pueden emplear estabilizadores o agentes de estabilización para ayudar a proteger la composición polimérica de la degradación debida a la exposición a temperaturas excesivas y/o luz ultravioleta. Estos aditivos pueden incluirse en cantidades efectivas para impartir las propiedades deseadas. Las cantidades efectivas de aditivos y los procesos para la inclusión de estos aditivos en composiciones poliméricas son conocidos por un experto en la materia. Por ejemplo, se pueden agregar uno o más aditivos después de la recuperación del PSIMS, por ejemplo, durante la composición como la peletización. Alternativamente, dichos aditivos pueden añadirse durante la formación del PSIMS o a uno o más otros componentes del PSIMS.

[0024] En un aspecto, el PSIMS comprende un agente de soplado. Aquí, un agente espumante se refiere a una sustancia que es capaz de producir una estructura celular a través de un proceso de formación de espuma en una variedad de materiales que se someten a endurecimiento o transición de fase, como polímeros, plásticos y metales. En un aspecto, un agente espumante adecuado para su uso en la presente divulgación comprende nitrógeno, dióxido de carbono, agua, aire, pentano, hexano, dicloroetano, isobutano o una combinación de estos. El agente espumante puede entrar en contacto con el PSIMS en una cantidad que oscila entre el 1% y el 10% aproximadamente,

alternativamente entre el 2% y el 6% o entre el 3% y el 4% aproximadamente.

[0025] En un aspecto, el PSIMS entra en contacto con el agente de soplado y se mezclan completamente los componentes, por ejemplo, mediante composición o extrusión. En un aspecto, el copolímero estirénico se plastifica o se funde calentándolo en una extrusora y se contacta y se mezcla completamente con el agente espumante (por ejemplo, isobutano) a una temperatura que oscila entre aproximadamente 315 °F y aproximadamente 460 °F, alternativamente entre 155 °F y 460 °F o alternativamente entre 155 °F y aproximadamente 240 °F.

[0026] Alternativamente, el copolímero estirénico puede entrar en contacto con el agente espumante antes de la introducción de la mezcla en la extrusora (por ejemplo, mediante una mezcla a granel), durante la introducción del copolímero estirénico en una extrusora, o combinaciones de los mismos.

[0027] En un aspecto, la composición espumada de PSIMS puede pasar a través de una zona de relajación, en la última etapa de la extrusora antes de ser introducida en la matriz, en la que se enfría. El PSIMS puede enfriarse desde una temperatura que oscila entre 150 °C y 210 °C hasta una temperatura que oscila entre 40 °C y 100 °C con agitación continua antes de ser extruido a través de una matriz. Los métodos para preparar una composición de poliestireno espumado se describen en EE.UU. Patentes Nros. 5,006.566 y 6.387.968, cada una de los cuales se incorpora al presente documento como referencia en su totalidad para todos los propósitos.

[0028] Sin querer limitarnos por la teoría, la presencia de un ionómero (por ejemplo, ZDMA) en las cadenas de poliestireno del PSIMS mejora la resistencia del polímero fundido que forma la pared celular de las espumas. Por lo tanto, se retiene más agente espumante

en la masa fundida durante la expansión del agente espumante, lo que resulta en una reducción del colapso celular.

[0029] En un aspecto, el PSIMS puede caracterizarse por una mayor resistencia a la fusión. Por ejemplo, un PSIMS puede mostrar una resistencia a la fusión en el rango de aproximadamente 0,035 N a aproximadamente 0,048 N, alternativamente de aproximadamente 0,038 N a aproximadamente 0,045 N, o alternativamente de aproximadamente 0,039 N a aproximadamente 0,041 N.

[0030] En un aspecto, el PSIMS puede caracterizarse por un índice de flujo de fusión comparable a una composición de copolímero estirénico similar que carece de ionómero en las cantidades divulgadas en este documento. Por ejemplo, el PSIMS puede tener un índice de flujo de fusión que varía entre aproximadamente 1,0 g/10 min y aproximadamente 5,0 g/10 min, alternativamente desde aproximadamente 1,2 g/10 min hasta aproximadamente 3,0 g/10 min o, alternativamente, desde aproximadamente 1,5 g/10 min hasta aproximadamente 1,8 g/10 min, según se determine de acuerdo con ASTM D-1238.

[0031] En un aspecto, el PSIMS puede caracterizarse por una densidad reducida. Por ejemplo, el PSIMS puede tener una densidad de aproximadamente 0,040 g/cc a aproximadamente 0,100 g/cc, alternativamente de aproximadamente 0,045 g/cc a aproximadamente 0,090 g/cc o alternativamente de aproximadamente 0,050 g/cc a aproximadamente 0,080 g/cc.

[0032] El PSIMS de esta divulgación puede convertirse en artículos por cualquier método adecuado. Los artículos pueden producirse casi simultáneamente con la mezcla y/o formación de espuma del PSIMS (por ejemplo, en una línea de proceso secuencial e integrada) o pueden producirse después de la mezcla y/o formación de espuma del PSIMS (por ejemplo, en una línea de proceso separada, como una línea de

composición de uso final y/o termoformado). En un aspecto, el PSIMS se mezcla y se espuma mediante extrusión o composición, como se describe en este documento, y el PSIMS fundido se alimenta a un proceso de conformación (por ejemplo, molde, troquel, barra de colocación, etc.) donde se da forma al PSIMS. La formación de espuma en el PSIMS puede ocurrir antes, durante o después de la conformación.

[0033] En un aspecto, el PSIMS fundido se inyecta en un molde, donde el PSIMS se somete a formación de espuma y llena el molde para formar un artículo con forma. En un aspecto, el PSIMS se forma en una lámina, que luego se somete a otros pasos de procesamiento, como el termoformado, para producir un artículo. Ejemplos de artículos en los que se puede formar el PSIMS incluyen el envasado de alimentos; suministros de oficina; madera plástica o madera de reemplazo; terrazas para patios; soportes estructurales; composiciones de pisos laminados; sustrato de espuma polimérica y superficies decorativas como molduras de corona; materiales exteriores resistentes a la intemperie; letreros y exhibidores en los puntos de venta; artículos para el hogar y bienes de consumo; aislamiento de edificios; envases de cosméticos; materiales de reemplazo para exteriores; y así sucesivamente. Los artículos adicionales serían evidentes para quienes tienen experiencia en el área.

[0034] Los PSIMS de la presente divulgación proporcionan ventajosamente una mayor incorporación de agente de soplado en un copolímero estirénico que da como resultado un polímero espumado de densidad reducida. Por ejemplo, un PSIMS de la presente divulgación es un poliestireno espumado que comprende (i) un copolímero estirénico, (ii) un ionómero; y (iii) un agente de soplado en el que el ionómero está presente en una cantidad de aproximadamente 500 ppm a aproximadamente 2500 ppm; en el que el agente de soplado está presente en una cantidad de aproximadamente 1% a aproximadamente 10% y donde el poliestireno espumado tiene una densidad de

aproximadamente 0,040 g/cc a aproximadamente 0,100 g/cc. En un aspecto alternativo, el ionómero está presente en una cantidad de aproximadamente 500 ppm a aproximadamente 2500 ppm; donde el agente espumante está presente en una cantidad de aproximadamente 5% a aproximadamente 6% y el poliestireno espumado tiene una densidad de menos de aproximadamente 0,100 g/cc.

EJEMPLOS

[0035] Una vez descritos los aspectos en general, se presentan los siguientes ejemplos como aspectos particulares de la divulgación y para demostrar la práctica y las ventajas de la misma. Se entiende que los ejemplos se dan a título ilustrativo y no pretenden limitar la especificación de las reivindicaciones de ninguna manera.

EJEMPLO 1

[0036] Se investigó el caudal de fusión de un PSIMS del tipo descrito en este documento. Específicamente, un poliestireno que contiene dimetacrilato de zinc, designado como muestra 595T, mostró un índice de fluidez comparable a una composición de poliestireno de control, designada como muestra 585. Se determinó que ambas muestras tenían un índice de fluidez de 1,6 g/10 min de acuerdo con ASTM D-1238.

[0037] La resistencia a la fusión de la muestra 595T se comparó con la de una composición de poliestireno control, designada muestra 585. Ambas muestras se espumaron utilizando isobutano como agente espumante y talco al 0,5% en peso como nucleador. Las temperaturas de la extrusora secundaria se ajustaron para mantener una presión del cabezal de la matriz entre 1100 psi y 1200 psi. Se utilizó el troquel de varilla de 5 mm. Se utilizó una bomba de engranajes para mantener un rendimiento de aproximadamente 6,5 lb/h. La Figura 1 muestra los resultados del análisis de resistencia a la fusión.

EJEMPLO 2

[0038] Se investigó la capacidad de formar composiciones de poliestireno de menor densidad utilizando el PSIMS de la presente divulgación. Específicamente, se prepararon muestras espumadas de la composición 595T utilizando entre un 4% y un 6,2% de agente espumante de isobutano y se compararon con una composición 585 que también contenía entre un 4% y un 6,2% de agente espumante de isobutano. Los resultados se presentan en la Figura 2. La muestra 595T mostró densidades más bajas a concentraciones más altas de isobutano (4 - 6,2%). El PSIMS, muestra 595T, exhibió densidades de espuma que fueron aproximadamente un 11% más bajas que las densidades de espuma de la muestra de control 585 cuando la cantidad de agente espumante, isobutano, osciló entre 3.5% y 6.2% de isobutano.

EJEMPLO 3

[0039] Se investigó la capacidad de las composiciones poliestirénicas que utilizan el PSIMS de la presente divulgación para formar artículos con menos defectos superficiales. El efecto sobre la corrugación de la superficie se evaluó agregando la muestra 595T a una línea de espuma a escala de laboratorio detrás de la muestra 585, mientras se mantenían las mismas condiciones de procesamiento y una concentración de agente espumante de 5% de isobutano. Una vez que las condiciones de procesamiento se estabilizaron y se estaba produciendo una espuma 595T, se recolectó una muestra. La muestra 595T mostró mejoras en la corrugación de la superficie en comparación con la muestra de control 585. En general, la muestra 595T exhibió una superficie mucho más lisa que contenía menos crestas superficiales. Las espumas se muestran en la Figura 3.

DIVULGACIÓN ADICIONAL

[0040] Los siguientes aspectos enumerados de las presentes divulgaciones se proporcionan como ejemplos no limitativos.

[0041] Un primer aspecto que es un método de fabricación de copolímero estirénico espumado que comprende hacer reaccionar el copolímero estirénico con un ionómero para formar una composición; y Ponerse en contacto con un agente espumante con la composición para formar el polímero estirénico espumado.

[0042] Un segundo aspecto que es el método del primer aspecto en el que la reacción ocurre durante la extrusión.

[0043] Un tercer aspecto, que es el método de cualquiera de los aspectos primero a segundo, en el que el copolímero estirénico comprende estireno, estireno sustituido en el anillo, estireno disustituido, estireno no sustituido o una combinación de estos.

[0044] Un cuarto aspecto que es el método de cualquiera de los aspectos primero a tercero en el que el copolímero estirénico comprende alfa-metilestireno, p-metilestireno, p-t-butil estireno, o una combinación de los mismos.

[0045] Un quinto aspecto, que es el método de cualquiera de los aspectos primero a cuarto, en el que el copolímero estirénico comprende además un comonómero.

[0046] Un sexto aspecto que es el método del quinto aspecto en el que el comonómero comprende α -metilestireno; estirenos halogenados; estirenos alquilados; acrilonitrilo; ésteres de ácido (meta)acrílico con alcoholes de 1 a 8 carbonos; vinilcarbazol, anhídrido maleico; divinilbenceno; diacrilato de butanodiol; o una combinación de los mismos.

[0047] Un séptimo aspecto, que es el método de cualquiera de los aspectos primero a sexto, en el que el copolímero estirénico comprende además un elastómero.

[0048] Un octavo aspecto que es el método del séptimo aspecto en el que el elastómero comprende un monómero de dieno, un monómero de dieno conjugado alifático o una combinación de ambos.

[0049] Un noveno aspecto que es el método del séptimo aspecto en el que el elastómero comprende 1,3-butadieno, 2-metil-1,3-butadieno, 2-cloro-1,3-butadieno, 2-metil-1,3-butadieno, 2-cloro-1,3-butadieno, o una combinación de los mismos.

[0050] Un décimo aspecto que es el método del séptimo aspecto en el que el copolímero estirénico es un poliestireno de alto impacto.

[0051] Un undécimo aspecto, que es el método de cualquiera de los aspectos primero a décimo, en el que el copolímero estirénico está presente en una cantidad de aproximadamente 95 % en peso a aproximadamente 99 % en peso según el peso total de la composición.

[0052] Un duodécimo aspecto que es el método de cualquiera de los primeros a undécimo aspectos en el que el ionómero comprende una sal de acrilato metálica.

[0053] Un decimotercer aspecto que es el método del duodécimo aspecto en el que la sal de acrilato metálico comprende dimetacrilato de zinc, metacrilato de estearilo, hidroxietilmetacrilato o una combinación de estos.

[0054] Un decimocuarto aspecto, que es el método de cualquiera de los aspectos del primero al decimotercero, en el que el ionómero comprende dimetacrilato de zinc.

[0055] Un decimoquinto aspecto, que es el método de cualquiera de los aspectos primero a decimocuarto, en el que el ionómero está presente en una cantidad de aproximadamente 500 ppm a aproximadamente 2500 ppm según el peso total de la composición.

[0056] Un decimosexto aspecto, que es el método de cualquiera de los aspectos primero a decimoquinto, en el que la composición tiene una resistencia a la fusión que oscila entre aproximadamente 0,035 N y aproximadamente 0,048 N.

[0057] Un decimoséptimo aspecto, que es el método de cualquiera de los aspectos primero a decimosexto, en el que la composición tiene

un índice de flujo de fusión de aproximadamente 1 g/10 min a aproximadamente 5 g/10 min.

[0058] Un decimoctavo aspecto, que es el método de cualquiera de los aspectos del primero al decimoséptimo, en el que la composición tiene una densidad de aproximadamente 0,04 g/cc a aproximadamente 0,08 g/cc.

[0059] Un decimonoveno aspecto que es el método de cualquiera de los aspectos primero a decimoctavo en el que el agente espumante comprende nitrógeno, dióxido de carbono, agua, aire, pentano, hexano, dicloroetano, isobutano o una combinación de los mismos.

[0060] Un vigésimo aspecto que es un artículo formado a partir de una composición que comprende un copolímero estirénico, un ionómero y un agente espumante.

[0061] Si bien se han mostrado y descrito varios aspectos, las modificaciones de los mismos pueden ser realizadas por un experto en el arte sin apartarse del espíritu y las enseñanzas de la divulgación. Los aspectos descritos en este documento son solo ejemplos y no pretenden ser limitantes. Muchas variaciones y modificaciones de los aspectos divulgados en este documento son posibles y están dentro del alcance de la divulgación. Cuando los rangos o limitaciones numéricas se indiquen expresamente, se debe entender que dichos rangos o limitaciones expresas incluyen rangos iterativos o limitaciones de magnitud similar que se encuentran dentro de los rangos o limitaciones expresamente establecidos (por ejemplo, de aproximadamente 1 a aproximadamente 10 incluye 2, 3, 4, etc.; mayor que 0,10 incluye 0,11, 0,12, 0,13, etc.). El uso del término "opcionalmente" con respecto a cualquier elemento de una reclamación tiene por objeto significar que el elemento en cuestión es obligatorio o, alternativamente, no es obligatorio. Ambas alternativas están destinadas a estar dentro del alcance de la reclamación. El uso de términos más amplios, como

comprende, incluye, teniendo, etc., debe entenderse en el sentido de que proporciona apoyo a términos más restringidos, como que consiste en, que consiste esencialmente en, que comprende sustancialmente de, etc.

[0062] Por consiguiente, el alcance de la protección no está limitado por la descripción antes expuesta, sino únicamente por las reivindicaciones que siguen, que incluyen todos los equivalentes del objeto de las reivindicaciones. Todas y cada una de las reivindicaciones se incorporan a la especificación como un aspecto de la presente divulgación. Por lo tanto, las reclamaciones son una descripción adicional y son una adición a los aspectos divulgados en este documento. La discusión de una referencia en este documento no es una admisión de que es un estado de la técnica anterior a la presente divulgación, especialmente cualquier referencia que pueda tener una fecha de publicación posterior a la fecha de prioridad de esta solicitud. Las divulgaciones de todas las patentes, solicitudes de patentes y publicaciones citadas en este documento se incorporan por referencia, en la medida en que proporcionen detalles ejemplares, de procedimiento u otros detalles complementarios a los establecidos en este documento.