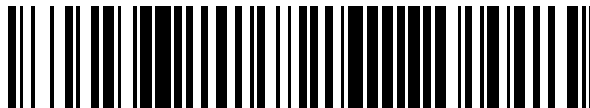


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 911 007**

51 Int. Cl.:

B29C 44/24 (2006.01)

B29C 35/08 (2006.01)

B29C 48/00 (2009.01)

B29C 48/21 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2018 E 18180821 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.01.2022 EP 3421213**

54 Título: **Método para fabricar estructuras de espuma de poliolefina multicapa reticulada coextruida a partir de material de espuma de poliolefina reticulada reciclada**

30 Prioridad:

29.06.2017 US 201715637723

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

17.05.2022

73 Titular/es:

**TORAY PLASTICS (AMERICA), INC. (100.0%)
50 Belver Avenue
North Kingstown, Rhode Island 02852-7500, US**

72 Inventor/es:

**BALDWIN, JESSE JUDE;
BEN-DAAT, BEN;
BOCK, KAITLYN MICHELLE;
SIERADZKI, PAWEL y
BISHOP, KENNETH WINSTON**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 911 007 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

Método para fabricar estructuras de espuma de poliolefina multicapa reticulada coextruida a partir de material de espuma de poliolefina reticulada reciclada

Campo de la divulgación

- 5 Esta divulgación se refiere a estructuras de espuma de poliolefina multicapa. Más particularmente, esta divulgación se refiere a estructuras de espuma multicapa de poliolefina reticulada coextruida que incluyen material de espuma de poliolefina reciclada.

Antecedentes

- 10 Durante las últimas tres décadas, las empresas manufactureras han tenido éxito en el reciclaje de muchos tipos de desechos: periódicos, cartón, aluminio, acero, vidrio, diversos plásticos, películas, espumas, etc. En el caso de los plásticos, hay ciertos tipos de desechos plásticos que no se reciclan fácilmente en nuevos productos comercialmente viables. Uno de estos tipos de desechos es la espuma de poliolefina reticulada.

- 15 Actualmente, existen varios métodos y sistemas para recuperar y reciclar espumas, incluidas las espumas de olefina reticulada. Sin embargo, surgen diversos problemas cuando se utiliza material reciclado en el proceso de fabricación. El documento US 2016/0185080 A1 describe la reutilización de espuma de poliolefina de desecho en una capa coextruida, en el que dicha espuma de poliolefina ha sido pulverizada criogénicamente para poder reutilizarla, mientras que la presente invención tal como se define en las reivindicaciones aprovecha un método alternativo y menos costoso que comprende la trituración la espuma de poliolefina, seguida de la aglomeración de dicha espuma triturada, y luego la granulación de dicha espuma aglomerada para su reutilización en una capa coextruida como se define en la reivindicación 1.
- 20

Compendio

- 25 La invención se expone en las reivindicaciones adjuntas. Las realizaciones de la descripción que no caen dentro del alcance de dichas reivindicaciones se proporcionan únicamente con fines ilustrativos y no forman parte de la presente invención. Los solicitantes han descubierto que el uso de material de espuma de poliolefina reticulada reciclada para crear nuevas estructuras de espuma puede provocar variaciones superficiales no deseadas en la espuma. Estas variaciones superficiales no deseadas pueden incluir rugosidad superficial no deseada, suavidad superficial no deseada, firmeza superficial no deseada, energía superficial no deseada e incompatibilidad adhesiva superficial no deseada, entre otras. En ciertas aplicaciones comerciales, como en la industria de acabados interiores de automóviles, las propiedades superficiales de la espuma son críticas. Cuando se utilizan para molduras interiores de automóviles, los laminadores normalmente laminan una película, tela, capa de fibra o cuero a la espuma. El laminado de espuma se puede termoformar típicamente sobre un sustrato compuesto de polipropileno duro, ABS o fibra de madera. Para que la formación del laminado de espuma y/o la formación termoformada del laminado de espuma tengan éxito, las superficies de la espuma deben ser consistentes. Las variaciones en las superficies de espuma pueden afectar negativamente la resistencia y la calidad de la laminación.
- 30

- 35 Un ejemplo de características superficiales indeseables se ilustra en las FIGS. 1A y 1B. Las espumas de las FIGS. 1A y 1B contienen 8% de partes por cien partes de resina ("PPHR") de espuma mezclada de polipropileno/polietileno reticulado con desechos de fábrica triturados. Como se muestra en las FIGS. 1A y 1B, las manchas oscuras y los "geles" pueden verse como espuma reciclada de color negro que no se ha descompuesto, dispersado ni reincorporado completamente en estas láminas de espuma. Estas manchas y "geles" pueden causar problemas a un laminador que une una película, tela, capa de fibra o cuero a estas espumas. Específicamente, la adhesión al "gel" puede ser más pobre y puede deslaminarse durante una operación secundaria como el termoformado, provocando un defecto visible similar a una ampolla en la película, tela, capa de fibra o cuero.
- 40

- 45 Los solicitantes han descubierto métodos para producir estructuras de espuma multicapa coextruidas que incluyen una capa o capas superficiales de espuma derivadas de material de poliolefina virgen (no reciclado) y una capa o capas interiores de espuma derivadas de uno o más materiales de espuma de poliolefina reticulada reciclada. Además, estas estructuras de espuma pueden incluir la o las capas de espuma reciclada intercalada o enterrada entre dos capas de espuma no reciclada. En consecuencia, estas estructuras de espuma multicapa pueden permitir que los fabricantes continúen utilizando material de espuma de poliolefina reticulada reciclada para crear productos de menor costo y más ecológicos que pueden funcionar con los mismos estándares que las estructuras de espuma hechas completamente de material no reciclado.
- 50

- 55 Se describen métodos para hacer estas estructuras. Más particularmente, se describen formulaciones de estructuras de espuma multicapa continua coextruida, físicamente reticulada, con una morfología de celda cerrada. Estas formulaciones pueden utilizar material de espuma de poliolefina reticulada reciclada e incorporarlo en una capa. Como se indica en el presente documento, una "estructura" incluye, pero no se limita a, capas, películas, redes, láminas u otras estructuras similares.

La invención se define en las reivindicaciones y se refiere a métodos para formar una estructura multicapa que incluye

5 triturar una espuma de poliolefina, aglomerar la espuma triturada, granular la espuma aglomerada para formar un material de espuma de poliolefina reticulada reciclada; y coextruir una primera capa y una segunda capa en un lado de la primera capa. La primera capa incluye polipropileno, polietileno o una combinación de polipropileno y polietileno y un primer agente espumante químico y la segunda capa incluye 2,5-25% en peso del material de espuma de poliolefina reticulada reciclada, 75-97,5% en peso de polipropileno, polietileno o un combinación de polipropileno y polietileno, y un segundo agente espumante químico. En algunas realizaciones, los gránulos del material de espuma de poliolefina reticulada reciclada tienen una anchura de 3-7 mm. En algunas realizaciones, los gránulos del material de espuma de poliolefina reticulada reciclada se pulverizan mecánicamente, en el que las partículas del material de espuma de poliolefina reticulada, reciclada, pulverizada mecánicamente tienen una anchura de 0,2-2 mm. En algunas realizaciones, el método puede incluir la coextrusión de una tercera capa en un lado de la segunda capa opuesto a la primera capa, en el que la tercera capa incluye polipropileno y/o polietileno y un tercer agente espumante químico. En algunas realizaciones, la primera capa y la tercera capa están sustancialmente libres de material de poliolefina reciclada. En algunas realizaciones, la primera capa comprende polipropileno con un índice de fluidez de 0,1-25 gramos por 10 minutos a 230°C. En algunas realizaciones, la primera capa comprende polietileno con un índice de fluidez de 0,1-25 gramos por 10 minutos a 190°C. En algunas realizaciones, las capas primera, segunda y tercera comprenden un agente de reticulación. En algunas realizaciones, el primer, segundo y tercer agente espumante químico es azodicarbonamida. En algunas realizaciones, la primera capa y la tercera capa comprenden polipropileno y polietileno.

20 En algunas realizaciones, el método puede incluir irradiar las capas coextruidas con radiación ionizante y espumar las capas coextruidas irradiadas. En algunas realizaciones, la radiación ionizante se selecciona del grupo que consiste en alfa, beta (electrón), rayos X, gamma y neutrones. En algunas realizaciones, la estructura coextruida se irradia hasta 4 veces por separado. En algunas realizaciones, la radiación ionizante es un haz de electrones con un voltaje de aceleración de 200-1500 kV. En algunas realizaciones, una dosificación del haz de electrones absorbidos es de 10-500 kGy. En algunas realizaciones, la radiación ionizante reticula la estructura extruida hasta un grado de reticulación del 20-75%. En algunas realizaciones, el espumado comprende calentar la estructura irradiada con sal fundida. En algunas realizaciones, la estructura de espuma multicapa tiene una densidad de 20-250 kg/m³. En algunas realizaciones, la estructura de espuma multicapa tiene un tamaño medio de celda cerrada de 0,05-1,0 mm. En algunas realizaciones, la estructura de espuma multicapa tiene un espesor de 0,2-50 mm. En algunas realizaciones, la rugosidad superficial media de la primera capa es inferior a 80 µm.

30 En el presente documento se describe un laminado que incluye una estructura de espuma multicapa y una capa de laminado. La estructura de espuma multicapa puede incluir una primera capa de espuma coextruida que incluye polipropileno y/o polietileno y una segunda capa de espuma coextruida en un lado de la primera capa de espuma. La segunda capa de espuma puede incluir 2,5-25% en peso del material de espuma de poliolefina reticulada reciclada y 75-97,5% en peso de polipropileno, polietileno o una combinación de polipropileno y polietileno. La capa de laminado puede estar en un lado de la primera capa de espuma opuesto a la segunda capa de espuma. La capa de laminado puede ser una película, un tejido, una capa de fibra o un cuero. La primera capa de espuma puede tener una rugosidad superficial media inferior a 80 µm. El material de espuma de poliolefina reticulada reciclada puede incluir material de espuma de poliolefina mecánicamente aglomerado o mecánicamente pulverizado. La estructura de espuma multicapa también puede incluir una tercera capa de espuma coextruida en un lado de la segunda capa de espuma opuesto a la primera capa de espuma. La tercera capa puede incluir polipropileno y/o polietileno. Las capas primera y/o tercera pueden estar sustancialmente libres de material de espuma de poliolefina reticulada reciclada. Además, el laminado se puede termoformar adicionalmente sobre un sustrato de manera que el sustrato esté en un lado de la tercera capa de espuma opuesto a la segunda capa de espuma.

45 La referencia a "aproximadamente" un valor o parámetro en el presente documento incluye (y describe) variaciones que están dirigidas a ese valor o parámetro per se. Por ejemplo, la descripción que hace referencia a "aproximadamente X" incluye la descripción de "X". Además, la referencia a las frases "menor que", "mayor que", "como máximo", "al menos", "menor o igual que", "mayor o igual que" u otras frases similares seguidas de una cadena de valores o parámetros pretende aplicar la frase a cada valor o parámetro en la cadena de valores o parámetros. Por ejemplo, una afirmación de que la capa tiene menos de aproximadamente el 20% en peso, aproximadamente el 15% en peso o aproximadamente el 10% en peso de un agente espumante químico pretende indicar que el porcentaje en peso del agente espumante químico en la capa puede ser menos de aproximadamente 20% en peso, menos de aproximadamente 15% en peso o menos de aproximadamente 10% en peso.

55 Tal como se usan en el presente documento, las formas singulares "un", "una" y "el/la" también está previsto que incluyan las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. También debe entenderse que el término "y/o" tal como se usa en el presente documento se refiere y abarca cualquiera y todas las combinaciones posibles de uno o más de los elementos enumerados asociados. Además, debe entenderse que los términos "incluye", "que incluye", "comprende" y/o "que comprende", cuando se usan en el presente documento, especifican la presencia de características, números enteros, pasos, operaciones, elementos, componentes y/o unidades establecidos, pero no excluyen la presencia o adición de una o más características, números enteros, pasos, operaciones, elementos, componentes, unidades y/o grupos distintos de los mismos.

60 Se entiende que los aspectos y realizaciones descritos en el presente documento incluyen aspectos y realizaciones "que consisten" y/o "que consisten esencialmente en". Para todos los métodos, sistemas, composiciones y dispositivos descritos en el presente documento, los métodos, sistemas, composiciones y dispositivos pueden comprender los

componentes o pasos enumerados, o puede "consistir en" o "consistir esencialmente en" los componentes o pasos enumerados. Cuando un sistema, composición o dispositivo se describe como "que consiste esencialmente de" los componentes enumerados, el sistema, la composición o el dispositivo contiene los componentes enumerados y puede contener otros componentes que no afectan sustancialmente al rendimiento del sistema, la composición o el dispositivo, pero tampoco contienen ningún otro componente que afecte sustancialmente el rendimiento del sistema, la composición o el dispositivo que no sean aquellos componentes expresamente enumerados; o no contienen una concentración o cantidad suficiente de los componentes adicionales para afectar sustancialmente el rendimiento del sistema, composición o dispositivo. Cuando un método se describe como "que consta esencialmente de" los pasos enumerados, el método contiene los pasos enumerados y puede contener otros pasos que no afectan sustancialmente al resultado del método, pero el método no contiene ningún otro paso que afecte sustancialmente el resultado del método distinto de los pasos expresamente enumerados.

En la divulgación, "sustancialmente libre de" un componente específico, una composición específica, un compuesto específico o un ingrediente específico en diversas realizaciones significa que menos de aproximadamente 2%, menos de aproximadamente 1%, menos de aproximadamente 0,5%, menos de aproximadamente 0,1%, menos de aproximadamente 0,05%, menos de aproximadamente 0,025% o menos de aproximadamente 0,01% del componente específico, la composición específica, el compuesto específico o el ingrediente específico está presente en peso. Preferiblemente, "sustancialmente libre de" un componente específico, una composición específica, un compuesto específico o un ingrediente específico indica que menos de aproximadamente 1% del componente específico, la composición específica, el compuesto específico o el ingrediente específico está presente en peso.

Las ventajas adicionales serán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada. Los ejemplos y descripciones del presente documento deben considerarse de naturaleza ilustrativa y no restrictiva.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones ejemplares se describen con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

La Fig. 1A es una primera fotografía de una espuma que contiene espuma de poliolefina reticulada reciclada, triturada.

La Fig. 1B es una segunda foto de una espuma que contiene espuma de poliolefina reticulada reciclada, triturada.

La Fig. 2 es una fotografía de espuma de poliolefina reticulada reciclada, pulverizada mecánicamente, utilizada en la producción del Ejemplo 1.

La Fig. 3 es una fotografía de los aglomerados granulados de 3-7 mm de ancho usados para producir el lote maestro que luego se usó para producir las estructuras de espuma multicapa de los Ejemplos 2 y 3.

La Fig. 4 es una fotografía de la lámina sin espumar del Ejemplo 1 con un aumento de 30X y 45 grados desde la superficie primaria.

La Fig. 5 es una fotografía de la superficie espumada por calor radiante del Ejemplo 1 con un aumento de 30X y 45 grados desde la superficie primaria.

La Fig. 6 es una fotografía de la superficie de espuma calentada con sal del Ejemplo 1 con un aumento de 30X y 45 grados desde la superficie primaria.

La Fig. 7 es una fotografía de la lámina sin espumar de la superficie B del Ejemplo 2 con un aumento de 30X y 45 grados desde la superficie primaria.

La Fig. 8 es una fotografía de la lámina sin espumar de la superficie A del Ejemplo 2 con un aumento de 30X y 45 grados desde la superficie primaria.

La Fig. 9 es una fotografía de la lámina sin espumar de la superficie B del Ejemplo 3 con un aumento de 30X y 45 grados desde la superficie primaria.

La Fig. 10 es una fotografía de la lámina sin espumar de la superficie A del Ejemplo 3 con un aumento de 30X y 45 grados desde la superficie primaria.

La Fig. 11 es un diagrama de flujo que ilustra las diferencias entre los pasos de preparación de la espuma reciclada en la Patente de EE.UU. núm. 9.669.600 y los ejemplos de la presente divulgación.

Descripción detallada

En el presente documento se describen métodos para producir estructuras de espuma multicapa coextruidas de celdas cerradas, reticuladas. Una capa o capas de la estructura de espuma multicapa se pueden derivar del material de espuma de poliolefina reticulada reciclada. Los métodos para producir una estructura de espuma multicapa coextruida de celdas cerradas reticulada pueden incluir los pasos de (a) co-extrusión, (b) irradiación y (c) espumado.

La coextrusión es la extrusión de múltiples capas de material simultáneamente. Este tipo de extrusión puede utilizar dos o más extrusoras para entregar una producción volumétrica constante de material a un cabezal de extrusión (matriz) que puede extruir los materiales en la forma deseada. En el paso de co-extrusión, las composiciones se pueden alimentar a múltiples extrusoras para formar una estructura multicapa sin espumar. Por ejemplo, una composición de espuma reciclada "A" se puede alimentar a una extrusora y una composición de espuma no reciclada "B" se puede alimentar a una segunda extrusora. El método de alimentación de ingredientes en las extrusoras se puede basar en el diseño de la extrusora y el equipo de manipulación de materiales disponible. La mezcla de los ingredientes de las composiciones se puede realizar antes de la alimentación a las extrusoras, si es necesario, para facilitar su dispersión. Se puede usar un mezclador Henshel para dicha mezcla. Todos los ingredientes se pueden mezclar y alimentar a través de un solo puerto en una extrusora. Los ingredientes también se pueden alimentar individualmente a través de puertos designados separados para cada ingrediente. Por ejemplo, si el promotor de reticulación o cualquier otro aditivo es un líquido, el promotor y/o los aditivos se pueden agregar a través de una puerta (o puertas) de alimentación en la extrusora o a través de una abertura de ventilación en la extrusora (si está equipada con una ventilación) en lugar de mezclarse con ingredientes sólidos. También se pueden emplear combinaciones de ingredientes mezclados y alimentación por puerto de ingredientes individuales.

Cada extrusora puede entregar una cantidad constante de cada composición en uno o más colectores seguidos de una matriz de laminado para crear una lámina multicapa co-extruida sin espumar. Existen dos métodos comunes para la coextrusión de materiales: (1) colectores de bloques de alimentación; y (2) múltiples colectores dentro de la matriz. Los elementos de un colector de bloque de alimentación pueden incluir: (a) puertos de entrada para las capas superior, media e inferior; (b) un área de laminación por fusión optimizada que canaliza corrientes de flujo separadas en una corriente de fusión laminada dentro del bloque de alimentación; (c) una placa adaptadora entre el bloque de alimentación y la matriz de lámina; y/o (d) una matriz laminar (similar a una matriz monocapa), en la que la corriente fundida laminada entra en el centro de la matriz y se extiende a lo largo del colector que sale de la salida de la matriz como un extruido multicapa diferenciado. Los elementos de una matriz de múltiples colectores pueden ser: (a) similares a una matriz monocapa, excepto que hay más de un canal de alimentación; (b) que cada canal de fusión tenga su propia barra estranguladora para el control del flujo; y/o (c) que las corrientes de fusión converjan dentro de la matriz cerca de la salida y emerjan como un extruido multicapa diferenciado.

Los espesores de las capas se pueden determinar mediante el diseño del (de los) colector(es) y/o la matriz. Por ejemplo, un colector de bloque de alimentación 80/20 puede suministrar composiciones en una relación de aproximadamente 4:1 cuando la velocidad y el tamaño de cada extrusora se ajustan en consecuencia. Esta relación se puede alterar cambiando, por ejemplo: (a) la cantidad de material alimentado en cada extrusora; (b) la velocidad de extrusión relativa entre una extrusora y otra; (c) el tamaño relativo de cada extrusora; y/o (d) la composición (es decir, la viscosidad) de las capas individuales.

El espesor de la lámina multicapa total puede controlarse mediante el espacio de matriz total. Sin embargo, el espesor total de la lámina multicapa se puede ajustar aún más, por ejemplo, estirando (es decir, "tensando") el extruido multicapa fundido y/o aplanando el extruido multicapa fundido a través de un estrechamiento.

Las estructuras multicapa descritas en el presente documento pueden incluir al menos 2 capas formadas por diferentes composiciones, donde al menos una de las capas puede incluir material de espuma de poliolefina reciclada reticulada (es decir, una capa "A"). En algunas realizaciones, las estructuras multicapa descritas en el presente documento pueden incluir al menos una capa que está sustancialmente libre de material de espuma de poliolefina reciclada reticulada (es decir, una capa "B"). En algunas realizaciones, la estructura multicapa puede incluir al menos una capa "A" con material de espuma de poliolefina reciclada reticulada y al menos una capa "B" sustancialmente libre de material de espuma de poliolefina reciclada reticulada. Por ejemplo, la estructura puede ser una estructura en capas A/B, una estructura en capas B/A/B, una estructura en capas B/A/C o puede tener muchas capas distintas. En algunas realizaciones, todas las capas de la estructura multicapa pueden ser espumables o estar espumadas. Las estructuras multicapa pueden incluir capas adicionales tales como capas de unión, capas de película y/o capas de espuma (incluyendo capas adicionales recicladas y/o no recicladas), entre otras.

Las composiciones de las capas "A" y "B" alimentadas a la extrusora pueden incluir al menos un polipropileno, al menos un polietileno o una combinación de los mismos. El polipropileno puede contener un componente elástico o suavizante, normalmente un componente de etileno o caucho y, por lo tanto, incluye, pero no se limita a, polipropileno, polipropileno modificado contra impactos, copolímero de polipropileno y etileno, copolímero de polipropileno y etileno modificado contra impactos, polipropileno de metaloceno, copolímero de polipropileno de metaloceno y etileno, copolímero de bloque de olefina de polipropileno de metaloceno (con una secuencia de bloques controlada), plastómero de poliolefina a base de polipropileno, elasto-plastómero de poliolefina a base de polipropileno, elastómero de poliolefina a base de polipropileno, mezcla de poliolefina termoplástica a base de polipropileno y mezcla elastomérica termoplástica a base de polipropileno. El polietileno incluye, pero no se limita a, LDPE, LLDPE (homopolímero, copolímero con buteno o hexeno u octeno, terpolímero con buteno y/o hexeno y/u octeno), VLDPE (homopolímero, copolímero con buteno o hexeno u octeno, terpolímero con buteno y/o hexeno y/u octeno), VLLDPE (homopolímero, copolímero con buteno o hexeno u octeno, terpolímero con buteno y/o hexeno y/u octeno), HDPE, copolímero de polietileno-propileno, polietileno de metaloceno, copolímero de etileno-propileno de metaloceno y copolímero de bloque de olefina de polietileno de metaloceno (con una secuencia de bloques controlada), cualquiera de los cuales puede contener copolímeros que contienen grupos acetato y/o éster.

En algunas realizaciones, la cantidad de al menos un polipropileno y/o al menos un polietileno en una composición no reciclada puede ser mayor o igual a aproximadamente 50 PPHR, aproximadamente 55 PPHR, aproximadamente 60 PPHR, aproximadamente 65 PPHR, aproximadamente 70 PPHR, aproximadamente 75 PPHR, aproximadamente 80 PPHR, aproximadamente 85 PPHR, aproximadamente 90 PPHR, aproximadamente 95 PPHR o aproximadamente 100 PPHR de la composición. En algunas realizaciones, la cantidad de al menos un polipropileno y/o al menos un polietileno en una capa no reciclada puede ser de al menos aproximadamente el 50% en peso, aproximadamente el 60% en peso, aproximadamente el 65% en peso, aproximadamente el 70% en peso, aproximadamente el 75% en peso, aproximadamente el 80% en peso, aproximadamente el 85% en peso o aproximadamente el 90% en peso de la capa no reciclada. En algunas realizaciones, la cantidad de al menos un polipropileno y/o al menos un polietileno en una capa no reciclada puede ser de aproximadamente el 50-99% en peso, de aproximadamente el 75-97,5% en peso, de aproximadamente el 75-95% en peso, de aproximadamente el 80-90% en peso, o de aproximadamente el 82-87% en peso de la capa no reciclada. Además, las composiciones alimentadas a la extrusora para formar la(s) capa(s) no reciclada(s) pueden estar sustancialmente libres de material poliolefínico reciclado. Las composiciones alimentadas a la extrusora para formar la(s) capa(s) no reciclada(s) también pueden ser 100% en peso de material virgen o no reciclado.

Las composiciones alimentadas a las extrusoras para formar la(s) capa(s) reciclada(s) pueden incluir material reciclado que incluye, pero no se limita a, material de poliolefina reciclada, material de poliolefina metalizada reciclada, material de película de poliolefina reciclada, material de película metalizada de poliolefina reciclada, material de espuma de poliolefina reciclada, material de espuma metalizada de poliolefina reciclada, o combinaciones de los mismos. El material de espuma de poliolefina reticulada reciclada es diferente del material de espuma de poliolefina reticulada reciclada descrito en la patente de EE.UU. núm. 9.669.600 B2 tanto en cómo se prepara el material para el reciclaje como en las formas finales. La figura 11 ilustra la diferencia en cómo se prepara la espuma de poliolefina reticulada de desecho de fábrica para reciclar entre las dos divulgaciones. El método para reciclar la espuma reticulada en la presente divulgación puede incluir cuatro pasos: trituración, aglomeración, granulación y luego pulverización o composición.

En ambas divulgaciones, la lámina de espuma puede triturarse primero en pequeños pedazos para facilitar la alimentación de la espuma en un aglomerador. Esto puede ser necesario ya que las láminas de espuma y los rollos de espuma, incluso cuando están desenrollados, pueden ser demasiado anchos para tirarlos o introducirlos en aglomeradores comerciales destinados a espuma y plástico. Triturar la lámina de espuma puede garantizar que el material no se atasca ni bloqueará el aglomerador. Triturar la lámina de espuma también puede ayudar a garantizar una velocidad de alimentación más uniforme en el aglomerador, lo que luego puede garantizar una salida uniforme del aglomerador. La espuma triturada destinada a la aglomeración puede variar en tamaño según la recomendación del fabricante del equipo, la velocidad de alimentación de los materiales a aglomerar, el punto de fusión de los materiales a aglomerar, etc. La espuma triturada destinada a la aglomeración generalmente se puede cortar en trozos o "astillas" de aproximadamente 3 mm a aproximadamente 20 mm de ancho. El triturador puede ser una pieza separada del equipo en el proceso o puede estar en línea con el aglomerador, donde la espuma triturada puede alimentarse directamente al aglomerador.

La aglomeración puede implicar la densificación de la espuma triturada. Los aglomeradores pueden consistir en un barril, un tornillo transportador y/o un rotor y una matriz. A medida que la espuma triturada entra en el barril, un tornillo transportador y/o un rotor pueden masticar la espuma, rompiendo las paredes de las celdas al mismo tiempo que forman un material densificado. Esta densificación se puede realizar a una temperatura cercana al punto de fusión de la espuma y la densificación se puede controlar por temperatura. Una matriz en el extremo posterior del barril puede formar el material densificado en una hebra continua a medida que sale de la matriz. Dependiendo del sistema, las cuchillas de corte pueden cortar la hebra en trozos muy gruesos para ayudar a facilitar la transferencia a un granulador.

Los granuladores son esencialmente una serie de cuchillas giratorias y estacionarias que pueden cortar trozos aglomerados muy gruesos en gránulos más pequeños de aproximadamente 1-10 mm, aproximadamente 2-8 mm o aproximadamente 3-7 mm. Los gránulos se dimensionan de modo que puedan alimentarse a un equipo típico de moldeo por inyección o extrusión de polímeros. La granulación también se puede controlar por temperatura. La Figura 3 es una fotografía de los aglomerados granulados de 3-7 mm de ancho usados para producir el lote maestro que se usó para producir las estructuras de espuma multicapa de los Ejemplos 2 y 3.

El actual proceso de reciclaje de espuma varía del documento US 9.669.600 B2 en el cuarto paso. En lugar de pulverizar criogénicamente los gránulos en un polvo fino, los gránulos pueden a) pulverizarse mecánicamente a una temperatura por encima de la fragilidad criogénica, o b) combinarse en un lote maestro. Los pulverizadores mecánicos, también llamados molinos pulverizadores, pueden reducir aún más el tamaño de los gránulos. Hay disponibles comercialmente molinos pulverizadores de diversos diseños para plásticos y espumas. Mediante molienda, trituración y/o corte, un molino pulverizador puede reducir aún más los gránulos. Un tamiz en el pulverizador asegura que los gránulos se puedan reducir al menos al tamaño de partícula máximo deseado. En el Ejemplo 1 de la presente divulgación, el material de espuma de poliolefina reticulada reciclada se puede pulverizar hasta partículas de aproximadamente 0,01-5 mm, aproximadamente 0,1-4 mm o 0,2-2 mm de ancho. La Figura 2 es una fotografía de una espuma de poliolefina reciclada pulverizada mecánicamente utilizada en la producción del Ejemplo 1 de la presente divulgación. Ejemplos no limitantes de sistemas comerciales que pueden triturar espuma de poliolefina reticulada, después aglomerar la espuma, después granular el aglomerado, y después pulverizar mecánicamente los gránulos están disponibles en Pallman Industries (Pallman Maschinenfabrik GmbH & Co. KG) y EREMA North America (EREMA Engineering Recycling Maschinen und Anlagen Ges.mBH).

Alternativamente, en lugar de pulverizar, los gránulos se pueden alimentar a una extrusora de composición junto con una resina portadora de poliolefina (y cualquiera de los aditivos descritos en el presente documento) para producir un lote maestro. Se cree que el amasado y el procesamiento a alta temperatura de los gránulos en la extrusora de composición pueden reducir suficientemente los gránulos para que puedan reciclarse en las espumas descritas. El lote maestro puede estar hecho de al menos un polipropileno y/o polietileno, los gránulos reciclados y/o cualquiera de los aditivos descritos en el presente documento. En algunas realizaciones, el lote maestro puede ser aproximadamente 50-70% en peso, aproximadamente 55-65% en peso, aproximadamente 58-62% en peso o aproximadamente 60% en peso de al menos un polipropileno y/o polietileno. En algunas realizaciones, el lote maestro puede ser aproximadamente el 30-50% en peso, aproximadamente el 35-45% en peso, aproximadamente el 38-42% en peso o aproximadamente el 40% en peso de los gránulos reciclados. En algunas realizaciones, el resto del lote maestro puede ser cualquiera de los aditivos descritos en el presente documento, incluido un antioxidante. El lote maestro utilizado para producir los Ejemplos 2-3 en la presente divulgación se produjo con una energía específica de 0,32 kW·h/kg y con una temperatura de fusión por extrusión de 215°C (419 °F).

La cantidad de al menos un polipropileno y/o al menos un polietileno en una composición reciclada puede ser superior que o igual a aproximadamente 50 PPHR, aproximadamente 55 PPHR, aproximadamente 60 PPHR, aproximadamente 65 PPHR, aproximadamente 70 PPHR, aproximadamente 75 PPHR, aproximadamente 80 PPHR, aproximadamente 85 PPHR, aproximadamente 90 PPHR, aproximadamente 95 PPHR o aproximadamente 100 PPHR de la composición. La cantidad de al menos un polipropileno y/o al menos un polietileno en una capa reciclada puede ser de al menos de aproximadamente 50% en peso, de aproximadamente 60% en peso, de aproximadamente 65% en peso, de aproximadamente 70% en peso, de aproximadamente 75% en peso, de aproximadamente 80% en peso., de aproximadamente 85% en peso o de aproximadamente 90% en peso de la capa reciclada. La cantidad de al menos un polipropileno y/o al menos un polietileno en una capa reciclada puede ser de aproximadamente 50-99% en peso, aproximadamente 75-97,5% en peso, aproximadamente 75-95% en peso, aproximadamente 75-90% en peso o aproximadamente 75-85% en peso de la capa reciclada.

La cantidad de material de espuma de poliolefina reciclada en una composición reciclada puede ser inferior que o igual a aproximadamente 25 PPHR, aproximadamente 20 PPHR, aproximadamente 10 PPHR, aproximadamente 5 PPHR o aproximadamente 2,5 PPHR de la composición. La cantidad de material de espuma de poliolefina reciclada en una capa reciclada puede ser como máximo de aproximadamente 25% en peso, de aproximadamente 20% en peso, de aproximadamente 15% en peso, de aproximadamente 10% en peso, de aproximadamente 5% en peso, de aproximadamente 2,5% en peso o de aproximadamente 2% en peso de la capa reciclada. La cantidad de material de espuma de poliolefina reciclada en una capa reciclada puede ser de aproximadamente 1-25% en peso, aproximadamente 2-25% en peso, aproximadamente 2,5-25% en peso, aproximadamente 1-15% en peso, aproximadamente 2-15% en peso, aproximadamente 2-10% en peso, o aproximadamente 2-9% en peso de la capa reciclada.

Dado que se puede crear una amplia gama de estructuras multicapa y artículos de espuma con las composiciones descritas, se puede emplear una amplia gama de polipropilenos y/o polietilenos en las composiciones para cumplir diversos requisitos de fabricación en proceso y requisitos de uso final comercial.

Un ejemplo no limitante de "polipropileno" es un homopolipropileno isotáctico. Los ejemplos comercialmente disponibles incluyen, pero no se limitan a, FF018F de Braskem, 3271 de Total Petrochemicals y COPYLENE™ CH020 de Conoco.

Un ejemplo no limitante de un "polipropileno modificado contra impactos" es un homopolipropileno con caucho de copolímero de etileno-propileno (EP). El caucho puede ser amorfo o semicristalino, pero no en cantidades suficientes para que el material tenga propiedades plastoméricas o elastoméricas. Algunos ejemplos no limitantes de "polipropileno modificado contra impactos" comercialmente disponibles son TI4003F y TI4015F de Braskem y PRO-FAX® 8623 y PRO-FAX® SB786 de LyondellBasell.

"Copolímero de polipropileno-etileno" es polipropileno con unidades de etileno aleatorias. Unos pocos ejemplos no limitantes de "copolímero de polipropileno-etileno" disponibles comercialmente son 6232, 7250FL y Z9421 de Total Petrochemicals, 6D20 y DS6D81 de Braskem, y PRO-FAX® RP311H y ADSYL™ 7415 XCP de LyondellBasell.

"Copolímero de polipropileno-etileno modificado contra impactos" es polipropileno con unidades aleatorias de etileno y con caucho de copolímero de etileno-propileno (EP). El caucho puede ser amorfo o semicristalino, pero no en cantidades suficientes para que el material tenga propiedades plastoméricas o elastoméricas. Un ejemplo no limitante de un copolímero de polipropileno-etileno modificado contra impactos disponible comercialmente es PRISMA® 6910 de Braskem.

"Polipropileno de metaloceno" es homopolipropileno sindiotáctico de metaloceno, homopolipropileno atáctico de metaloceno y homopolipropileno isotáctico de metaloceno. Ejemplos no limitantes de "polipropileno de metaloceno" son los disponibles comercialmente bajo los nombres comerciales METOCENE™ de LyondellBasell y ACHIEVE™ de ExxonMobil. Los polipropilenos de metaloceno también están disponibles comercialmente en Total Petrochemicals e incluyen, pero no se limitan a, los grados M3551, M3282MZ, M7672, 1251, 1471, 1571 y 1751.

"Copolímero de polipropileno de metaloceno - etileno" es polipropileno sindiotáctico de metaloceno, atáctico de metaloceno e isotáctico de metaloceno con unidades de etileno aleatorias. Los ejemplos comercialmente disponibles

incluyen, pero no se limitan a, Lumicene® MR10MX0 y Lumicene® MR60MC2 de Total Petrochemicals y Purell® SM170G de LyondellBasell.

5 El "copolímero de bloque de olefina de polipropileno de metaloceno" es un polipropileno con "bloques" duros cristalizables alternos y "bloques" blandos amorfos que no están distribuidos al azar, es decir, con una secuencia de bloques controlada. Un ejemplo de "copolímero de bloque de olefina de polipropileno de metaloceno" incluye, pero no se limita a, la línea de productos INTUNE™ de The Dow Chemical Company.

10 El "plastómero de poliolefina a base de polipropileno" (POP) y el "elastoplastómero de poliolefina a base de polipropileno" son copolímeros a base de propileno tanto de metaloceno como de no metaloceno con propiedades plastoméricas y elastoplastoméricas. Ejemplos no limitantes son los disponibles comercialmente bajo el nombre comercial VERSIFY™ (metaloceno) de The Dow Chemical Company, VISTAMAXX™ (metaloceno) de ExxonMobil y KOATTRO™ (no metaloceno) de LyondellBasell (una línea de polímeros plastoméricos a base de buteno-1; ciertos grados son a base de homopolímero de buteno-1 y otros son materiales a base de copolímero de polipropileno-buteno-1).

15 El "elastómero de poliolefina a base de polipropileno" (POE) es un copolímero a base de propileno tanto metaloceno como no metaloceno con propiedades elastoméricas. Ejemplos no limitantes de elastómeros de poliolefina a base de propileno son aquellos polímeros disponibles comercialmente bajo los nombres comerciales VERSIFY™ (metaloceno) de The Dow Chemical Company y VISTAMAXX™ (metaloceno) de ExxonMobil.

20 "Mezcla de poliolefinas termoplásticas a base de polipropileno" (TPO) es polipropileno, copolímero de polipropileno-etileno, homopolipropileno de metaloceno y copolímero de polipropileno de metaloceno-etileno, que tienen caucho de copolímero de etileno-propileno en cantidades lo suficientemente grandes como para dar a la mezcla de poliolefinas termoplásticas (TPO) propiedades plastoméricas, elastoplastoméricas o elastoméricas. Los ejemplos no limitantes de polímeros de mezcla de poliolefinas a base de polipropileno son aquellas mezclas de polímeros comercialmente disponibles bajo los nombres comerciales EXCELINK™ de JSR Corporation, THERMORUN™ y ZELAS™ de Mitsubishi Chemical Corporation, ADFLEX™ y SOFTELL™ de LyondellBasell, y TELCAR™ de Teknor Apex Company.

25 "Mezcla de elastómero termoplástico a base de polipropileno" (TPE) es polipropileno, copolímero de polipropileno y etileno, homopolipropileno de metaloceno y copolímero de polipropileno de metaloceno y etileno, que tienen modificadores de caucho termoplástico dibloque o multibloque (SEBS, SEPS, SEEPS, SEP, SERC, CEBC, HSB y similares) en cantidades suficientemente grandes para dar a la mezcla de elastómeros termoplásticos (TPE) propiedades plastoméricas, elastoplastoméricas o elastoméricas. Ejemplos no limitantes de polímeros de mezcla de elastómero termoplástico a base de polipropileno son aquellas mezclas de polímeros comercialmente disponibles bajo el nombre comercial GLS™ DYNAFLEX™ y GLS™ VERSAFLEX™ de Polyone Corporation, MONPRENE® de Teknor Apex Company y DURAGRIP® de A. Schulman.

30 "VLDPE" y "VLLDPE" son polietileno de muy baja densidad y polietileno de baja densidad de densidad muy lineal que contienen un componente elástico o suavizante, típicamente α -olefinas de buteno y/o hexeno y/u octeno. Los ejemplos no limitantes de VLDPE y VLLDPE están disponibles comercialmente bajo el nombre comercial FLEXOMER™ de The Dow Chemical Company y grados particulares de STAMYLEX™ de Borealis.

El "polietileno de metaloceno" es polietileno a base de metaloceno con propiedades que oscilan de no elásticas hasta elastoméricas. Los ejemplos no limitantes de polietileno de metaloceno están disponibles comercialmente bajo el nombre comercial ENGAGE™ de Dow Chemical Company, ENABLE™ y EXCEDER™ de ExxonMobil y QUEO™ de Borealis.

40 El "copolímero de bloques de olefina de polietileno de metaloceno" es un polietileno con "bloques" duros cristalizables alternos y "bloques" blandos amorfos que no están distribuidos al azar, es decir, con una secuencia de bloques controlada. Un ejemplo de "copolímero de bloques de olefina de polietileno de metaloceno" incluye, pero no se limita a, la línea de productos INFUSE™ de The Dow Chemical Company.

45 Estos polietilenos también pueden ser copolímeros y terpolímeros que contienen grupos acetato y/o éster. Los grupos comonómeros incluyen, pero no se limitan a, acetato de vinilo, acrilato de metilo, acrilato de etilo, acrilato de butilo, metacrilato de glicidilo y ácido acrílico. Los ejemplos no limitantes están disponibles comercialmente bajo el nombre comercial BYNEL®, ELVAX® y ELVALOY® de DuPont; EVATANE®, LOTADER®, y LOTRYL® de Arkema; ESCORENE™, ESCOR™ y OPTEMA™ de ExxonMobil.

50 La composición de cualquier capa puede contener al menos un polipropileno que tenga un índice de fluidez de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 25 gramos por 10 minutos a 230°C y/o al menos un polietileno que tenga un índice de fluidez de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 25 gramos por 10 minutos a 190°C. En algunas realizaciones, el índice de fluidez del (de los) polipropileno(s) y/o polietileno(s) es preferiblemente de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 20 gramos por 10 minutos a 230°C y a 190°C, respectivamente, y más preferiblemente de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 15 gramos por 10 minutos a 230°C y a 190°C, respectivamente. El valor del "índice de fluidez" (MFI) para un polímero se define y mide según la norma ASTM D1238 a 230°C para polipropilenos y materiales a base de polipropileno y a 190°C para polietilenos y materiales a base de polietileno utilizando un émbolo de 2,16 kg durante 10 minutos. El tiempo de prueba puede reducirse para resinas de flujo de fusión relativamente alto.

El MFI puede proporcionar una medida de las características de flujo de un polímero y es una indicación del peso molecular y la procesabilidad de un material polimérico. Si los valores de MFI son demasiado altos, lo que corresponde a una baja viscosidad, la extrusión según la presente divulgación no puede llevarse a cabo satisfactoriamente. Los problemas asociados con valores de MFI que son demasiado altos incluyen presiones bajas durante la extrusión, problemas para establecer el perfil de espesor, perfil de enfriamiento desigual debido a la baja viscosidad del fundido, mala resistencia del fundido y/o problemas de la máquina. Los problemas con valores de MFI que son demasiado bajos incluyen presiones altas durante el proceso de fusión, problemas de perfil y calidad de la lámina, y temperaturas de extrusión más altas que causan un riesgo de descomposición y activación del agente espumante.

Los rangos de MFI anteriores también son importantes para los procesos de espumado porque pueden reflejar la viscosidad del material y la viscosidad tiene un efecto sobre el espumado. Sin estar sujeto a ninguna teoría, se cree que hay varias razones por las que los valores particulares de MFI son mucho más efectivos. Un material de MFI más bajo puede mejorar algunas propiedades físicas ya que la longitud de la cadena molecular es mayor, creando más energía necesaria para que las cadenas fluyan cuando se aplica una tensión. Además, cuanto más larga es la cadena molecular (PM), más entidades cristalinas puede cristalizar la cadena, proporcionando así más fuerza a través de los lazos intermoleculares. Sin embargo, a un MFI demasiado bajo, la viscosidad se vuelve demasiado alta. Por otro lado, los polímeros con valores MFI más altos tienen cadenas más cortas. Por lo tanto, en un volumen dado de un material con valores de MFI más altos, hay más extremos de cadena a nivel microscópico en relación con los polímeros que tienen un MFI más bajo, que pueden rotar y crear un volumen libre debido al espacio necesario para dicha rotación (p.ej., rotación que ocurre por encima de la T_g , o temperatura de transición vítrea del polímero). Esto puede aumentar el volumen libre y permite un flujo fácil bajo fuerzas de tensión.

Además de los polímeros, las composiciones alimentadas a las extrusoras también pueden contener aditivos compatibles con la producción de las estructuras multicapa descritas. Los aditivos comunes incluyen, pero no se limitan a, peróxidos orgánicos, antioxidantes, lubricantes, estabilizadores térmicos, colorantes, retardantes de llama, agentes antiestáticos, agentes nucleantes, plastificantes, antimicrobianos, fungicidas, estabilizadores de luz, absorbentes de UV, agentes antibloqueantes, rellenos, desodorantes, adsorbentes de olores, espesantes, estabilizadores del tamaño de las celdas, desactivadores de metales y combinaciones de los mismos.

En algunas realizaciones, la cantidad de aditivo(s) distinto(s) del(de los) agente(s) espumante(s) químico(s) y el(los) promotor(es) de reticulación en una composición puede ser menor o igual a aproximadamente 20 PPHR, aproximadamente 15 PPHR, aproximadamente 10 PPHR, aproximadamente 9 PPHR, aproximadamente 8,5 PPHR, aproximadamente 8 PPHR, aproximadamente 7,5 PPHR, aproximadamente 7 PPHR, aproximadamente 6 PPHR, aproximadamente 5 PPHR o aproximadamente 4 PPHR de la composición. En algunas realizaciones, la cantidad de aditivo(s) distinto(s) del (de los) agente(s) químico(s) espumante(s) y el(los) promotor(es) de reticulación en una composición puede ser de aproximadamente 1-15 PPHR, aproximadamente 5-10 PPHR, aproximadamente 7-9 PPHR, o aproximadamente 7,5-8,5 PPHR de la composición. En algunas realizaciones, la cantidad de aditivo(s) distinto(s) del (de los) agente(s) químico(s) espumante(s) y el(los) promotor(es) de reticulación en una capa puede ser de aproximadamente 1-15% en peso, aproximadamente 3-10% en peso, aproximadamente 5-10% en peso, aproximadamente 6-8% en peso o aproximadamente 6-7% en peso de la capa.

Independientemente de cómo se alimenten los ingredientes a las extrusoras, la fuerza de corte y la mezcla dentro de una extrusora pueden ser suficientes para producir una capa homogénea. Las extrusoras de doble husillo co-rotatorias y contrarrotatorias pueden proporcionar suficiente fuerza de corte y mezcla a través del cilindro de la extrusora para extruir una capa con propiedades uniformes.

La energía específica es un indicador de cuánto trabajo se aplica durante la extrusión de los ingredientes para una capa y como de intensivo es el proceso de extrusión. La energía específica se define como la energía aplicada a un material que está siendo procesado por la extrusora, normalizada por una base de kilogramo. La energía específica se cuantifica en unidades de kilovatios de energía aplicada por material total alimentado en kilogramos por hora. La energía específica se calcula según la fórmula:

$$Energía\ específica = \frac{KW\ (aplicados)}{velocidad\ de\ alimentación\ \left(\frac{kg}{h}\right)}, \text{ donde}$$

KW (aplicados)

*KW (potencia del motor) * (% de torque desde el máximo admisible en forma decimal) * RPM (RPM de funcionamiento real) * 0,97 (eficiencia de la caja de cambios)*

= $\frac{\text{RPM máx. (capacidad de la extrusora)}}{\text{RPM máx. (capacidad de la extrusora)}}$

La energía específica se utiliza para cuantificar la cantidad de corte y mezcla de los ingredientes dentro de la extrusora. Las extrusoras utilizadas para formar las estructuras multicapa descritas en el presente documento pueden ser capaces de producir una energía específica de al menos aproximadamente 0,090 kW·h/kg, preferentemente al menos aproximadamente 0,105 kW·h/kg, y más preferentemente al menos aproximadamente 0,120 kW·h/kg.

Cualquier capa puede contener un agente espumante químico (CFA) antes del espumado. La temperatura de extrusión para cualquier capa espumable puede estar al menos 10°C por debajo de la temperatura de iniciación de la

descomposición térmica del agente espumante químico. Si la temperatura de extrusión excede la temperatura de descomposición térmica del agente espumante, entonces el agente espumante se descompondrá, dando como resultado un "pre-espumado" indeseable. La temperatura de extrusión para cualquier capa puede estar al menos 10°C por debajo de la temperatura de iniciación de la descomposición térmica del agente espumante químico en cualquier capa espumable adyacente a la capa. Si la temperatura de extrusión de la capa excede la temperatura de descomposición térmica del agente espumante en la capa adyacente, entonces el agente espumante en la capa adyacente puede descomponerse, dando también como resultado una "pre-espumado" indeseable.

La composición de espuma puede incluir una variedad de agentes espumantes químicos diferentes. Los ejemplos de agentes espumantes químicos incluyen, pero no se limitan a, compuestos azoicos, compuestos de hidracina, carbazidas, tetrazoles, compuestos nitrosos y carbonatos. Además, se puede emplear un agente espumante químico solo o en cualquier combinación. Un agente espumante químico que puede usarse en algunas realizaciones es la azodicarbonamida (ADCA). La descomposición térmica de ADCA ocurre típicamente a temperaturas entre aproximadamente 190 y 230°C. Para evitar que el ADCA se descomponga térmicamente en la extrusora, la temperatura de extrusión se puede mantener a o por debajo de 190°C.

La cantidad de agente espumante químico en una composición puede ser inferior o igual a aproximadamente 40 PPHR, aproximadamente 30 PPHR, aproximadamente 20 PPHR, aproximadamente 15 PPHR, aproximadamente 10 PPHR o aproximadamente 8 PPHR de la composición. En algunas realizaciones, la cantidad de agente espumante químico en una composición puede ser de aproximadamente 1-20 PPHR, aproximadamente 2-15 PPHR, aproximadamente 5-10 PPHR o aproximadamente 6-8 PPHR de la composición. En algunas realizaciones, la cantidad de agente espumante químico en una capa puede ser de aproximadamente 1-20% en peso, de aproximadamente 2-15% en peso, de aproximadamente 5-10% en peso, de aproximadamente 6-8% en peso o de aproximadamente 6-7% en peso. La cantidad de agente espumante químico puede depender del espesor de la lámina sin espumar, el espesor deseado de la espuma, la densidad deseada de la espuma, los materiales que se extruyen, el porcentaje de reticulación, el tipo de agente espumante químico (diferentes agentes espumantes pueden generar cantidades de gas significativamente diferentes), entre otros.

Tenga en cuenta que las cantidades mencionadas anteriormente de agente espumante químico pueden ser específicas solo para ADCA. Otros agentes espumantes pueden producir cantidades variables de gas volumétrico por masa de CFA y pueden considerarse en consecuencia. Por ejemplo, al comparar ADCA con el agente espumante químico p-toluenosulfonilsemicarbazida (TSS): si una capa espumable contiene 40 PPHR de ADCA, se requerirían aproximadamente 63 PPHR de TSS para generar aproximadamente la misma cantidad de gas durante el paso de espumado.

Si la diferencia entre la temperatura de descomposición del agente espumante descomponible térmicamente y el punto de fusión del polímero con el punto de fusión más alto es alta, entonces se puede usar un catalizador para la descomposición del agente espumante. Los ejemplos de catalizadores incluyen, pero no se limitan a, óxido de zinc, óxido de magnesio, estearato de calcio, glicerina y urea. El límite inferior de temperatura para la extrusión puede ser el del polímero con el punto de fusión más alto. Si la temperatura de extrusión cae por debajo de la temperatura de fusión del polímero con el punto de fusión más alto, aparecen "desfusiones" indeseables. Tras el espumado, la capa extruida que se extruyó por debajo de este límite de temperatura inferior puede exhibir un espesor irregular, una estructura de celdas no uniforme, bolsas de colapso de celdas y otros atributos indeseables.

La extrusión de una lámina multicapa sin espumar, frente a la extrusión de una lámina multicapa espumada (comúnmente conocida como "espumado por extrusión"), es muy diferente. El espumado por extrusión se puede realizar con un agente espumante físico, un agente espumante químico o una mezcla de agentes físicos y químicos. Los agentes espumantes físicos pueden ser gases inorgánicos y orgánicos (nitrógeno, dióxido de carbono, pentano, butano, etc.) que se inyectan a alta presión directamente en el polímero fundido. Los gases pueden nuclearse y expandirse a medida que el polímero fundido sale de la matriz de extrusión para crear el polímero espumado. Los agentes espumantes químicos, como los ejemplos descritos anteriormente, pueden ser sólidos que se descomponen exotérmica o endotérmicamente a una temperatura de descomposición para producir gases. Los gases típicos generados a partir de agentes espumantes químicos incluyen nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, amoníaco, etc. Para espumar por extrusión un agente espumante químico, el agente espumante químico se puede dispersar en el polímero fundido y fundido caliente por encima de la temperatura de descomposición del agente espumante químico mientras aún está en la extrusora y la matriz. Se puede hacer un polímero espumado a medida que el polímero fundido sale de la matriz de extrusión.

Independientemente de si los agentes espumantes son físicos, químicos o combinaciones, el espumado por extrusión típico genera láminas de polímero en las que ambas superficies primarias son significativamente más rugosas que las estructuras equivalentes producidas en el método descrito. El perfil de la superficie de una lámina de espuma multicapa (así como de una sola capa) puede ser crítico en muchas aplicaciones y, por lo tanto, las láminas de espuma extruida puede que no se utilicen para estas aplicaciones. Estas aplicaciones pueden requerir una superficie de espuma suave para obtener las propiedades deseadas, como la facilidad de laminación en una película, tela, capa de fibra y cuero; porcentaje de área de contacto en la laminación; estética visual; etc. La patente de EE.UU. núm. 9.669.600, que se incorpora aquí como referencia en su totalidad, incluye ejemplos que ilustran la diferencia en la rugosidad de la superficie entre láminas de polímero espumado por extrusión y láminas de polímero espumado equivalentes

producidas por el método descrito.

Las superficies más rugosas de los artículos espumados por extrusión generalmente pueden ser causadas por celdas de mayor tamaño (en comparación con las espumas producidas según la presente divulgación). Aunque el tamaño de la celda y la distribución del tamaño pueden no ser tan críticos en la mayoría de las aplicaciones comerciales, debido a que la rugosidad de la superficie es una función del tamaño de la celda, las espumas con celdas más grandes pueden ser menos deseables que las espumas con celdas más pequeñas para aplicaciones que requieren una superficie de espuma lisa.

El espesor de la estructura multicapa coextruida sin espumar puede ser de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 30 mm, de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 25 mm, de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 20 mm, o de aproximadamente 0,4 a aproximadamente 15 mm. Cualquier capa A o B individual puede tener un espesor de al menos aproximadamente 0,05 mm, al menos aproximadamente 0,1 mm, al menos aproximadamente 0,15 mm y al menos aproximadamente 0,2 mm. En algunas realizaciones, una capa reciclada sin espumar puede tener un espesor de aproximadamente 0,5-5 mm, aproximadamente 1-4 mm, aproximadamente 1-2 mm o aproximadamente 1-1,5 mm. En algunas realizaciones, una capa no reciclada sin espumar puede tener un espesor entre aproximadamente 50-300 micras o aproximadamente 100-250 micras.

Después de que se ha producido la lámina coextruida (por ejemplo, mediante dos extrusoras), la lámina multicapa extruida puede someterse a irradiación con radiación ionizante a una exposición dada para reticular la composición de la lámina multicapa, obteniendo así una estructura multicapa reticulada irradiada. La radiación ionizante a menudo es incapaz de producir un grado suficiente de reticulación en polipropileno(s), materiales a base de polipropileno, algún (algunos) polietileno(s) y algunos materiales a base de polietileno. Por tanto, se puede añadir un promotor de reticulación a las composiciones que se alimentan a las extrusoras para promover la reticulación. Los polímeros reticulados por radiación ionizante se denominan comúnmente "reticulados físicamente".

Es importante distinguir entre reticulación "física" y reticulación "química". En la reticulación química, los reticulados se generan con promotores de reticulación pero sin el uso de radiación ionizante. La reticulación química generalmente implica el uso de peróxidos, silanos o vinilsilanos. En los procesos de reticulación con peróxido, la reticulación normalmente se produce en la matriz de extrusión. Para los procesos de reticulación de silano y vinilsilano, la reticulación normalmente se produce después de la extrusión en una operación secundaria donde la reticulación del material extruido se acelera con el calor y la humedad. Independientemente del método de reticulación química, las láminas de espuma químicamente reticuladas normalmente presentan superficies primarias que son significativamente más rugosas que las estructuras equivalentes producidas en el método descrito. El perfil de la superficie de una lámina de espuma multicapa (así como de una sola capa) puede ser crítico en muchas aplicaciones y, por lo tanto, las láminas de espuma reticulada químicamente pueden no utilizarse para estas aplicaciones. Estas aplicaciones pueden requerir una superficie de espuma suave para obtener las propiedades deseadas, como la facilidad de laminación en una película, tela, capa de fibra y cuero; porcentaje de área de contacto en la laminación; estética visual; etc. La patente de EE.UU. núm. 9.669.600 incluye ejemplos que ilustran la diferencia en la rugosidad de la superficie entre láminas de polímero espumado reticuladas químicamente y láminas de polímero espumado equivalentes producidas por el método descrito.

Las superficies más rugosas de los artículos espumados reticulados químicamente pueden estar provocadas generalmente por celdas de mayor tamaño (en comparación con las espumas producidas según la presente divulgación). Aunque el tamaño de la celda y la distribución del tamaño no son críticos en la mayoría de las aplicaciones comerciales, debido a que la rugosidad de la superficie es una función del tamaño de la celda, las espumas con celdas más grandes pueden ser menos deseables que las espumas con celdas más pequeñas para aplicaciones que requieren una superficie de espuma lisa.

Los ejemplos de radiación ionizante incluyen, pero no se limitan a, alfa, beta (haces de electrones), rayos X, gamma y neutrones. Entre ellos, se puede utilizar un haz de electrones que tiene una energía uniforme para preparar la estructura de poliolefina reticulada. El tiempo de exposición, la frecuencia de la irradiación y el voltaje de aceleración tras la irradiación con un haz de electrones pueden variar ampliamente dependiendo del grado de reticulación previsto y el espesor de la estructura multicapa. Sin embargo, la radiación ionizante puede estar generalmente en el rango de aproximadamente 10 a aproximadamente 500 kGy, aproximadamente 20 a aproximadamente 300 kGy, o aproximadamente 20 a aproximadamente 200 kGy. Si la exposición es demasiado baja, entonces puede que no se mantenga la estabilidad de la celda al formar espuma. Si la exposición es demasiado alta, la moldeabilidad de la estructura de espuma multicapa resultante puede ser mala. La moldeabilidad es una propiedad deseable cuando la lámina de espuma multicapa se usa en aplicaciones de termoformado. Además, la lámina sin espumar puede ablandarse por la liberación de calor exotérmico tras la exposición a la radiación del haz de electrones, de modo que la estructura puede deformarse cuando la exposición es demasiado alta. Además, los componentes poliméricos también pueden degradarse debido a una escisión excesiva de la cadena polimérica.

La lámina multicapa no espumada coextruida puede irradiarse hasta 4 veces separadas, preferiblemente no más de dos veces, y más preferiblemente solo una vez. Si la frecuencia de irradiación es más de aproximadamente 4 veces, los componentes poliméricos pueden sufrir degradación de modo que al formar espuma, por ejemplo, no se crearán celdas uniformes en la capa o capas de espuma resultantes. Cuando el espesor de la estructura extruida es superior a unos 4 mm, puede preferirse irradiar cada superficie primaria del perfil multicapa con una radiación ionizada para

hacer más uniforme el grado de reticulación de la(s) superficie(s) primaria(s) y la capa interna.

La irradiación con un haz de electrones proporciona la ventaja de que las láminas coextruidas que tienen varios espesores se pueden reticular de forma efectiva controlando el voltaje de aceleración de los electrones. El voltaje de aceleración puede estar generalmente en el rango de aproximadamente 200 a aproximadamente 1500 kV, aproximadamente 400 a aproximadamente 1200 kV, o aproximadamente 600 a aproximadamente 1000 kV. Si el voltaje de aceleración es inferior a aproximadamente 200 kV, entonces la radiación puede que no llegue a la parte interior de las láminas coextruidas. Como resultado, las celdas en la parte interna pueden ser gruesas y desiguales al formar espuma. Adicionalmente, el voltaje de aceleración que es demasiado bajo para un perfil de espesor dado puede causar arcos, lo que da como resultado "agujeros" o "túneles" en la estructura de espuma. Por otro lado, si el voltaje de aceleración es superior a aproximadamente 1500 kV, los polímeros pueden degradarse.

Independientemente del tipo de radiación ionizante seleccionada, la reticulación se lleva a cabo de manera que la composición de la estructura extruida se reticula de aproximadamente un 20 a aproximadamente un 75% o de aproximadamente un 30 a aproximadamente un 60%, medido por el "Método de porcentaje de fracción de gel de Toray". Según el "Método de porcentaje de fracción de gel de Toray", se usa disolvente de tetralina para disolver componentes no reticulados en una composición. En principio, el material no reticulado se disuelve en tetralina y el grado de reticulación se expresa como porcentaje en peso de material reticulado en la composición total. El aparato utilizado para determinar el porcentaje de reticulación del polímero incluye: malla de 100 (diámetro de alambre de 0,0113 cm (0,0045 pulgadas)); bolsas de acero inoxidable tipo 304; alambres y clips numerados; un aparato de baño de aceite termostático Miyamoto; una balanza analítica; una campana de humos; un quemador de gas; un horno de alta temperatura; una pistola antiestática; y tres contenedores de acero inoxidable de boca ancha de 3,5 litros con tapas. Los reactivos y materiales utilizados incluyen disolvente de alto peso molecular tetralina, acetona y aceite de silicona. Específicamente, se pesa una bolsa de malla de alambre vacía y se registra el peso. Para cada muestra, se pesan 100 miligramos \pm 5 miligramos de muestra y se transfieren a la bolsa de malla de alambre. Se registra el peso de la bolsa de malla de alambre y la muestra, normalmente en forma de cortes de espuma finamente cortados. Cada bolsa está unida al número correspondiente de alambre y clips. Cuando la temperatura del disolvente alcanza los 130°C, el paquete (bolsa y muestra) se sumerge en el disolvente. Las muestras se agitan hacia arriba y hacia abajo aproximadamente 5 o 6 veces para aflojar las burbujas de aire y humedecer completamente las muestras. Las muestras se conectan a un agitador y se agitan durante tres (3) horas para que el disolvente pueda disolver la espuma. A continuación, las muestras se enfrían en una campana de humos. Las muestras se lavan sacudiéndolas hacia arriba y hacia abajo unas 7 u 8 veces en un recipiente con acetona primaria. Las muestras se lavan una segunda vez en un segundo lavado con acetona. Las muestras lavadas se lavan una vez más en un tercer recipiente de acetona nueva como se indicó anteriormente. A continuación, las muestras se cuelgan en una campana de humos para evaporar la acetona durante aproximadamente 1 a aproximadamente 5 minutos. Después las muestras se secan en un horno de secado durante aproximadamente 1 hora a 120°C. Las muestras se enfrían durante un mínimo de aproximadamente 15 minutos. La bolsa de malla de alambre se pesa en una balanza analítica y se registra el peso. Luego se calcula la reticulación usando la fórmula $100 \cdot (C-A)/(B-A)$, donde A = peso de la bolsa de malla de alambre vacía; B = peso de la bolsa de alambre + muestra de espuma antes de la inmersión en tetralina; y C = peso de la bolsa de alambre + muestra disuelta después de la inmersión en tetralina.

Los agentes de reticulación adecuados incluyen, pero no se limitan a, monómeros difuncionales, trifuncionales, tetrafuncionales, pentafuncionales y de mayor funcionalidad comercialmente disponibles. Dichos monómeros reticulantes están disponibles en forma de líquido, sólido, gránulos y polvo. Los ejemplos incluyen, pero no se limitan a, acrilatos o metacrilatos tales como diacrilato de 1,6-hexanodiol, dimetacrilato de 1,6-hexanodiol, diacrilato de etilenglicol, dimetacrilato de etilenglicol, trimetacrilato de trimetilolpropano, triacrilato de tetrametilolmetano, dimetacrilato de 1,9-nonanediol y dimetacrilato de 1,10-decanodiol; ésteres alílicos de ácido carboxílico (tales como éster trialílico de ácido trimelítico, éster trialílico de ácido piromelítico y éster dialílico de ácido oxálico); ésteres alílicos de ácido cianúrico o ácido isocianúrico tales como cianurato de trialilo e isocianurato de trialilo; compuestos de maleimida tales como N-fenilmaleimida y N,N'-m-fenilenobismaleimida; compuestos que tienen al menos dos triples enlaces tales como dipropagilo del ácido ftálico y dipropagilo del ácido maleico; y divinilbenceno. Además, dichos agentes de reticulación se pueden usar solos o en cualquier combinación. El divinilbenceno (DVB), un monómero de reticulación líquido difuncional, puede usarse como agente de reticulación en la presente divulgación.

La cantidad de agente de reticulación en una composición puede ser inferior o igual a aproximadamente 4 PPHR, aproximadamente 3 PPHR, aproximadamente 2,5 PPHR, aproximadamente 2 PPHR, aproximadamente 1,5 PPHR, aproximadamente 1 PPHR o aproximadamente 0,5 PPHR de la composición. En algunas realizaciones, la cantidad de agente de reticulación en una composición puede ser de aproximadamente 0,1-5 PPHR, aproximadamente 0,5-3 PPHR, aproximadamente 1-3 PPHR o aproximadamente 2-3 PPHR de la composición. En algunas realizaciones, la cantidad de agente de reticulación en una capa puede ser de aproximadamente 0,5-5% en peso, aproximadamente 1-3% en peso o aproximadamente 1,5-2,5% en peso de la capa.

Tenga en cuenta que las cantidades de agente de reticulación enumeradas anteriormente pueden ser específicas de DVB únicamente. Otros agentes de reticulación pueden ser más o menos eficientes en la reticulación que el DVB. Por lo tanto, la cantidad requerida para otro agente de reticulación debe considerarse en consecuencia. Los agentes de reticulación varían en la eficiencia de reticulación de, pero no se limita a, la dosis de radiación ionizante, los polímeros que se reticulan, la estructura química del monómero, el número de grupos funcionales en el monómero y si el

monómero es un líquido o un polvo.

Los reticulados pueden generarse usando una variedad de técnicas diferentes y pueden formarse tanto intermolecularmente, entre diferentes moléculas de polímero, como intramolecularmente, entre porciones de una sola molécula de polímero. Tales técnicas incluyen, pero no se limitan a, proporcionar agentes de reticulado que estén separados de una cadena de polímero y proporcionar cadenas de polímero que incorporen un agente de reticulado que contenga un grupo funcional que pueda formar un reticulado o activarse para formar un reticulado.

Después de irradiar la lámina coextruida, se puede lograr el espumado calentando la lámina multicapa reticulada a una temperatura superior a la temperatura de descomposición del agente de expansión térmicamente descomponible. El espumado se puede realizar a aproximadamente 200-260°C o aproximadamente a 220-240°C en un proceso continuo. Se puede preferir un proceso de espumado continuo a un proceso por lotes para la producción de una lámina de espuma continua.

El espumado se puede llevar a cabo normalmente calentando la lámina multicapa reticulada con sal fundida, calentadores radiantes, horno de aire caliente vertical u horizontal, energía de microondas o una combinación de estos métodos. El espumado también se puede realizar en un proceso de impregnación utilizando, por ejemplo, nitrógeno en un autoclave, seguido de un espumado libre mediante sales fundidas, calentadores radiantes, horno de aire caliente vertical u horizontal, energía de microondas o una combinación de estos métodos. Opcionalmente, antes del espumado, la lámina multicapa reticulada se puede ablandar con precalentamiento. Esto puede ayudar a estabilizar la expansión de la estructura en el espumado, particularmente con láminas gruesas y rígidas.

La densidad de la lámina de espuma multicapa puede definirse y medirse utilizando la sección o densidad "total", en lugar de una densidad "núcleo", como se mide por JIS K6767. Las láminas de espuma multicapa producidas utilizando el método descrito anteriormente pueden producir espumas con una sección o densidad "total" de aproximadamente 20-250 kg/m³, aproximadamente 30-125 kg/m³, aproximadamente 50-100 kg/m³, o aproximadamente 50-80 kg/m³. La densidad de la sección se puede controlar por la cantidad de agente de expansión y el espesor de la estructura extruida. Si la densidad de la lámina de espuma multicapa es inferior a aproximadamente 20 kg/m³, entonces la lámina puede no espumar de manera eficiente debido a la gran cantidad de agente químico de expansión necesario para alcanzar la densidad. Además, si la densidad de la lámina es inferior a aproximadamente 20 kg/m³, entonces la expansión de la lámina durante el paso de espumado puede volverse cada vez más difícil de controlar. Además, si la densidad de la lámina de espuma multicapa es inferior a aproximadamente 20 kg/m³, entonces la espuma puede volverse cada vez más propensa al colapso de la celda. Por lo tanto, puede ser difícil producir una lámina de espuma multicapa de densidad de sección y espesor uniforme a una densidad inferior a aproximadamente 20 kg/m³.

La lámina de espuma multicapa no está limitada a una densidad de sección de aproximadamente 250 kg/m³. Una espuma con una densidad de sección de aproximadamente 350 kg/m³, aproximadamente 450 kg/m³, o aproximadamente 550 kg/m³ también se puede producir. Sin embargo, se puede preferir que la lámina de espuma tenga una densidad de menos de aproximadamente 250 kg/m³ ya que las densidades mayores pueden tener un costo generalmente prohibitivo en comparación con otros materiales que pueden usarse en una aplicación determinada.

Las capas de espuma producidas utilizando el método anterior pueden tener celdas cerradas. Preferiblemente, al menos el 90% de las celdas tienen paredes de celda intactas, preferiblemente al menos el 95% y más preferiblemente más del 98%. El tamaño de celda medio puede ser de aproximadamente 0,05 a aproximadamente 1,0 mm, y preferiblemente de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 0,7 mm. Si el tamaño medio de las celdas es inferior a aproximadamente 0,05 mm, entonces la densidad de la estructura de espuma normalmente puede ser superior a 250 kg/m³. Si el tamaño medio de las celdas es superior a 1 mm, la espuma puede tener una superficie irregular. También existe la posibilidad de que la estructura de la espuma se rasgue indeseablemente si la población de celdas de la espuma no tiene el tamaño de celda medio preferido. Esto puede ocurrir cuando la estructura de espuma se estira o partes de ella se someten a un proceso secundario. El tamaño de las celdas en la(s) capa(s) de espuma puede tener una distribución bimodal que representa una población de celdas en el núcleo de la estructura de espuma que son relativamente redondas y una población de celdas en la piel cerca de las superficies de la estructura de espuma que son relativamente planas, delgadas y/u oblongas.

El espesor total de la estructura multicapa espumada puede ser de aproximadamente 0,2 mm a aproximadamente 50 mm, de aproximadamente 0,4 mm a aproximadamente 40 mm, de aproximadamente 0,6 mm a aproximadamente 30 mm, de aproximadamente 0,8 mm a aproximadamente 20 mm, aproximadamente 0,2-5 mm, aproximadamente 0,5-3 mm, aproximadamente 1-4 mm, o aproximadamente 2-4 mm. Si el espesor es inferior a aproximadamente 0,2 mm, entonces el espumado puede que no sea eficiente debido a la pérdida significativa de gas de la(s) superficie(s) primaria(s). Si el espesor es superior a aproximadamente 50 mm, la expansión durante el paso de espumado puede volverse cada vez más difícil de controlar. Por lo tanto, puede ser cada vez más difícil producir una estructura multicapa (con material de espuma de poliolefina reciclada) con densidad de sección y espesor uniformes. En algunas realizaciones, una capa no reciclada de la estructura multicapa coextruida espumada puede tener un espesor de aproximadamente 1-100 micrómetros, aproximadamente 5-50 micrómetros, aproximadamente 10-30 micrómetros, aproximadamente 15-25 micrómetros o aproximadamente 16-20 micrómetros. En algunas realizaciones, una capa reciclada de la estructura multicapa coextruida espumada puede tener un espesor de aproximadamente 2,7-3,3 mm.

En algunas realizaciones, el espesor deseado puede obtenerse mediante un proceso secundario como rebanado, cortado o unión. Rebanar, cortar o unir puede producir un rango de espesor de aproximadamente 0,1 mm a aproximadamente 100 mm.

5 Las estructuras multicapa descritas se pueden usar en una variedad de aplicaciones. Una de esas aplicaciones son las cintas de espuma y las juntas. La cinta de espuma de celda cerrada se usa comúnmente en áreas como el acristalamiento de ventanas, donde se colocan tiras de cinta de espuma entre dos paneles de ventana para sellar el aire entre el vidrio. Esto puede mejorar la propiedad de aislamiento térmico de la ventana. La espuma también puede actuar como un amortiguador para los paneles de vidrio por los efectos de la expansión y contracción térmica del edificio y del marco de la ventana debido a los cambios de temperatura diarios y estacionales. Asimismo, las juntas de espuma de celda cerrada se usan comúnmente para sellar y amortiguar. Los dispositivos electrónicos portátiles y los electrodomésticos son dos ejemplos que pueden contener juntas de espuma. Una lámina de espuma blanda y flexible puede ser adecuada como cinta o junta.

15 Cuando la estructura de espuma multicapa se va a utilizar como cinta o junta, se puede disponer una capa de adhesivo sensible a la presión sobre al menos una parte de una o ambas superficies principales. Puede usarse cualquier adhesivo sensible a la presión conocido en la técnica. Los ejemplos de tales adhesivos sensibles a la presión incluyen, pero no se limitan a, polímeros acrílicos, poliuretanos, elastómeros termoplásticos, copolímeros en bloque, poliolefinas, siliconas, adhesivos a base de caucho, copolímeros de etilhexilacrilato y ácido acrílico, copolímeros de acrilato de isoocitilo y ácido acrílico, mezclas de adhesivos acrílicos y adhesivos a base de caucho, así como combinaciones de los anteriores.

20 Las estructuras de espuma multicapa también se pueden termoformar. Para termoformar la estructura de espuma multicapa, la espuma se puede calentar hasta el punto de fusión de la mezcla de poliolefinas para todas las capas de la estructura de espuma multicapa. Si alguna capa tiene polímeros inmiscibles, la estructura de espuma multicapa puede exhibir más de un punto de fusión. En este caso, la estructura de espuma multicapa normalmente se puede termoformar cuando la espuma se calienta a una temperatura intermedia entre el punto de fusión más bajo y el punto de fusión más alto de la composición multicapa. Además, la estructura de espuma multicapa se puede termoformar sobre un sustrato como polipropileno duro, ABS o compuesto de fibra de madera. Preferiblemente, la estructura de espuma multicapa se puede termoformar sobre el sustrato de manera que se aplique al sustrato un lado de una capa de espuma no reciclada de la espuma multicapa. El propio sustrato también se puede termoformar al mismo tiempo que la estructura de espuma multicapa. Además, el sustrato se puede aplicar a un lado (es decir, una superficie) de una capa de espuma no reciclada de la espuma multicapa. Un ejemplo de artículo termoformado es un conducto de aire de automóvil. Una estructura de espuma de celda cerrada puede ser particularmente adecuada para esta aplicación debido a su menor peso (en comparación con el plástico sólido), sus propiedades aislantes que ayudan a mantener la temperatura del aire que fluye a través del conducto y su resistencia a la vibración (frente al plástico sólido). Por lo tanto, una estructura de espuma multicapa firme puede ser adecuada para un conducto de aire de automóvil.

35 Las estructuras de espuma multicapa pueden ser laminados que contienen la espuma multicapa y una capa de laminado. Preferiblemente, la capa de laminado se puede aplicar a un lado (es decir, una superficie) de una capa de espuma no reciclada de la espuma multicapa. En estos laminados, la estructura de espuma multicapa se puede combinar, por ejemplo, con una película y/o lámina. Los ejemplos de materiales adecuados para dichas capas incluyen, pero no se limitan a, cloruro de polivinilo (PVC); poliolefina termoplástica (TPO); uretano termoplástico (TPU); tejidos como poliéster, polipropileno, tela y otros tejidos; capas de cuero y/o fibras tales como telas no tejidas. Dichas capas se pueden fabricar usando técnicas estándar que son bien conocidas por los expertos en la técnica. De manera importante, la espuma multicapa de la divulgación puede laminarse en uno o ambos lados con estos materiales y puede incluir otras múltiples capas. Si la espuma multicapa está laminada por ambos lados, preferiblemente estas capas laminadas se pueden aplicar a los lados de las capas de espuma no reciclada de la espuma multicapa. En estos laminados, una capa se puede unir a una capa adyacente por medio de enlaces químicos, medios mecánicos o combinaciones de los mismos. Las capas de laminado adyacentes también se pueden unir entre sí por cualquier otro medio, incluido el uso de fuerzas de atracción entre materiales que tienen cargas electromagnéticas opuestas o fuerzas de atracción presentes entre materiales en que ambos tienen un carácter predominantemente hidrofóbico o predominantemente hidrofílico.

50 Las estructuras o laminados de espuma multicapa se pueden utilizar en piezas interiores de automóviles, como paneles de puertas, rodillos de puertas, insertos de puertas, rellenos de puertas, rellenos de maleteros, reposabrazos, consolas centrales, cojines de asientos, respaldos de asientos, reposacabezas, paneles de respaldo de asientos, paneles de instrumentos, refuerzos para las rodillas o un techo interior. Estas estructuras o laminados de espuma multicapa también se pueden usar en mobiliario (por ejemplo, mobiliario comercial, de oficina y residencial) como cojines de sillas, respaldos de sillas, cojines de sofás, molduras de sofás, cojines reclinables, molduras de sillones reclinables, cojines de sofás, molduras de sofás, cojines de litera o molduras de litera. Estos laminados o estructuras de espuma multicapa también se pueden usar en paredes como paredes modulares, paredes móviles, paneles de pared, paneles modulares, paneles de sistemas de oficina, separadores de espacios o divisiones portátiles. Los laminados o estructuras de espuma multicapa también se pueden usar en carcasas de almacenamiento (por ejemplo, comerciales, de oficinas y residenciales) que pueden ser móviles o inmóviles. Además, los laminados y estructuras de espuma multicapa también se pueden utilizar en revestimientos como fundas para cojines de sillas, fundas para respaldos de sillas, fundas para reposabrazos, fundas para sofás, fundas para cojines de sofás, fundas para cojines

de sillones reclinables, fundas para sillones reclinables, fundas para cojines de sofás, fundas para sofás, fundas para cojines de litera, fundas para litera, revestimientos de paredes y revestimientos arquitectónicos.

5 Algunos ejemplos adicionales incluyen una primera capa de la estructura de espuma multicapa descrita y una segunda capa seleccionada del grupo que consiste en un panel de piso de madera maciza, un panel de piso de madera transformada, un panel de piso laminado, una baldosa de vinilo, una baldosa de cerámica, una baldosa de porcelana, una baldosa de piedra, una baldosa de cuarzo, una baldosa de cemento y una baldosa de hormigón. Como se indicó anteriormente, preferiblemente la(s) segunda(s) capa(s) se puede(n) aplicar a un lado (es decir, la superficie) de la(s) capa(s) no reciclada(s) de la estructura de espuma multicapa. En estos laminados, la primera capa se puede unir al panel o baldosa adyacente por medio de enlaces químicos, medios mecánicos o una combinación de los mismos. Las capas de laminado adyacentes también se pueden unir entre sí por cualquier otro medio, incluido el uso de fuerzas de atracción entre materiales que tienen cargas electromagnéticas opuestas o fuerzas de atracción presentes entre materiales que tienen ambos un carácter predominantemente hidrofóbico o predominantemente hidrofílico.

15 Un método popular para unir la espuma multicapa descrita a un panel de piso, particularmente un panel de piso de madera maciza, un panel de piso de madera transformada y un panel de piso laminado, puede ser a través de una capa adhesiva sensible a la presión que se puede colocar en al menos una porción de la superficie de la espuma y/o superficie del panel. Preferiblemente, la capa adhesiva se puede disponer sobre la superficie de una capa no reciclada de la estructura de espuma multicapa. Puede usarse cualquier adhesivo sensible a la presión conocido en la técnica. Ejemplos de dichos adhesivos sensibles a la presión son polímeros acrílicos, poliuretanos, elastómeros termoplásticos, copolímeros en bloque, poliolefinas, siliconas, adhesivos a base de caucho, copolímeros de acrilato de etilhexilo y ácido acrílico, copolímeros de acrilato de isoocitilo y ácido acrílico, mezclas de adhesivos acrílicos y adhesivos a base de caucho como así como combinaciones de los anteriores.

25 La espuma multicapa unida al panel de piso, en particular un panel de piso de madera maciza, un panel de piso de madera transformada y un panel de piso laminado, puede servir para varios propósitos. La espuma puede reducir el nivel de presión del sonido reflejado cuando se golpea el panel, por ejemplo, al caminar sobre el panel con botas o zapatos de tacón alto. La espuma también puede actuar como una barrera contra el vapor de humedad entre el panel y el contrapiso y puede ayudar a brindar una colocación más uniforme entre varios paneles, ya que cualquier desnivel, bulto o punta (por ejemplo, la cabeza de un clavo que sobresale) en el contrapiso se amortiguará por la espuma. Estos paneles de piso y baldosas se pueden instalar comúnmente en casas residenciales, edificios de oficinas y otros edificios comerciales.

30 La presente divulgación proporciona un sistema de solado que incluye: una capa superior de suelo; una capa de contrapiso; y una o más capas de base de piso donde al menos una de las capas de base del piso contiene la estructura de espuma multicapa descrita dispuesta entre el contrapiso y la capa superior del piso. Preferiblemente, las capas del contrapiso y del piso superior se pueden aplicar a los lados/superficies de capas no recicladas de la estructura de espuma multicapa. En este sistema, la capa de espuma puede o no estar unida a cualquier capa adyacente, incluyendo el contrapiso o la capa superior del piso. Cuando se une cualquier capa del sistema descrito, la unión se puede realizar mediante enlaces químicos, medios mecánicos o combinaciones de los mismos. Las capas adyacentes también se pueden unir entre sí por cualquier otro medio, incluido el uso de fuerzas de atracción entre materiales que tienen cargas electromagnéticas opuestas o fuerzas de atracción presentes entre materiales que tienen ambos un carácter predominantemente hidrofóbico o un carácter predominantemente hidrofílico. Si se unen algunas capas, un método popular de unión puede ser el uso de un adhesivo de uretano de un componente, un adhesivo de uretano de dos componentes, un adhesivo acrílico de un componente o un adhesivo acrílico de dos componentes. El adhesivo se puede aplicar durante la instalación del sistema en viviendas residenciales, edificios de oficinas y edificios comerciales. La espuma en este sistema puede servir para varios propósitos. La espuma puede reducir el nivel de presión del sonido reflejado cuando se impacta en la capa superior del piso, por ejemplo, al caminar sobre el panel con botas o zapatos de tacón alto. La espuma también puede actuar como una barrera contra el vapor de humedad entre el panel y el contrapiso y ayudar a proporcionar una colocación más uniforme entre varios paneles, ya que cualquier irregularidad, protuberancia o punta (por ejemplo, una cabeza de clavo que sobresalga) en el contrapiso se amortiguará por la espuma. En los casos en que la capa superior del piso esté compuesta por baldosas de cerámica, baldosas de porcelana, baldosas de piedra, baldosas de cuarzo, baldosas de cemento y baldosas de hormigón unidas por lechada y donde todas las capas del sistema de piso estén unidas, la espuma puede ayudar a reducir la fractura de la lechada amortiguando las diferentes expansiones y contracciones térmicas de las distintas capas del sistema.

55 Para satisfacer los requisitos de cualquiera de las aplicaciones anteriores, las estructuras divulgadas de la presente divulgación pueden someterse a varios procesos secundarios, que incluyen y no se limitan a, estampado, tratamiento de corona o plasma, raspado de la superficie, alisado de la superficie, perforación o microperforación, empalme, rebanado, cortado, estratificado, unión y perforación de agujeros.

Ejemplos

Materias primas para los ejemplos

La siguiente Tabla 1 proporciona una lista de varios componentes y descripciones de esos componentes usados en los siguientes Ejemplos.

Tabla 1

Componente	Tipo	Fabricante	MFI	Descripción / Notas
6232	<i>Copolímero aleatorio de PP/PE</i>	Total Petrochemicals	1,3-1,6 (2,16 kg, 230°C)	producido comercialmente
Infuse™ OBC 9107	<i>OBC (a base de copolímero de PE / octeno)</i>	Dow	0,75 - 1,25 (2,16 kg, 190°C)	copolímero de bloque de olefina producido comercialmente
Adflex™ Q100F	<i>rTPO (a base de copolímero aleatorio de PP/PE)</i>	LyondellBasell	0,5 - 0,7 (2,16 kg, 230°C)	poliolefina termoplástica de reactor producida comercialmente
"04V2"	<i>material de espuma de poliolefina reticulada reciclada pulverizada mecánicamente</i>	Toray Plastics (América)	--	producido triturando espuma de poliolefina reticulada de desechos de fábrica, luego aglomerando la espuma, luego granulando el aglomerado en trozos de 3-7 mm, luego pulverizando mecánicamente los trozos de 6 mm en partículas más pequeñas
"02V2"	<i>material de espuma de poliolefina reticulada reciclada granulada mecánicamente</i>	Toray Plastics (América)	--	producido triturando espuma de poliolefina reticulada de desechos de fábrica, luego aglomerando la espuma y luego granulando el aglomerado en trozos de 3-7 mm
Azofoam® TC-181	<i>agente espumante químico (ADCA)</i>	P. T. Lauten Otsuka Chemical	--	azodicarbonamida producida comercialmente
DVB HP	<i>promotor de reticulación</i>	Dow	--	producido comercialmente, 80% de contenido de DVB
"PR023"	<i>paquete antioxidante (portador de LDPE)</i>	Techmer PM	--	un paquete antioxidante estándar de Toray Plastics (América) para espuma de poliolefina, compuesto por Techmer PM, que consiste en 14% de antioxidantes, 0,35% de estearato de calcio y 85,65% de resina portadora de polietileno de baja densidad (LDPE)
TPM11166	<i>Auxiliar de procesado (portador de copolímero de LLDPE/buteno)</i>	Techmer PM	--	mezcla de auxiliar de procesado de extrusión producida comercialmente
PE-500	<i>concentrado negro (portador de LLDPE)</i>	Modern Dispersions	--	concentrado de color producido comercialmente, 50% de carga de negro de humo, tamaño de partícula típico de negro de humo de 75 Nm

Proceso de conversión de películas para los ejemplos

La siguiente Tabla 2 proporciona las formulaciones para los Ejemplos 1-3.

Tabla 2

		FORMULACIONES									
		resinas (PPHR y % total)					aditivos (PPHR y % total)				
		OBC (a base de copolimero de PEI/octeno)	rTPO (a base de copolimero aleatorio de PPI/PE)	espuma de poliolefina reciclada	lote maestro de espuma de poliolefina reciclada (60% de 6232, 40% de "02V2", y antioxígeno)	agente espumante químico (ADCA)	promotor de enlace a x	paquete antioxidante (portador de LDPE)	auxiliar de procesamiento (portador de copolimero de LLDPE/buteno)	concentrado negro (portador de LLDPE)	
ID de ejemplo	capa	6232	Adflex™ Q100F	"04V2"	"PR023 "	Azofoam® TC -181	DVB HP	"PR023"	TPM11166	PE-500	
	dos capas exteriores "B"	50 42,46%	40 33,97%	10 8,49%	6232	7,25 6,16%	2,5 2,12%	5,5 4,67%	2 1,70%	0,5 0,42%	
Ejemplo 1	una capa interna "A"	47,5 40,51%	40 34,12%	10 8,53%	"02V2"	7,25 6,18%	2,5 2,13%	5,5 4,69%	2 1,71%		
	una capa "B"	50 42,64%	40 34,12%	10 8,53%		7,25 6,18%	2,5 2,13%	5,5 4,69%	2 1,71%		
Ejemplo 2	una capa "A"	37,5 31,64%	40 33,75%	10 8,44%	7,5 6,33%	7,25 6,12%	2,5 2,11%	5,5 4,64%	2 1,69%	1 0,84%	
	una capa "B"	50 42,64%	40 34,12%	10 8,53%		7,25 6,18%	2,5 2,13%	5,5 4,69%	2 1,71%		
Ejemplo 3	una capa "A"	25 21,22%	40 33,96%	10 8,49%	15 12,73%	7,25 6,16%	2,5 2,12%	5,5 4,67%	2 1,70%		
	una capa "B"	40 33,96%	40 34,12%	10 8,53%	10 8,49%	7,25 6,16%	2,5 2,12%	5,5 4,67%	2 1,70%		

La siguiente Tabla 3 proporciona la coextrusión, la irradiación y las propiedades de la estructura multicapa de los Ejemplos 1-3.

Tabla 3

COEXTRUSIÓN				IRRADIACIÓN				ESpumado							
ID de ejemplo	capa	tipo	extrusora	energía específica de extrusión (kW·h/kg)	Temperatura (°C (°F))	espesor de la capa no espumada	¿Qué capa da a la fuente de radiación?	dosis (kGy)	voltaje (kV)	temperatura de espumado (°C (°F))	tipo	espesor de la espuma	densidad total (kg/m³)	gel total (%)	
Ejemplo 1	dos capas exteriores "B"	colector de bloque de alimentación 80/20	El mismo husillo rotatorio que alimenta simultáneamente ambas capas "B"	0,16	175,56 (348)	130-170 µm cada capa B	una de las dos capas "B"	50,0	725	227,22 (441)	sal fundida y calentadores radiantes	cada capa B = 16-20 µm, 2,71 mm en total	74,2	54,9	
	una capa interna "A"			0,17	163,89 (327)	1,38 mm									
Ejemplo 2	una capa "B"	colector de bloque de alimentación 80/20	doble husillo co-rotatorio	0,10	153,33 (308)	190-210 µm					no registrado, estimado en 226,67-228,33 (440-443)	sal fundida y calentadores radiantes, la capa "B" da a los calentadores radiantes y la capa "A" flota sobre sal	3,03 mm total	58,9	47,6
	una capa "A"			0,16	162,78 (325)	1,37 mm	hacia IR	50,0	725						
Ejemplo 3	una capa "B"	colector de bloque de alimentación 80/20	doble husillo co-rotatorio	0,10	154,44 (310)	200-220 µm					no registrado, estimado en 226,67-228,33 (440-443)	sal fundida y calentadores radiantes, la capa "B" da a los calentadores radiantes y la capa "A" flota sobre sal	3,29 mm total	66,1	45,0
	una capa "A"			0,19	161,67 (323)	1,40 mm	hacia IR	50,0	725						

En las Figuras 4-10 se pueden encontrar imágenes de los ejemplos en diversos pasos del proceso de producción de estructuras de espuma.

5 Esta solicitud revela varios rangos numéricos en el texto y las figuras. Los rangos numéricos descritos soportan inherentemente cualquier rango o valor dentro de los rangos numéricos descritos, incluidos los puntos finales, aunque una limitación de rango precisa no se establece palabra por palabra en la memoria descriptiva porque esta divulgación se puede poner en práctica en todos los rangos numéricos descritos.

La descripción anterior se presenta para permitir que un experto en la materia realice y use la divulgación, y se proporciona en el contexto de una aplicación particular y sus requisitos.

REIVINDICACIONES

1. Un método para formar una estructura multicapa que comprende:
 triturar una espuma de poliolefina, aglomerar la espuma triturada y granular la espuma aglomerada para formar un material de espuma de poliolefina reticulada reciclada; y
- 5 coextruir:
 una primera capa que comprende:
 polipropileno, polietileno o una combinación de polipropileno y polietileno;
 un primer agente espumante químico; y
 una segunda capa en un lado de la primera capa, comprendiendo la segunda capa:
- 10 2,5-25% en peso del material de espuma de poliolefina reticulada reciclada;
 75-97,5% en peso de polipropileno, polietileno o una combinación de polipropileno y polietileno; y
 un segundo agente espumante químico.
2. El método según la reivindicación 1, en el que los gránulos del material de espuma de poliolefina reticulada reciclada tienen una anchura de 3-7 mm.
- 15 3. El método según la reivindicación 1, que comprende además pulverizar mecánicamente los gránulos del material de espuma de poliolefina reticulada reciclada, en el que preferiblemente las partículas del material de espuma de poliolefina reticulada reciclada pulverizada mecánicamente tienen una anchura de 0,2-2 mm.
4. El método según la reivindicación 1, que comprende además coextruir una tercera capa en un lado de la segunda capa opuesto a la primera capa, comprendiendo la tercera capa:
- 20 polipropileno o polietileno; y
 un tercer agente espumante químico;
- en el que preferiblemente la primera capa y la tercera capa están libres de material de poliolefina reciclada o comprenden menos del 2% en peso, preferiblemente menos del 1% en peso, más preferiblemente menos del 0,5% en peso, más preferiblemente menos del 0,1% en peso, más preferiblemente menos del 0,05% en peso, más preferiblemente menos del 0,025% en peso, más preferiblemente menos del 0,01% en peso de material de poliolefina reciclada.
- 25 5. El método según la reivindicación 1, en el que la primera capa comprende polipropileno con un índice de fluidez de 0,1-25 gramos por 10 minutos a 230°C o a 190°C.
6. El método según la reivindicación 4, que comprende al menos uno de:
- las capas primera, segunda y tercera comprenden un agente de reticulación;
- 30 - el primer, segundo y tercer agente espumante químico es azodicarbonamida;
- la primera capa y la tercera capa comprenden polipropileno y polietileno.
7. El método según la reivindicación 1, que comprende además:
- irradiar las capas coextruidas con radiación ionizante; y
 espumar las capas irradiadas coextruidas.
- 35 8. El método según la reivindicación 7, que comprende además coextruir una tercera capa en un lado de la segunda capa opuesto a la primera capa, comprendiendo la tercera capa:
- polipropileno o polietileno; y
 un tercer agente espumante químico.
- 40 9. El método según la reivindicación 8, en el que la primera capa y la tercera capa están libres de material de poliolefina reciclada o comprenden menos del 2% en peso, preferiblemente menos del 1% en peso, más preferiblemente menos del 0,5% en peso, más preferiblemente menos del 0,1% en peso, más preferiblemente menos de 0,05% en peso, más preferiblemente menos de 0,025% en peso, más preferiblemente menos de 0,01% en peso de material de poliolefina reciclada.

10. El método según la reivindicación 7, en el que los gránulos del material de espuma de poliolefina reticulada reciclada tienen una anchura de 3-7 mm; y/o que comprende además pulverizar mecánicamente los gránulos del material de espuma de poliolefina reticulada reciclada.
- 5 11. El método según la reivindicación 7, en el que las partículas del material de espuma de poliolefina reticulada, reciclada y pulverizada mecánicamente tienen una anchura de 0,2-2 mm.
12. El método según la reivindicación 7, en el que la radiación ionizante se selecciona del grupo que consiste en alfa, beta (electrón), rayos X, gamma y neutrones; y/o
- 10 13. El método según la reivindicación 7, en el que la estructura coextruida se irradia hasta 4 veces por separado; en el que preferentemente la radiación ionizante es un haz de electrones con un voltaje de aceleración de 200-1500 kV; en el que preferiblemente la dosificación del haz de electrones absorbidos es de 10-500 kGy.
14. El método según la reivindicación 12, que comprende al menos uno de:
- la radiación ionizante reticula la estructura extruida hasta un grado de reticulación del 20-75%;
 - el espumado comprende calentar la estructura irradiada con sal fundida;
 - la estructura de espuma multicapa tiene una densidad de 20-250 kg/m³;
- 15 - la estructura de espuma multicapa tiene un tamaño medio de celda cerrada de 0,05-1,0 mm;
- la estructura de espuma multicapa tiene un espesor de 0,2-50 mm;
 - una rugosidad superficial media para la primera capa es inferior a 80 μm;
 - la primera capa y la tercera capa comprenden polipropileno y polietileno.

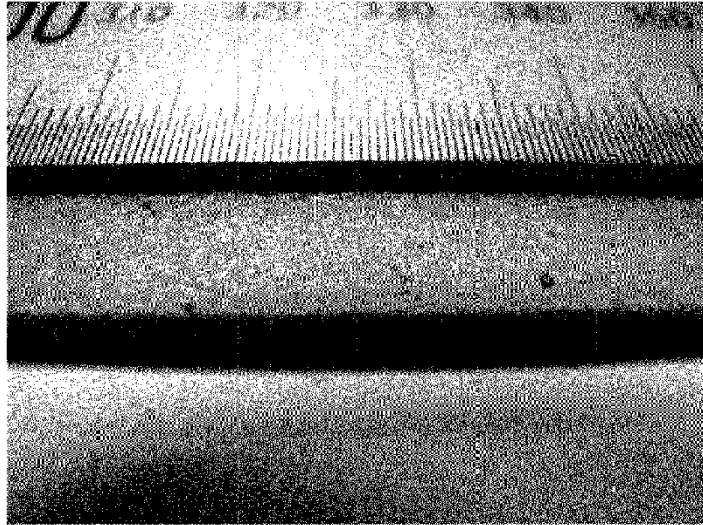


FIG. 1A

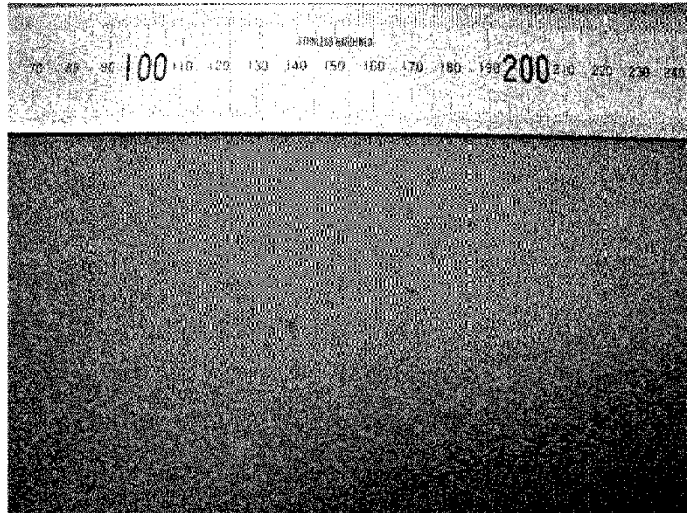


FIG. 1B

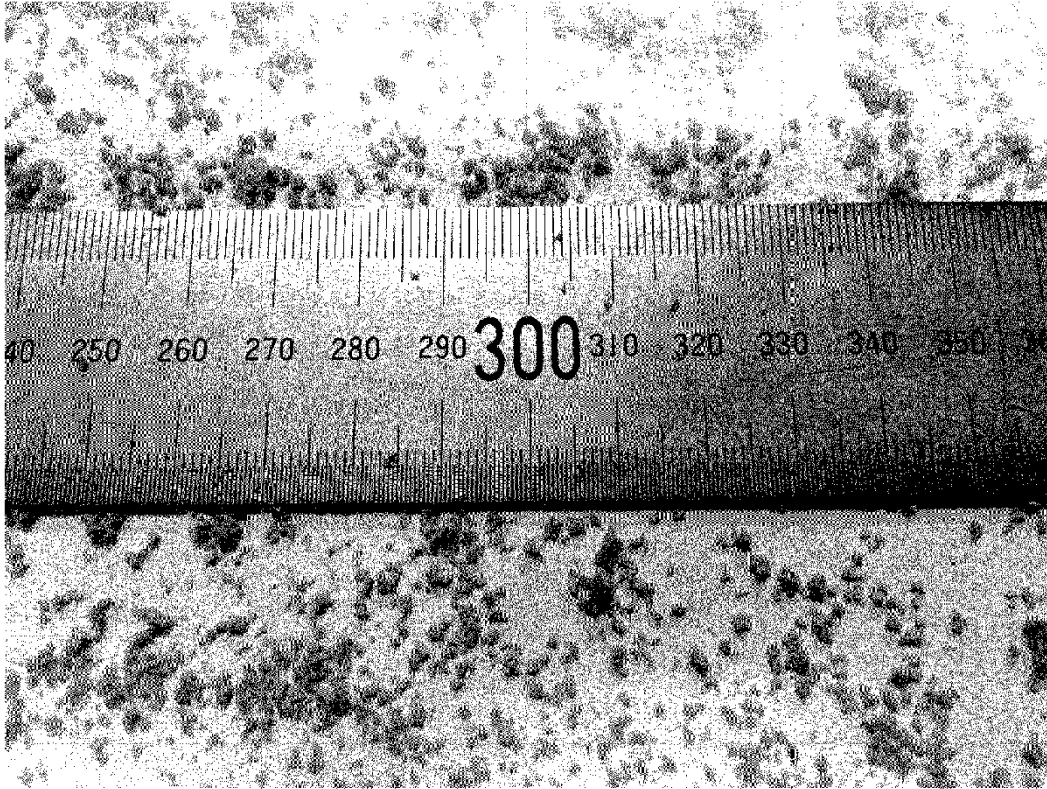


FIG. 2

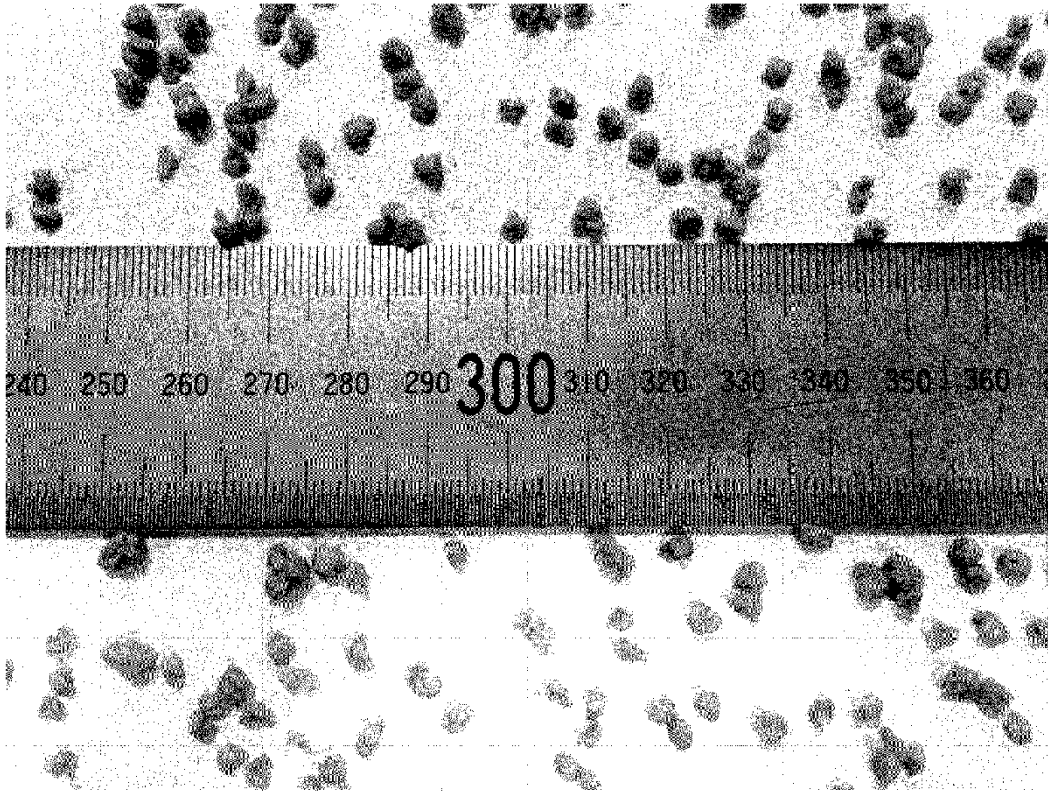


FIG. 3

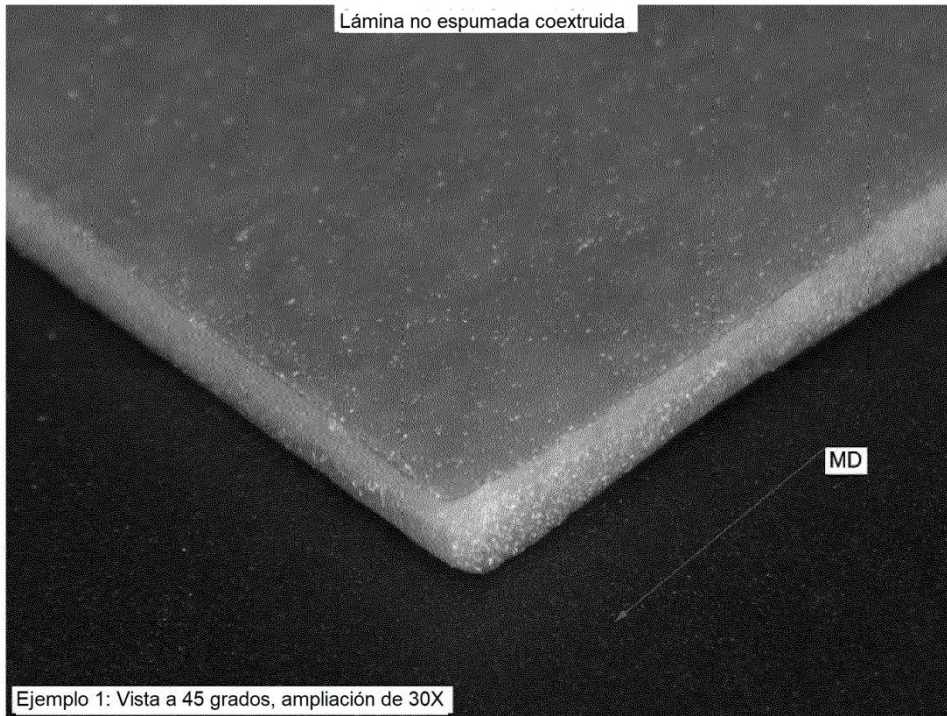


FIG. 4

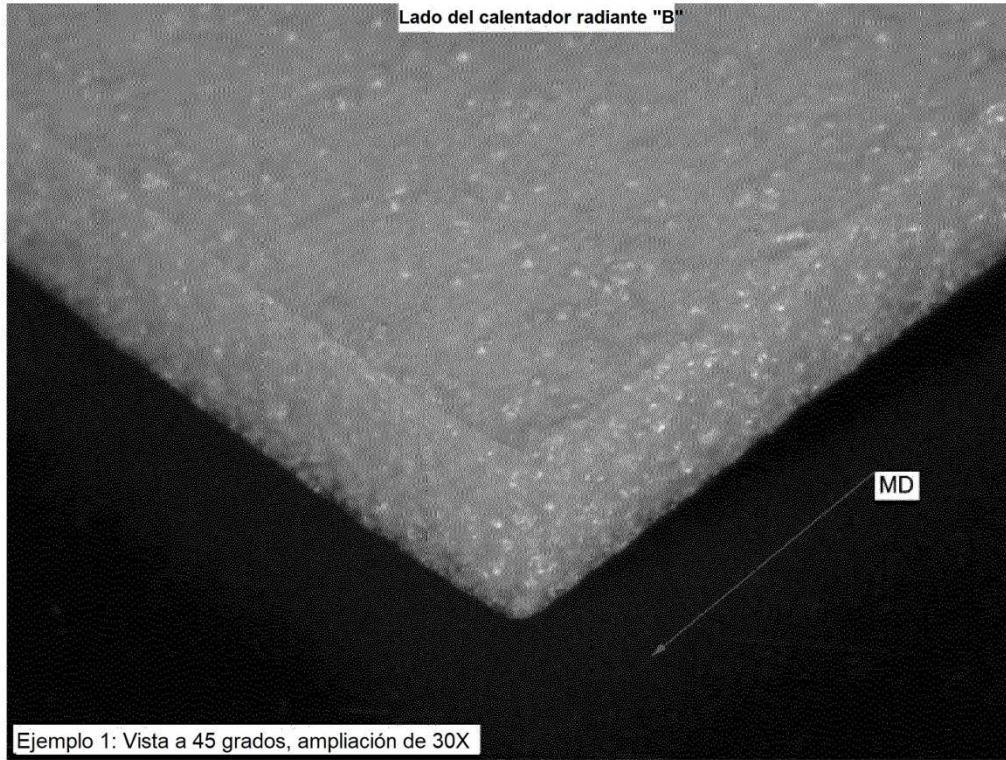


FIG. 5

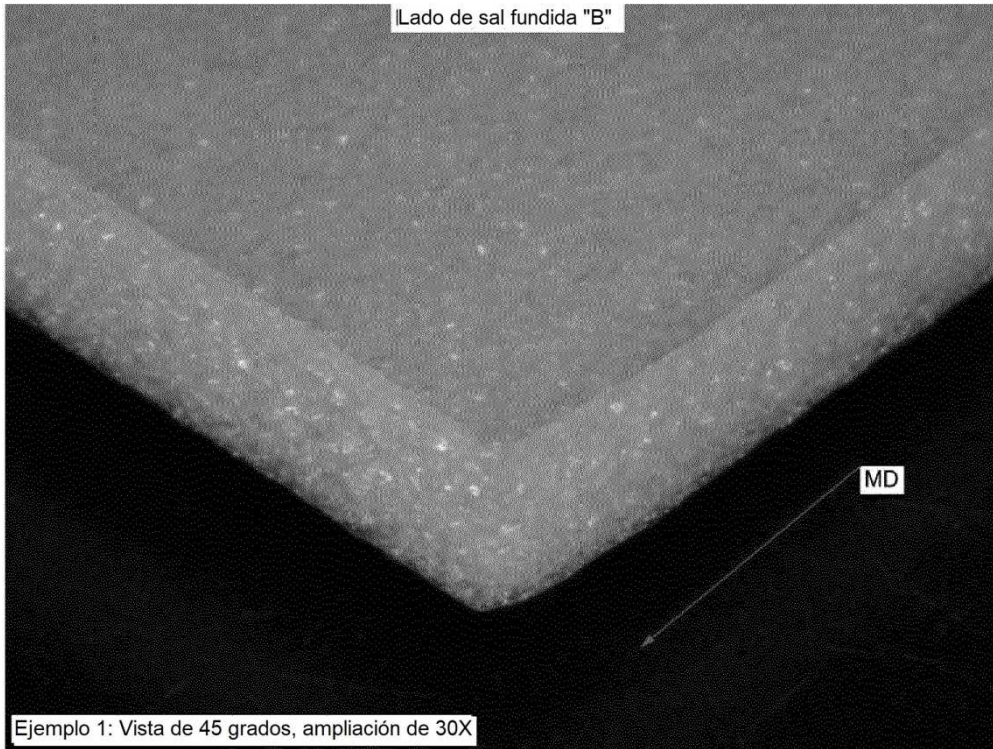


FIG. 6

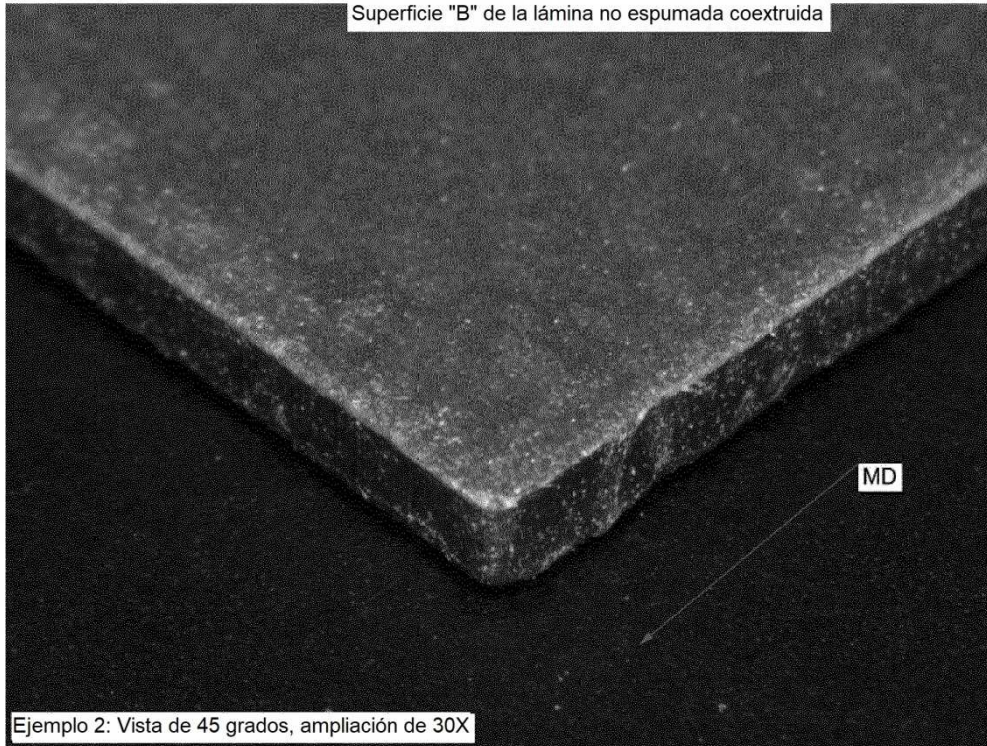


FIG. 7

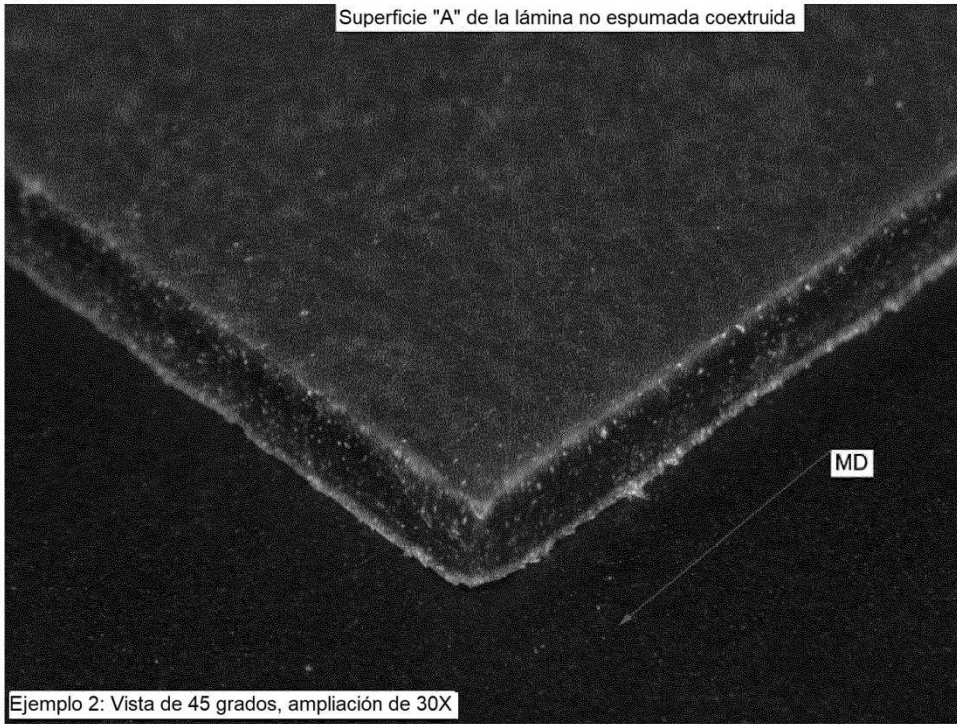


FIG. 8

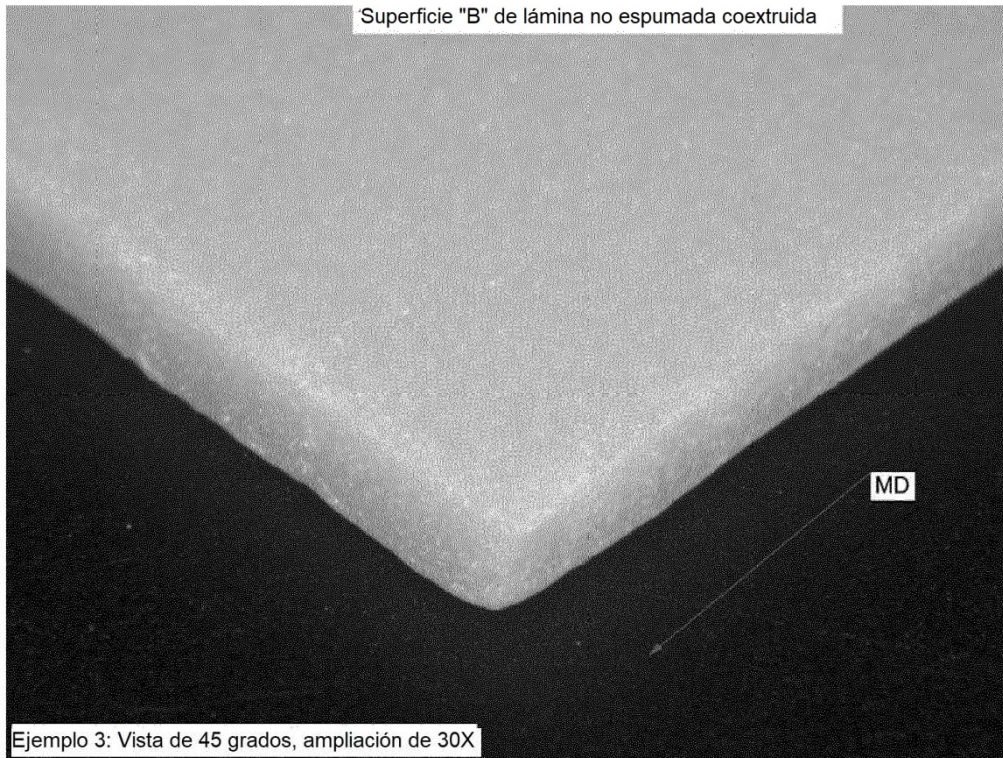


FIG. 9

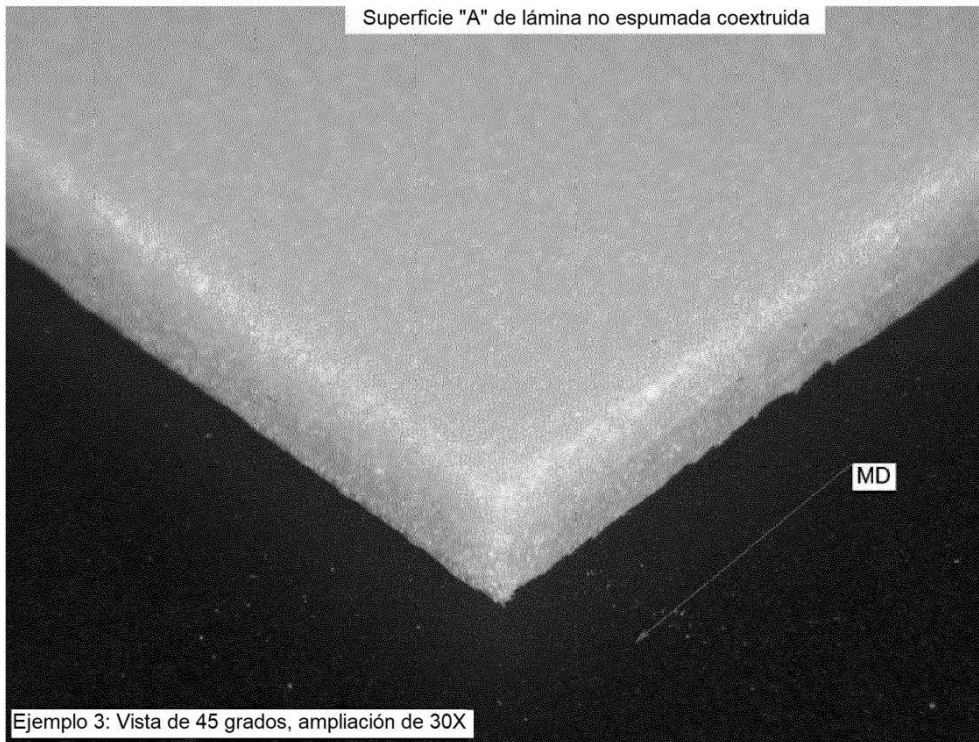


FIG. 10

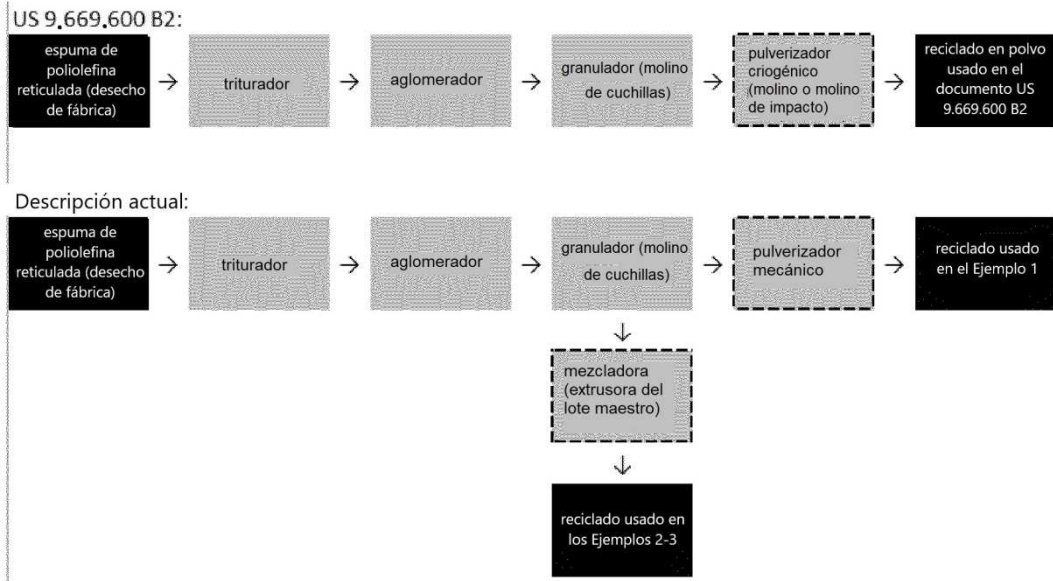


FIG. 11