

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 041**

51 Int. Cl.:

B29C 44/50	(2006.01)	B29C 48/86	(2009.01)
B29C 44/34	(2006.01)		
B01J 19/20	(2006.01)		
B29C 44/60	(2006.01)		
B29C 35/16	(2006.01)		
B29C 48/285	(2009.01)		
B29C 48/68	(2009.01)		
B29C 48/691	(2009.01)		
B29C 48/76	(2009.01)		
B29C 48/80	(2009.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2020** **PCT/US2020/025484**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **08.10.2020** **WO20205637**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2020** **E 20721043 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2024** **EP 3946876**

54 Título: **Elemento de barril de inyección de líquido para extrusora de barril**

30 Prioridad:

29.03.2019 US 201916370223

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.11.2024

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

BEN-DAAT, DAN;
BALDWIN, JESSE JUDE;
BOCK, KAITLYN MICHELLE y
SIERADZKI, PAWEL

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 985 041 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

Elemento de barril de inyección de líquido para extrusora de barril

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

5 Esta solicitud reivindica el beneficio de la prioridad de la solicitud de patente no provisional estadounidense n.º 16/370223, presentada el 29 de marzo de 2019.

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un inyector de líquido para una extrusora de barril. Más específicamente, la invención se refiere a un elemento de barril de inyección de líquido incorporado en un barril de extrusora y que comprende por lo menos un puerto de inyección, un pocillo de sensor de temperatura y canales de enfriamiento.

10 Antecedentes de la invención

Las espumas especiales se pueden fabricar mediante un proceso que incluye molienda de materiales, mezclado de materiales, extrusión, irradiación y espumación. Este proceso puede producir espuma de polipropileno reticulado por irradiación, que puede utilizarse en aplicaciones de molduras interiores de automóviles, por ejemplo.

15 La figura 1 muestra componentes auxiliares utilizados en un proceso convencional para fabricar espuma de polipropileno reticulado por irradiación. El proceso que se mezcla en la figura 1 incluye componentes para moler materiales, mezclar una mezcla, extrusión, irradiación y espumación.

Aunque cualquier combinación de estas etapas se puede realizar en una única ubicación, también se pueden realizar en diferentes ubicaciones para minimizar los costes. Por ejemplo, fabricar espuma en el mismo sitio de producción donde se mezclan y extruyen los ingredientes del material suele ser más costoso que sencillamente enviar las estructuras extruidas para su posterior espumación en otro lugar. Las estructuras extruidas son más compactas para el transporte a otro sitio donde, por ejemplo, un fabricante de automóviles puede realizar la espumación.

20 En la etapa 100 de la figura 1, las resinas se transportan inicialmente a un sitio de producción y se alimentan a un molino que pulveriza las resinas en forma de polvo. Las resinas se forman en forma de bolitas, gránulos, astillas, escamas, perlas, cilindros, tubos o similares, antes de pulverizarse en forma de polvo. En la etapa 102, las resinas en polvo se almacenan en un silo de materias primas junto con otros ingredientes del material. En la etapa 104, la resina en polvo y otros ingredientes del material se mezclan usando un mezclador tipo Henschell, por ejemplo. Los otros ingredientes del material pueden incluir un envase antioxidante, un agente reticulante, un agente soplador (es decir, agente espumante) y similares. En la etapa 106, la mezcla de material mezclado se extruye en estructuras usando una matriz en una extrusora de doble tornillo paralelo que tiene una relación corta entre longitud y diámetro (L/D), lo que minimiza el cizallamiento y el tiempo de permanencia. En la etapa 108, se utiliza un haz de electrones para producir estructuras reticuladas por irradiación. El proceso de espumación de la etapa 110 incluye precalentar la estructura reticulada por irradiación, seguido de un baño de sal que se utiliza como medio conductor de calor para activar el agente soplador en la estructura reticulada por irradiación para crear espuma. En la etapa 112, la espuma se enfría, se lava y se enrolla.

35 Otros procedimientos convencionales para fabricar espuma reticulada pueden utilizar reticulación química, en lugar de radiación, para producir espuma de polipropileno o polietileno reticulada por irradiación. Sin embargo, la reticulación química produce una espuma que no puede utilizarse en aplicaciones de molduras interiores de automóviles porque la espuma no es suave. Típicamente se utiliza una superficie lisa en molduras interiores de automóviles porque estas aplicaciones incluyen un bilaminado de espuma y una lámina laminada de TPO o PVC. En consecuencia, la reticulación química tiene un uso limitado para este tipo de aplicaciones porque no produce células espumosas uniformes. Otros procedimientos conocidos incluyen la extrusión reactiva, donde tiene lugar una reacción química o reticulación durante el proceso de extrusión.

45 Durante el proceso de extrusión, los aditivos habitualmente se introducen mediante inyección de líquidos en el barril de extrusora. Estas inyecciones se pueden realizar en diversas ubicaciones a lo largo del barril de extrusora y a niveles variables de presión de inyección. En algunos casos, el proceso de extrusión puede realizarse en un entorno de alta temperatura o crearlo. Como tal, es posible que la temperatura del entorno de extrusión sea superior al punto de ebullición de un aditivo líquido que se va a inyectar. Esto puede crear reacciones relacionadas con altas temperaturas dentro del líquido inyectado, tal como ebullición prematura, descomposición y polimerización, entre otras.

50 Además, algunos líquidos inyectados en el barril de extrusora pueden ser inflamables. Si la temperatura del entorno de extrusión es demasiado alta, estos líquidos inflamables pueden producir riesgos de seguridad extremos.

El documento US 2015/0183142 A1 se refiere a procedimientos y procesos de fabricación de espuma de polipropileno reticulado por irradiación.

Compendio de la invención

Como se analiza anteriormente, pueden surgir muchos problemas si la temperatura del líquido que se inyecta en el barril de extrusora aumenta demasiado. Como tal, puede ser importante mantener la temperatura del líquido que se inyecta por debajo de determinada temperatura (p. ej., su punto de ebullición). El control y/o mantenimiento de la temperatura del líquido que se inyecta en el barril de extrusora puede impedir reacciones relacionadas con el calor elevado dentro del líquido inyectado, tal como ebullición prematura, descomposición y/o polimerización. Además, el control de la temperatura del líquido inyectado también puede mantener/controlar las características de fluidez del líquido, lo que permite un mejor control sobre el caudal volumétrico del líquido. Además, si el líquido es inflamable, el control de la temperatura puede mejorar la seguridad del proceso de extrusión ya que puede minimizar el riesgo de creación de humos inflamables en presencia de calor elevado procedente de un barril de extrusora adyacente.

Los solicitantes han descubierto un elemento de barril de inyección de líquido que puede incorporarse a un sistema de barril de extrusora que incluye canales de enfriamiento dentro del elemento de barril para controlar la temperatura del elemento. Estos canales de enfriamiento pueden permitir que el líquido que se inyecta en el barril a través del elemento de barril se mantenga a una determinada temperatura (preferiblemente por debajo del punto de ebullición del líquido). Este elemento de barril de inyección de líquido también puede incluir un pocillo de sensor de temperatura para medir la temperatura del elemento de barril cerca del puerto donde se inyectará el líquido. En base a la lectura de temperatura del pocillo de sensor de temperatura, el caudal de fluido de enfriamiento a través de los canales de enfriamiento se puede ajustar de modo que la temperatura del elemento de barril sea adecuada para la inyección de líquido para un líquido de inyección determinado.

En algunas realizaciones, un elemento de barril para una extrusora de barril incluye un cuerpo que tiene una abertura interior que se extiende a través de la anchura del cuerpo, en el que el cuerpo comprende: por lo menos un puerto de inyección que se extiende desde un primer lado externo del cuerpo hasta la abertura interior; un pocillo de sensor de temperatura que se extiende desde el primer lado externo del cuerpo hacia la abertura interior; un canal de enfriamiento de entrada que se extiende desde un segundo lado externo del cuerpo en una primera dirección; un canal de enfriamiento de salida que se extiende desde un tercer lado externo del cuerpo en la primera dirección; y una pluralidad de canales de conexión de enfriamiento que se extienden en una segunda dirección, en el que el canal de enfriamiento de entrada y el canal de enfriamiento de salida están conectados de forma fluida por la pluralidad de canales de conexión de enfriamiento. En algunas realizaciones, por lo menos un puerto de inyección está conectado de forma fluida entre el primer lado externo del cuerpo y la abertura interior. En algunas realizaciones, por lo menos un puerto de inyección se extiende desde el primer lado externo del cuerpo en una dirección que es perpendicular a una tangente de un perímetro exterior de la abertura interior. En algunas realizaciones, el cuerpo comprende un segundo puerto de inyección que se extiende desde el primer lado externo del cuerpo hasta la abertura interior. En algunas realizaciones, el segundo puerto de inyección está conectado de forma fluida entre el primer lado externo del cuerpo y la abertura interior. En algunas realizaciones, un extremo distal del pocillo de sensor de temperatura está cerrado. En algunas realizaciones, el extremo distal del pocillo de sensor de temperatura está adyacente a una salida de por lo menos un puerto de inyección. En algunas realizaciones, el segundo lado externo del cuerpo y el tercer lado externo del cuerpo son iguales. En algunas realizaciones, el canal de enfriamiento de entrada y el canal de enfriamiento de salida son paralelos. En algunas realizaciones, el canal de enfriamiento de entrada y el canal de enfriamiento de salida están en lados opuestos de la abertura interior. En algunas realizaciones, la pluralidad de canales de conexión de enfriamiento es perpendicular al canal de enfriamiento de entrada y/o al canal de enfriamiento de salida. En algunas realizaciones, el canal de enfriamiento de entrada se extiende hacia el primer lado externo del cuerpo. En algunas realizaciones, el canal de enfriamiento de salida se extiende hacia el primer lado externo del cuerpo. En algunas realizaciones, la pluralidad de canales de conexión de enfriamiento comprende un primer grupo de canales de conexión de enfriamiento y un segundo grupo de canales de conexión de enfriamiento. En algunas realizaciones, el primer grupo de canales de conexión de enfriamiento y el segundo grupo de canales de conexión de enfriamiento están en lados opuestos de la abertura interior. En algunas realizaciones, la anchura del cuerpo es de 20 a 60 mm.

En algunas realizaciones, un procedimiento de fabricación de una estructura extruida incluye introducir resina en un alimentador de una extrusora; introducir un agente reticulante líquido en la extrusora a través de un elemento de barril en una ubicación situada más abajo del alimentador, en el que el elemento de barril comprende: un cuerpo que tiene una abertura interior que se extiende a través de la anchura del cuerpo, en el que el cuerpo comprende: por lo menos un puerto de inyección que se extiende desde un primer lado externo del cuerpo hasta la abertura interior; un pocillo de sensor de temperatura que se extiende desde el primer lado externo del cuerpo hacia la abertura interior; un canal de enfriamiento de entrada que se extiende desde un segundo lado externo del cuerpo en una primera dirección; un canal de enfriamiento de salida que se extiende desde un tercer lado externo del cuerpo en la primera dirección; una pluralidad de canales de conexión de enfriamiento que se extienden en una segunda dirección, en el que el canal de enfriamiento de entrada y el canal de enfriamiento de salida están conectados de forma fluida mediante la pluralidad de canales de conexión de enfriamiento; introducir un agente soplador químico en la extrusora en una ubicación situada más abajo de la ubicación donde se introduce el agente reticulante líquido en la extrusora; y extruir una estructura desde la extrusora. En algunas realizaciones, el procedimiento incluye irradiar la estructura extruida para producir una estructura extruida reticulada. En algunas realizaciones, el procedimiento incluye espumar la estructura extruida reticulada para producir una estructura de espuma. En algunas realizaciones, la espumación incluye precalentar la estructura extruida reticulada. En algunas realizaciones, la espumación incluye el uso de un baño de sal como fuente de calor para activar el agente soplador químico en la estructura extruida reticulada. En algunas

realizaciones, la espumación incluye el uso de por lo menos uno de entre un calentador radiante, un horno de aire caliente o energía de microondas como fuente de calor para activar el agente soplador químico en la estructura extruida reticulada. En algunas realizaciones, el agente soplador químico se introduce en la extrusora a través de una embutidora lateral situada más abajo de una ubicación donde se introduce el agente reticulante líquido en la extrusora.

En algunas realizaciones, la resina introducida en el alimentador no tiene forma de polvo. En algunas realizaciones, la resina se forma en forma de bolitas, gránulos, astillas, escamas, perlas, cilindros o tubos. En algunas realizaciones, la resina comprende un polímero de polipropileno que comprende polipropileno homopolímero, MAH-g-polipropileno, polipropileno modificado por impacto, copolímero de polipropileno etileno, MAH-g-copolímero de polipropileno y etileno, polipropileno de metaloceno, polipropileno de metaloceno-copolímero de etileno, copolímero de bloques de olefina de polipropileno de metaloceno con una secuencia de bloques controlada, plastómero de poliolefina de polipropileno, elastoplastómero de poliolefina de polipropileno, elastómero de poliolefina de polipropileno, mezcla de poliolefina termoplástica de polipropileno y mezcla elastomérica termoplástica de polipropileno. En algunas realizaciones, la estructura extruida tiene un perfil parecido a una lámina y es por lo menos uno de una película, una malla o una lámina. En algunas realizaciones, la extrusión se realiza con una extrusora de doble tornillo corrotativa. En algunas realizaciones, la extrusora tiene una relación entre la longitud y el diámetro del tornillo de 36:1 a 52:1. En algunas realizaciones, la extrusora tiene una longitud superior a 20 diámetros de tornillo. En algunas realizaciones, el alimentador está ubicado dentro de 4 diámetros de tornillo iniciales, el agente reticulante líquido se introduce en el elemento de barril dentro de 4 a 8 diámetros de tornillo y el agente soplador se introduce en la extrusora dentro de 16 a 20 diámetros de tornillo. En algunas realizaciones, cada tornillo gemelo tiene un diámetro de 27 a 135 mm. En algunas realizaciones, la temperatura dentro de la extrusora se mantiene por lo menos 10 grados Celsius por debajo de la temperatura de inicio de la descomposición térmica del agente soplador químico. En algunas realizaciones, el agente soplador químico tiene dominios, cada uno de ellos con un tamaño de radio inferior a 16 µm en la estructura extruida. En algunas realizaciones, el agente reticulante líquido es divinilbenceno. En algunas realizaciones, el agente soplador químico es azodicarbonamida. En algunas realizaciones, la espuma tiene una densidad de 20 a 250 kg/m³.

En algunas realizaciones, un procedimiento para fabricar una estructura extruida incluye introducir resina en una primera zona de la extrusora; introducir un agente reticulante líquido en un elemento de barril entre la primera zona y una segunda zona de una extrusora, en el que la segunda zona está situada más abajo de la primera zona y el elemento de barril comprende: un cuerpo que tiene una abertura interior que se extiende a través de la anchura del cuerpo, en el que el cuerpo comprende: por lo menos un puerto de inyección que se extiende desde un primer lado externo del cuerpo hasta la abertura interior; un pocillo de sensor de temperatura que se extiende desde el primer lado externo del cuerpo hacia la abertura interior; un canal de enfriamiento de entrada que se extiende desde un segundo lado externo del cuerpo en una primera dirección; un canal de enfriamiento de salida que se extiende desde un tercer lado externo del cuerpo en la primera dirección; una pluralidad de canales de conexión de enfriamiento que se extienden en una segunda dirección, en el que el canal de enfriamiento de entrada y el canal de enfriamiento de salida están conectados de forma fluida mediante la pluralidad de canales de conexión de enfriamiento; introducir un agente soplador químico en una tercera zona de la extrusora; y extruir una estructura en una cuarta zona de la extrusora. En algunas realizaciones, el procedimiento incluye irradiar la estructura extruida para reticular la resina de la estructura extruida. En algunas realizaciones, el procedimiento incluye espumar la estructura reticulada irradiada para producir una estructura de espuma. En algunas realizaciones, la tercera zona está situada más abajo de la segunda zona. En algunas realizaciones, la estructura extruida comprende del 30 al 80 % de polipropileno. En algunas realizaciones, la composición reticulada comprende un grado de reticulación del 20 al 75 %. En algunas realizaciones, la extrusión se realiza con una extrusora de doble tornillo corrotativa que tiene una longitud mayor que 20 diámetros de tornillo, la primera zona está dentro de los 4 diámetros de tornillo iniciales, la segunda zona está dentro de 4 a 8 diámetros de tornillo, y la tercera zona está dentro de 16 a 20 diámetros de tornillo.

En algunas realizaciones, una estructura extruida se produce mediante un procedimiento que incluye introducir resina en un alimentador de una extrusora; introducir un agente reticulante líquido en el elemento de barril en una ubicación situada más abajo del alimentador, en el que el elemento de barril comprende: un cuerpo que tiene una abertura interior que se extiende a través de la anchura del cuerpo, en el que el cuerpo comprende: por lo menos un puerto de inyección que se extiende desde un primer lado externo del cuerpo hacia la abertura interior; un pocillo de sensor de temperatura que se extiende desde el primer lado externo del cuerpo hacia la abertura interior; un canal de enfriamiento de entrada que se extiende desde un segundo lado externo del cuerpo en una primera dirección; un canal de enfriamiento de salida que se extiende desde un tercer lado externo del cuerpo en la primera dirección; una pluralidad de canales de conexión de enfriamiento que se extienden en una segunda dirección, en el que el canal de enfriamiento de entrada y el canal de enfriamiento de salida están conectados de forma fluida mediante la pluralidad de canales de conexión de enfriamiento; introducir un agente soplador químico en la extrusora; y extruir una estructura desde la extrusora, en el que el agente soplador químico tiene dominios cada uno de un tamaño de radio menor que 16 µm en la estructura extruida. Tal como se utilizan en la presente memoria, las formas en singular "un", "una", "el" y "la" están destinadas a incluir también las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. También debe entenderse que el término "y/o", tal como se utiliza en la presente memoria, se refiere y abarca todas las combinaciones posibles de uno o más de los elementos enumerados asociados. Se debe entender además que los términos "incluye", "incluyendo", "comprende" y/o "comprendiendo", cuando se utilizan en la presente memoria, especifican la presencia de las características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o unidades indicados, pero no excluyen la presencia o adición de una o más características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes, unidades y/o grupos de los mismos.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones ejemplares de la invención se describirán a continuación en referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- 5 la figura 1 muestra componentes auxiliares utilizados en un proceso convencional para fabricar espuma de polipropileno reticulado por irradiación;
- la figura 2 es un diagrama de flujo que muestra un proceso convencional para fabricar espuma de polipropileno reticulado por irradiación;
- 10 la figura 3 es un diagrama de flujo que muestra un proceso para fabricar espuma de polipropileno reticulado por irradiación sin las etapas de pulverización y mezcla utilizadas en los procesos convencionales, según realizaciones de la invención;
- la figura 4 es un diagrama de una extrusora corrotativa utilizada en un proceso de extrusión por mezclado directo, según realizaciones de la invención;
- la figura 5 muestra componentes auxiliares utilizados en los procesos para producir estructuras extruidas compuestas, según realizaciones de la invención;
- 15 la figura 6 muestra partes internas de una extrusora corrotativa, según realizaciones de la invención;
- la figura 7 ilustra las ubicaciones de secciones y zonas en una extrusora en relación con el elemento de barril, según realizaciones de la invención;
- la figura 8 ilustra características de calentamiento y enfriamiento de un segmento de barril de extrusora, según realizaciones de la invención;
- 20 la figura 9 muestra inyectores utilizados para inyectar un agente reticulante en una extrusora, según realizaciones de la invención;
- la figura 10 muestra un inyector utilizado para inyectar un agente reticulante en un elemento de barril, según realizaciones de la invención;
- la figura 11 muestra un ejemplo de una bomba de diafragma para líquidos, según realizaciones de la invención;
- 25 la figura 12 incluye imágenes de una mezcla buena y mala de DVB dependiendo de la ubicación de la inyección en un barril de extrusora, según realizaciones de la invención;
- la figura 13 incluye imágenes de secciones transversales de estructuras laminares examinadas con un aumento de 100X, según realizaciones de la invención;
- 30 la figura 14 ilustra una realización de un elemento de barril que actúa como espaciador entre dos secciones de barril de la extrusora;
- la figura 15 es una imagen de una vista frontal de una realización de un elemento de barril divulgado en la presente memoria;
- la figura 16A es una ilustración de una vista frontal que representa los componentes internos de una realización de un elemento de barril divulgado en la presente memoria;
- 35 la figura 16B es una ilustración de una vista lateral que representa los componentes internos de una realización de un elemento de barril divulgado en la presente memoria;
- la figura 17A es una ilustración de una vista frontal que representa los componentes internos de una realización de un elemento de barril divulgado en la presente memoria;
- 40 la figura 17B es una ilustración de una vista superior que representa los componentes internos de una realización de un elemento de barril divulgado en la presente memoria;
- la figura 17C es una ilustración de una vista lateral que representa los componentes internos de una realización de un elemento de barril divulgado en la presente memoria;
- la figura 18 es una ilustración de una vista frontal que representa los componentes internos de una realización de un elemento de barril divulgado en la presente memoria;
- 45 la figura 19 es una imagen de una vista frontal de una realización de un elemento de barril divulgado en la presente memoria;

la figura 20 es una imagen de una vista superior de una realización de un elemento de barril divulgado en la presente memoria;

la figura 21 es una imagen de una vista lateral de una realización de un elemento de barril divulgado en la presente memoria.

- 5 En las figuras, los números de referencia parecidos corresponden a componentes parecidos a menos que se indique lo contrario.

Descripción detallada de la invención

10 En la presente memoria se describen procedimientos y procesos de fabricación de espuma de polipropileno reticulado por irradiación. En algunas realizaciones, esto incluye la extrusión de todos los componentes del material, incluido un agente reticulante líquido, para fabricar estructuras extruidas para la producción de espuma de polipropileno reticulado por irradiación. Además, este agente reticulante líquido se puede añadir al proceso de extrusión a través de un elemento de barril de inyección de líquido que se puede incorporar al sistema de barril de extrusora. Este elemento de barril puede incluir canales de enfriamiento para controlar la temperatura del elemento de barril, así como un sensor de temperatura para medir la temperatura del elemento de barril.

15 Las estructuras extruidas pueden producirse en una ubicación, irradiarse en una ubicación diferente y convertirse en espuma aún en otra ubicación. Una estructura extruida, como se hace referencia en la presente memoria, tiene un perfil parecido a una lámina y puede ser una película, una malla, una lámina o similar. El proceso de producción de una estructura laminar extruida también puede denominarse laminado en la presente memoria. En consecuencia, esta divulgación describe la fabricación de estructuras extruidas como un proceso separado de la irradiación y la espumación, aunque todos pueden formar parte del mismo proceso en algunas realizaciones.

20 Los procedimientos convencionales para producir espuma de polipropileno reticulado por irradiación incluyen las etapas separadas de pulverización, mezclado de todos los componentes del material en un mezclador Henschel, extruir el material mezclado mediante una extrusora contrarrotativa con una relación corta entre longitud y diámetro (L/D), reticular la estructura extruida mediante un haz de electrones, y luego espumar la estructura reticulada con un medio conductor de calor para activar el agente soplador químico.

25 En los procedimientos convencionales, las bolitas de resina se pulverizan hasta convertirlas en polvo antes de mezclar la resina en polvo junto con otros ingredientes del material. Una forma de resina en polvo facilita la adsorción del agente líquido reticulante, tal como el divinilbenceno (DVB), en la mezcla. La adsorción es un proceso en el que un líquido se adhiere a la superficie del adsorbente, que en este caso es la resina pulverizada. El uso de resina no en polvo puede impedir que la mezcla adsorba el agente reticulante líquido porque se deposita en el fondo de un mezclador o recipiente de almacenamiento. La desintegración pulverulenta de la resina también facilita la creación de una combinación homogénea de los componentes del material en la mezcla porque muchos aditivos también se forman como polvo fino. Por ejemplo, el agente soplador químico azodicarbonamida (ADCA) tiene un tamaño de entre 18 y 30 micrones.

35 La figura 2 es un diagrama de flujo que muestra un proceso convencional para fabricar espuma de polipropileno reticulado por irradiación. En 200, las resinas se pulverizan en forma de bolitas hasta convertirlas en polvo. En 202, las resinas en polvo y otros ingredientes del material se combinan en una mezcla. En 204, se utiliza una extrusora para producir una estructura extruida, tal como una lámina. En 206, se utiliza un haz de electrones para producir una estructura reticulada por irradiación. En 208, la estructura reticulada por irradiación se convierte en un producto de espuma.

40 A diferencia de los procedimientos convencionales, los procedimientos y procesos descritos permiten la fabricación de estructuras extruidas a partir de una mezcla de ingredientes del material que incluye una resina, un agente reticulante y un agente soplador químico que se introducen directamente en una extrusora. Esto es ventajoso porque elimina la necesidad de pulverizar resinas y elimina la necesidad de un mezclador separado para mezclar la resina pulverizada con otros ingredientes del material. Esto también es ventajoso porque las estructuras extruidas se pueden producir sin requerir etapas, mano de obra y capital adicionales para crear resina en polvo en una mezcla con otros materiales. Los costes operativos se reducen aún más porque al eliminar la necesidad de pulverizar resina se elimina la necesidad de nitrógeno líquido criogénico para pulverizar material olefínico más blando.

45 La figura 3 es un diagrama de flujo que muestra un proceso para fabricar espuma de polipropileno reticulado por irradiación sin las etapas convencionales de pulverización y mezclado en el proceso que se mezcla en la figura 2. En 300, se utiliza la composición directa para la extrusión de láminas al introducir todos los ingredientes del material directamente en una extrusora para producir una estructura extruida. En 302, se utiliza un haz de electrones para reticular la estructura extruida. En 304, un proceso de espumación convierte la estructura reticulada por irradiación en espuma de polipropileno.

Pulverización y mezclado

Los proveedores normalmente proporcionan resinas en forma de bolitas. Las bolitas pueden tener un tamaño de 2 a 10 mm. Las bolitas de resina pueden pulverizarse como parte de un proceso de fabricación global o pulverizarse en una ubicación remota antes de la extrusión y el laminado. Los molinos criogénicos utilizan nitrógeno líquido para facilitar la molienda de materiales olefinicos blandos sin generación de calor ni grumos. Aunque el uso de nitrógeno líquido facilita la molienda, no es necesario producir resinas en polvo. La resina también se puede obtener en forma de escamas o en polvo, resultante directamente de un reactor de polimerización. Las escamas o el polvo del reactor pueden tener la distribución del tamaño de partícula que se muestra en la TABLA 1 a continuación, medida según la norma ASTM D5644. En algunos casos, las resinas de tamaños más pequeños no necesitan ser pulverizadas y están listas para usarse en el mezclado.

Tamaño de partícula %							Total = 100 %
mall a de 10	mall a de 20	mall a de 35	mall a de 60	mall a de 100	mall a de 140	Cubeta	
3,65	39,49	26,57	17,40	6,95	2,94	2,99	100

TABLA 1

Después de pulverizar las bolitas, la resina en general tiene una distribución del tamaño de partícula que se muestra en la TABLA 2. Así, el tamaño de la resina se puede reducir a menos de aproximadamente 2 mm. En los materiales olefinicos, tal como polipropileno o polietileno, la densidad aparente después de la pulverización en general está entre 25-55 g/100 cc, medida según la norma ASTM D1895.

Tamaño de partícula %							Total = 100 %
mall a de 10	mall a de 20	mall a de 35	mall a de 60	mall a de 100	mall a de 140	Cubeta	
0,20	12,16	38,95	36,75	9,65	2,35	-0,06	100

TABLA 2

La resina pulverizada se puede combinar con otros ingredientes y aditivos en un mezclador para mezclar todos los ingredientes del material. El mezclador puede ser, por ejemplo, un mezclador tipo Henschell. Los ingredientes del material pueden incluir, por ejemplo, resinas pulverizadas o escamas de reactor, un agente reticulante líquido, un agente soplador químico, un envase antioxidante y cualquier otro tipo de aditivo. Los ingredientes del material se escalan gravimétricamente al mezclador en una secuencia de etapas exacta para que no se produzcan grumos al mezclar el lote de ingredientes del material. Este lote de materiales se mezcla a baja velocidad durante un período de tiempo y luego a mayor velocidad. En general, el tiempo de mezclado implica un total de aproximadamente 9 a 10 minutos por lote de mezcla.

Extrusión

La extrusión es un proceso utilizado para crear estructuras que tienen un perfil de sección transversal fijo. Se utiliza una extrusora para crear estructuras extruidas. Los procedimientos y procesos descritos en la presente memoria pueden eliminar las etapas de pulverizar resinas y mezclar previamente los ingredientes del material porque todos los ingredientes del material pueden introducirse directamente a una extrusora. Los ingredientes del material pueden introducirse a través de un único puerto de la extrusora, o cada ingrediente se puede alimentar individualmente a la extrusora a través de puertos separados, o combinaciones de los mismos. Se puede realizar un mezclado previo de ingredientes de una composición de espuma para facilitar su dispersión, aunque no es necesario. Se puede utilizar un mezclador Henschell para dicho mezclado previo.

En la presente memoria se describe un proceso de extrusión que incluye la etapa de inyectar un agente reticulante líquido directamente en una extrusora para la fabricación de una estructura extruida, tal como láminas o películas de espuma. Aunque la mayor parte de este análisis será con respecto a un agente reticulante líquido, se pueden inyectar otros aditivos líquidos utilizando el elemento de barril de inyección de líquido descrito aquí. En algunas realizaciones, estos tipos de láminas compuestas se producen sin moler los materiales ni combinar una mezcla de los materiales antes de introducir la mezcla en la extrusora. Así, se puede utilizar un proceso de extrusión para fabricar productos de láminas de espuma compuesta de polipropileno reticulado por irradiación sin necesidad de moler ni mezclar previamente los materiales.

La figura 4 representa un diagrama de una extrusora corrotativa utilizada en un proceso de extrusión por mezclado directo. En algunas realizaciones, diferentes combinaciones de materias primas se alimentan a diferentes puertos de

la extrusora 400 corrotativa que se muestra en la figura 4. Dependiendo del producto de espuma que se produce, pueden introducirse diferentes materias primas directamente a la extrusora corrotativa para lograr una estructura extruida compuesta utilizada en la fabricación de una espuma de polipropileno reticulado por irradiación con un grosor, densidad y valor de reticulación objetivo específicos. Así, diversos factores influyen en el proceso de extrusión, incluidos el grosor objetivo, la densidad, el tipo de espuma y similares.

Los diferentes puertos en la figura 4 incluyen un alimentador 402 para resina, un puerto para un líquido 404 de inyección (p. ej., un agente reticulante tal como un inyector DVB), un puerto para un agente 408 de soplador químico (p. ej., una embutidora lateral ADCA) y un puerto 410 de vacío. La extrusora 400 también puede incluir un respiradero 406 atmosférico.

La extrusora 400 incluye múltiples secciones o zonas de barril. Cada sección de barril representa una longitud axial de, por ejemplo, 4 diámetros (4D) de la extrusora. En particular, la extrusora 400 representa una sección de alimentación y otras diez secciones que están situadas más abajo de la sección de alimentación. Aunque el número de barriles puede variar según diferentes realizaciones, la longitud total de la extrusora debe ser suficiente para mezclar los componentes del material para producir una mezcla con propiedades dispersivas y distributivas uniformes. En algunas realizaciones, la extrusora 400 incluye un elemento 5 de barril. El elemento de barril en sí se analizará con más detalle más adelante. Sin embargo, el elemento de barril puede incluir el puerto para un líquido 404 de inyección. Además, el elemento de barril puede estar entre dos secciones o zonas de barril adyacentes cualesquiera de la extrusora. Como tal, el elemento de barril puede actuar como un espaciador entre secciones o zonas de barril adyacentes. Por ejemplo, como se muestra en la figura 14, el elemento 5 de barril es un espaciador entre dos secciones o zonas de barril adyacentes de la extrusora. En algunas realizaciones, el elemento de barril puede estar entre la sección de barril de alimentación y la primera sección o zona de barril como se representa en la figura 4. En algunas realizaciones, el elemento de barril puede tener una longitud axial de, por ejemplo, 0,1 de diámetro (0,1D), 0,25 de diámetro (0,25D), 0,5 de diámetro (0,5D), 0,75 de diámetro (0,75D), 1 de diámetro (1D), 2 diámetros (2D), 3 diámetros (3D) o 4 diámetros (4D) de la extrusora. En algunas realizaciones, el elemento de barril puede tener una longitud axial de aproximadamente menos de 4 diámetros, aproximadamente menos de 3 diámetros, aproximadamente menos de 2 diámetros, aproximadamente menos de 1 diámetro, aproximadamente menos de medio diámetro de la extrusora. En algunas realizaciones, la anchura del elemento de barril en la dirección de la longitud axial de la extrusora puede ser por lo menos aproximadamente 20 mm, por lo menos aproximadamente 25 mm, por lo menos aproximadamente 30 mm, por lo menos aproximadamente 35 mm, por lo menos aproximadamente 40 mm, por lo menos aproximadamente 45 mm, por lo menos aproximadamente 50 mm o por lo menos aproximadamente 60 mm. En algunas realizaciones, la anchura del elemento de barril en la dirección de la longitud axial de la extrusora puede ser como máximo aproximadamente 60 mm, como máximo aproximadamente 55 mm, como máximo aproximadamente 50 mm, como máximo aproximadamente 45 mm, como máximo aproximadamente 40 mm, como máximo unos 35 mm, o como máximo unos 30 mm. En algunas realizaciones, la anchura del elemento de barril en la dirección de la longitud axial de la extrusora puede ser de aproximadamente 20 a 60 mm o de aproximadamente 25 a 50 mm.

La figura 5 muestra componentes auxiliares utilizados en el proceso global para producir estructuras extruidas compuestas. El proceso global incluye un nivel de mezclado y un nivel de laminado, para fabricar estructuras extruidas. La extrusora 500 que se muestra en la figura 5 corresponde a otra realización de la extrusora 400 que se muestra en la figura 4, pero la figura 5 muestra componentes auxiliares adicionales que también forman parte del proceso de fabricación. Muchos de los componentes auxiliares adicionales que se muestran en las figuras 4 y 5 están disponibles comercialmente.

El proceso a nivel de laminado incluye una extrusora 500 de doble tornillo corrotativa de alta velocidad y alta entrada de energía. Los ingredientes del material se alimentan a la extrusora 500 utilizando alimentadores 502 gravimétricos de pérdida de peso. Se alimenta un agente soplador químico (p. ej., ADCA) a través de la embutidora 504 lateral de la extrusora 500. La embutidora 504 lateral puede ser una unidad estándar dimensionada para extrusoras concretas. El puerto 506 de vacío se aplica a la extrusora 500 para eliminar sustancias volátiles o aire atrapado en la masa fundida de polímero. Eliminar estas impurezas ayuda a prevenir burbujas de aire o huecos en las estructuras extruidas que se manifiestan en defectos durante la espumación. Las presiones de vacío típicas pueden ser de 18 a 25 torr, en vacío absoluto. La bomba de vacío puede ser de tipo seco o de anillo líquido que utiliza agua de proceso enfriada para mantener un sellado.

La masa fundida se filtra a través de la placa 508 rompedora que contiene el filtro 510 en el extremo situado más abajo de la extrusora 500. Los filtros típicos pueden ser tan gruesos como de malla 20 o tan finos como de malla 250, que son cribas estándar de la industria para procesos de extrusión de plástico. Después de la filtración de la masa fundida, se utiliza la bomba 512 de engranajes (es decir, la bomba de masa fundida) para presurizar y mantener una salida uniforme a la matriz 514 de extrusión. En algunas realizaciones, la matriz 514 de extrusión tiene un diseño de percha de chaqueta que crea un perfil de lámina de grosor y anchura uniformes que posteriormente se vierte sobre una pila de rodillos de enfriamiento. El agente reticulante líquido se puede inyectar en el extremo situado más arriba de la extrusora 500 a través de un inyector. En algunas realizaciones, el inyector se puede conectar de forma fluida con el puerto de inyección de líquido del elemento de barril. El agente reticulante líquido se puede suministrar al inyector desde una bomba de líquido de baja o alta presión que puede ser una bomba de tipo pistón o diafragma especificada para un líquido, una viscosidad y un inyector concretos.

Las estructuras extruidas, tales como láminas, se producen sin etapas de molienda ni mezclado al alimentar las bolitas de polipropileno u otras resinas directamente a la extrusora 500. Se introduce un agente soplador químico en la extrusora 500 y se inyecta un agente reticulante líquido directamente en la extrusora 500. Este proceso de extrusión mezcla y compone adecuadamente los ingredientes del material juntos para lograr una combinación homogénea que esté bien mezclada con el agente soplador. El agente soplador se dispersa y distribuye eficazmente por toda la matriz polimérica. Durante el proceso de extrusión, la temperatura de fusión del polímero se mantiene por debajo de una temperatura de activación o descomposición del agente soplador para impedir la espumación prematura.

Los procesos y procedimientos descritos en la presente memoria pueden utilizar una extrusora de doble tornillo corrotativa que tiene una relación entre longitud y diámetro (L/D) más larga que las extrusoras utilizadas en los procedimientos convencionales. Es decir, el equipo requerido para la pulverización, combinación y mezclado se sustituye por segmentos o zonas adicionales en la extrusora 500 que pueden realizar estas operaciones específicas. Por ejemplo, cuando se utilizan resinas pulverizadas y materiales mezclados previamente, habitualmente la L/D suele estar entre 20:1 y 24:1. A diferencia de los procesos convencionales, una longitud de extrusora para la composición directa de una lámina extruida puede tener una relación L/D de 36:1 a 52:1, tal como 44:1. Así, las resinas en bolitas se alimentan a una garganta de la extrusora 500, el agente soplador químico se rellena lateralmente en la extrusora 500 y el agente reticulante líquido se inyecta directamente en la extrusora 500.

Una forma habitual de cuantificar las longitudes de las extrusoras es una relación entre la longitud del barril y el diámetro del tornillo (L/D). Por ejemplo, si una extrusora tiene un diámetro de tornillo interno de 100 mm y una longitud de 2000 mm, la relación L/D de esta extrusora es 20:1 L/D. La longitud axial de una extrusora, además de una ubicación a lo largo del eje, también se puede representar y notificar en diámetros. Por ejemplo, una extrusora de 100 mm de diámetro con una relación L/D de 20:1 a la que se hace referencia en una ubicación a 400 mm del puerto de alimentación podría representarse con cuatro diámetros de tornillo de longitud o 4D (4X100 mm). Esta es una forma habitual y práctica de hacer referencia a determinadas ubicaciones a lo largo de una extrusora, puesto que muchas extrusoras utilizan múltiples barriles modulares contruidos en longitudes de cuatro diámetros.

Se puede usar una extrusora contrarrotativa en procedimientos convencionales que procesan una mezcla que comprende el agente espumante para minimizar el cizallamiento y el calor y no provocar una espumación prematura al activar involuntariamente el agente soplador químico. Esto corresponde a una descomposición prematura del agente espumante. Por ejemplo, la temperatura de fusión por extrusión del perfil parecido a una lámina puede ser por lo menos 10 °C por debajo de la temperatura de inicio de la descomposición térmica del agente soplador químico.

La figura 6 muestra partes internas de una extrusora corrotativa típica, que, en este ejemplo, tiene una relación 36:1 (L/D). La figura 7 muestra detalladamente ubicaciones y secciones o zonas en relación con el elemento de barril señalado como espaciador de inyección.

El diámetro o tamaño de la extrusora puede variar, por ejemplo, desde aproximadamente 27 mm hasta 100 mm. Un diámetro de extrusora pequeño, tal como 27 mm, puede no producir suficiente salida para la producción comercial. Por otro lado, un diámetro que es demasiado grande (p. ej., mucho mayor que 100 mm) puede comprometer la mezcla porque el número de divisiones de masa fundida por kilogramo de material procesado se reduce a las mismas RPM, porque pasa más material a través de la extrusora 500. Por consiguiente, en algunas realizaciones, el diámetro de la extrusora es aproximadamente 27-235 mm, aproximadamente 40-100 mm, aproximadamente 40-80 mm o aproximadamente 60-100 mm, para la producción comercial de estructuras extruidas. En algunas realizaciones, el diámetro de la extrusora es de aproximadamente 40 mm, aproximadamente 50 mm o aproximadamente 87 mm.

El uso de extrusoras con relaciones L/D demasiado bajas o altas puede producir espumas defectuosas. Por ejemplo, una relación L/D de 20:1 puede no permitir suficientes elementos de mezcla junto con elementos medidores para bombear el material. Esto puede dar como resultado productos en láminas que incluyen materiales no fundidos y/o productos en láminas de tamaño reducido a causa de aditivos que no estaban uniformemente dispersados en los productos en láminas. Estos productos en láminas defectuosos pueden manifestarse en otros defectos durante el proceso final de espumación. Por otro lado, por ejemplo, una relación L/D de la extrusora de 60:1 puede ser demasiado larga. Una longitud de la extrusora demasiado larga puede resultar en demasiado tiempo de permanencia del polímero en la extrusora. Un mayor tiempo de permanencia puede provocar la degradación y activación prematura del agente espumante químico.

La extrusora puede tener un diseño de tornillo para fundir suficientemente los componentes poliméricos, como se muestra en la figura 7. La extrusora logra una mezcla congruente con las características de dispersión y distribución uniformes para obtener una combinación homogénea sin porciones sin fundir, ni partículas grandes y similares. Eliminar estos defectos de la mezcla ayuda a eliminar defectos que de otro modo se manifestarían durante el proceso de espumación.

La figura 13 incluye imágenes de secciones transversales de estructuras laminares examinadas con un aumento de 100X. La imagen de la izquierda es un ejemplo de un "buen mezclado" durante la extrusión. El tamaño del radio de cada dominio del agente soplador en polvo es igual o menor que aproximadamente 16 µm o 32 µm de diámetro. La imagen de la derecha es un ejemplo de "mal mezclado" durante la extrusión. En este caso, los dominios del agente soplador químico son mucho más grandes, de hasta 46 µm de radio. Estos grandes dominios del agente soplador

provocan defectos cuando posteriormente se espuma la lámina.

El proceso de extrusión incluye diferentes parámetros que se pueden controlar. Estos parámetros incluyen la tasa de alimentación, el porcentaje de componentes del material de la receta, las RPM del tornillo de la extrusora, las temperaturas de la zona del barril y la presión del cabezal. La presión de cabezal, como se menciona en la presente memoria, es la presión en la descarga de la extrusora 500. La figura 8 representa características de calentamiento y enfriamiento de un segmento de barril de la extrusora 500 que se puede usar para controlar las temperaturas del barril, por ejemplo. Independientemente de cómo se alimentan los ingredientes a la extrusora, la fuerza de cizallamiento y la mezcla dentro de la extrusora deben ser suficientes para producir una estructura extruida homogénea que tenga un perfil parecido a una lámina. El perfil parecido a una lámina puede ser una película, una malla o una lámina. En algunas realizaciones, una extrusora de doble tornillo corrotativa proporciona suficiente fuerza de cizallamiento y la mezcla a través del barril de la extrusora para extruir una lámina con propiedades uniformes.

La temperatura de extrusión del perfil parecido a una lámina puede ser por lo menos 10 °C por debajo de la temperatura de inicio de la descomposición térmica del agente soplador químico. Si la temperatura de extrusión sobrepasa la temperatura de descomposición térmica del agente soplador químico, entonces el agente soplador se descompondrá, lo que dará como resultado una espumación prematura indeseable.

Resinas

Las resinas alimentadas a la extrusora 500 pueden comprender polipropileno o una mezcla de polipropileno con otros materiales compatibles. El polietileno se utiliza habitualmente cuando se desean mezclas. En algunas realizaciones, estos dos materiales se mezclan para lograr las propiedades físicas deseadas que ninguna de las resinas base puede lograr por sí sola. La composición puede tener un efecto sinérgico al mezclar dos o más materiales. En algunas realizaciones, se pueden mezclar varios polipropilenos junto con múltiples materiales de tipo polietileno.

En algunas realizaciones, la estructura extruida comprende aproximadamente de 25 a 95 partes en peso de por lo menos un polímero de polipropileno que tiene un índice de fluidez en fusión (MFI) de aproximadamente 0,1 a 25 gramos por 10 minutos a 230 °C y/o por lo menos un polímero de polietileno que tiene un índice de fluidez en fusión de aproximadamente 0,1 a 25 gramos por 10 minutos a 190 °C. En algunas realizaciones, la resina incluye el 30-80 % de polipropileno con un equilibrio de polietileno.

En particular, el esfuerzo de cizallamiento es proporcional a la viscosidad de la velocidad de cizallamiento. Un índice de fluidez en fusión demasiado alto provoca que la viscosidad de la resina sea demasiado baja, lo que da como resultado un menor esfuerzo de cizallamiento para dispersar los ingredientes durante el proceso de extrusión y, en última instancia, produce defectos durante la espumación. Por otro lado, un índice de fusión demasiado bajo da como resultado una viscosidad demasiado alta, lo que provoca que se produzca un calentamiento por cizallamiento y una presión de extrusión alta. Esto puede provocar una activación prematura del agente espumante y una salida de extrusión mala. Por lo tanto, es preferible tener el índice de fluidez en fusión del polipropileno y polietileno entre 0,5 y 8 gramos por 10 minutos, o más preferiblemente entre 0,5 y 3,5 gramos por 10 minutos.

Las resinas alimentadas a la extrusora 500 pueden estar en forma de bolitas porque no es necesaria la molienda. El tamaño típico de las bolitas varía desde aproximadamente 2 mm en dimensión promedio ((longitud+anchura)/2) hasta aproximadamente 10 mm, y un tamaño de bolita habitual es de aproximadamente 4 mm. El tamaño de las bolitas también se puede representar en bolitas por gramo, y para las olefinas puede variar entre 200 y 10 para el tamaño dado de 2 mm a 10 mm, respectivamente. El uso de bolitas de menor tamaño puede aumentar el coste del aglomerado. Por otro lado, el uso de bolitas más grandes requiere más energía dispersiva para descomponer, fundir y homogeneizar completamente los materiales durante el proceso de extrusión.

Las resinas se alimentan a la extrusora 500 en el puerto 502 de alimentación principal, o el primer segmento de barril de la extrusora 500, dentro de una longitud de 4D, como se muestra en la figura 5. Como tal, el alimentador y/o el puerto de alimentación pueden ubicarse dentro de los 4 diámetros de tornillo iniciales de la extrusora. Las resinas de alimentación situadas más abajo de la extrusora 500 puede provocar resina no fundida en las estructuras extruidas porque las resinas se saltarán la sección de plastificación (es decir, fusión y mezcla) de los tornillos de alimentación de la extrusora 500. Por lo tanto, la resina sin fundir dará como resultado las láminas, lo que provocará defectos en la espuma.

El polipropileno, como se menciona en la presente memoria, es una resina polimérica que incluye polipropileno homopolímero, MAH-g-polipropileno, polipropileno modificado por impacto, copolímero de polipropileno etileno, MAH-g-copolímero de polipropileno y etileno, polipropileno de metaloceno, polipropileno de metaloceno-copolímero de etileno, copolímero de bloques de olefina de polipropileno de metaloceno con una secuencia de bloques controlada, plastómero de poliolefina de polipropileno, elastoplastómero de poliolefina de polipropileno, elastómero de poliolefina de polipropileno, mezcla de poliolefina termoplástica de polipropileno y mezcla elastomérica termoplástica de polipropileno. Otro ejemplo de polipropileno es un homopolipropileno isotáctico. El polietileno, como se hace referencia en la presente memoria, es una resina de polímero que incluye LDPE, MAH-g-LDPE, LLDPE, MAH-g-LLDPE, VLDPE, VLLDPE, HDPE, MAH-g-HDPE, copolímero de polietileno-propileno, MAH-g-copolímero de polietileno-propileno, polietileno de metaloceno, MAH-g-polietileno de metaloceno, copolímero de etileno propileno de metaloceno,

copolímero de etileno propileno de metaloceno, copolímero de bloques de olefina de polietileno de metaloceno (con una secuencia de bloques controlada), EVOH, EVA, MAH-g-EVA, EMA, MAH-g-EMA, EGMA, MAH-g-EGMA, EBA, MAH-g-EBA, EEA, MAH-g-EEA, EAA y MAH-g-EAA.

5 Un polipropileno modificado por impacto es un homopolipropileno o copolímero de polipropileno de etileno (copolímero de PP aleatorio) con caucho de copolímero de etileno propileno. El caucho puede ser amorfo o semicristalino, pero no está en cantidades suficientes para otorgar al material propiedades plastoméricas o elastoméricas. Los ejemplos de polipropileno modificado por impacto disponibles comercialmente incluyen, pero no se limitan a, TI4003F, TI4015F y PRISMA(R) 6910 de Braskem y PRO-FAX® 8623 y PRO-FAX® SB786 de LyondellBasell.

10 El copolímero de polipropileno etileno es polipropileno con unidades de etileno aleatorias. Los ejemplos de copolímero de polipropileno etileno disponibles comercialmente incluyen, pero no se limitan a, 6232, 7250FL y Z9421 de Total Petrochemicals, 6D20 y DS6D81 de Braskem, y PRO-FAX® RP311H y ADSYL™ 7415 XCP de LyondellBasell.

Agente reticulante y elemento de barril

15 Se puede utilizar un agente reticulante para reticular el polipropileno y mezclarlo con polietileno bajo irradiación con haz de electrones porque las resinas de polipropileno no se reticulan por sí solas. Por el contrario, determinados tipos de polietileno, por ejemplo, LDPE, VLDPE y otros copolímeros, pueden reticularse sin utilizar un agente reticulante. En algunas realizaciones, las espumas de polipropileno pueden incluir espumas de olefinas que contienen alguna porción de resina de PP que está reticulada y podrían incluir mezclas con polietileno, EVA o similares.

20 En algunas realizaciones, se inyecta un agente reticulante líquido en la extrusora en el elemento de barril directamente después de la sección o zona del barril de alimentación de la extrusora. Como tal, el agente reticulante líquido se puede inyectar en la extrusora a través de un elemento de barril entre la sección del barril de alimentación y la primera zona de la extrusora. Las figuras 15, 19, 20 y 21 son imágenes de un elemento de barril utilizado para inyectar un líquido en la extrusora.

25 La figura 16 ilustra una vista frontal (16A) y una vista lateral (16B) de una realización de un elemento de barril que también incluye canales y puertos internos. El elemento 5 de barril puede incluir un cuerpo 6 que tiene una abertura 7 interior. La abertura interior puede extenderse a través de la anchura del elemento de barril (es decir, la longitud axial del elemento de barril) desde una primera cara 8 hasta una segunda cara 9 del elemento de barril. La abertura interior puede ser del mismo tamaño que las aberturas del cilindro de las diversas secciones del barril de la extrusora, de modo que el tornillo o tornillos de la extrusora puede(n) pasar a través de la abertura.

30 Además, el elemento de barril puede presentar orificios 10 de conexión. Estos orificios de conexión pueden extenderse a través de la anchura del elemento de barril (es decir, la longitud axial del elemento de barril) desde la primera cara hasta la segunda cara del elemento de barril. Estos orificios de conexión se pueden utilizar para unir secciones de barril de la extrusora a ambos lados del elemento de barril. Por ejemplo, se puede unir una sección de barril (p. ej., una zona de alimentación) a la primera cara de la extrusora y se puede unir una segunda sección de barril (p. ej., una primera zona) a la segunda cara de la extrusora. Estas secciones de barril se pueden unir al elemento de barril por muchos medios, incluidos tornillos.

40 El elemento de barril también puede incluir por lo menos un puerto 11 de inyección. En las figuras 16, 17 y 18, por lo menos un puerto de inyección se muestra como líneas de puntos que indican que el puerto es un canal dentro del cuerpo del elemento de barril. El por lo menos un puerto de inyección puede extenderse desde un primer lado 12 externo del elemento de barril hacia la abertura 7 interior. Además, por lo menos un puerto de inyección puede incluir una entrada 13 en el primer lado externo del elemento de barril y una salida 14 que se abre hasta la abertura interna del elemento de barril. Como tal, por lo menos un puerto de inyección puede estar conectado de forma fluida entre el primer lado externo del cuerpo y la abertura interior. Por consiguiente, por lo menos un puerto de inyección se puede utilizar para introducir líquidos tales como un agente reticulante líquido en la extrusora.

45 Como se muestra en las figuras 17 y 18, el elemento de barril también puede incluir un segundo puerto 11A de inyección. De forma parecida al puerto 11 de inyección, el segundo puerto 11A de inyección puede extenderse desde un primer lado 12 externo del elemento de barril hacia la abertura 7 interior. Además, el segundo puerto de inyección puede incluir una entrada 13A en el primer lado externo del elemento de barril y una salida 14A que se abre hasta la abertura interna del elemento de barril. Como tal, el segundo puerto de inyección puede conectarse de forma fluida entre el primer lado externo del cuerpo y la abertura interior. En consecuencia, el segundo puerto de inyección se puede utilizar para introducir líquidos tales como un agente reticulante líquido en la extrusora. Estos puertos de inyección pueden formarse perforando el cuerpo del elemento de barril. Si el elemento de barril incluye múltiples puertos de inyección, por lo menos uno de los puertos de inyección puede estar obstruido. Como tal, es posible que el por lo menos un puerto de inyección que está obstruido no se utilice durante ese proceso de extrusión concreto.

55 En algunas realizaciones, por lo menos uno de los puertos de inyección puede extenderse hacia la abertura interna en una dirección que es perpendicular al primer lado externo del cuerpo como se muestra en las figuras 16A y 17A. En otras realizaciones, por lo menos uno de los puertos de inyección puede extenderse hacia la abertura interna en una dirección que forma un ángulo desde el primer lado externo del cuerpo como se muestra en las figuras 17A y 18. En algunas realizaciones, todos los puertos de inyección pueden extenderse hacia la abertura interna en una dirección

que forma un ángulo desde el primer lado externo del cuerpo como se muestra en la figura 18. En algunas realizaciones, por lo menos uno de los puertos de inyección se extiende desde un lado externo del cuerpo en una dirección que es perpendicular a una tangente del perímetro (18) exterior de la abertura interna como se muestra por los puertos 11 y 11A de inyección en las figuras.

5 Ejemplos de agentes reticulantes pueden incluir divinilbenceno (DVB) u otra composición con propiedades parecidas. En algunas realizaciones, se inyecta un agente reticulante líquido, tal como divinilbenceno (DVB), en el elemento de barril de la extrusora, entre la ubicación axial de 4D a 8D, 4D a 7D, 4D a 6D, 4D a 5D o 4D a 4,5D de la extrusora. El DVB se puede utilizar con grados de pureza variables y se puede obtener de diferentes proveedores comerciales, tal como Dow o Nippon. El DVB disponible comercialmente normalmente incluye un porcentaje de DVB y el equilibrio es
10 principalmente etilvinilbenceno (EVB). Cuando se utiliza un líquido DVB que contiene el 80 % de pureza (es decir, el 80 % en peso es divinilbenceno y el 20 % de etilvinilbenceno) y se elabora espuma de polipropileno, la cantidad inyectada normalmente está entre 2 y 4 phr (partes por cien partes de resina). Esta cantidad varía dependiendo del nivel de reticulación deseado. En algunas realizaciones, el DVB es del 2 al 3 % en peso de los ingredientes del material.

15 En algunas realizaciones, el DVB se añade a la extrusora a través de un inyector. La figura 9 muestra ejemplos de diversos tipos de inyectores disponibles comercialmente de Specialty Extrusion Solutions. Estos incluyen un inyector de válvula accionado por resorte, un inyector de válvula manual y un inyector de válvula neumática. Las válvulas accionadas por resorte se abren mediante inyección activada por presión. Las válvulas estándar accionadas por resorte funcionan en un intervalo de presión de 50 a 1500 psig y se abren a presiones preestablecidas. Las válvulas manuales se pueden ajustar desde completamente abiertas hasta cerradas para ajustar la presión y el caudal del DVB
20 inyectado. Las válvulas neumáticas utilizan presión de aire para controlar la posición de la válvula, lo que permite diversas presiones y caudales según sea necesario.

25 En algunas realizaciones, el DVB se añade a la extrusora a través de un inyector que tiene un orificio específico suficiente para bombear el DVB líquido a la extrusora a baja presión (≤ 50 psig) o alta presión (> 50 psig). La figura 10 muestra un inyector de baja presión. Independientemente del tipo de inyector y de la presión de inyección prevista, el inyector se inserta en un puerto de inyección del elemento de barril para permitir la adición de agente reticulante al extrusor.

30 En algunas realizaciones, el agente reticulante líquido se puede bombear al interior de la extrusora usando una bomba de diafragma. Los componentes internos y los sellados de la bomba de diafragma pueden tener resistividad a productos químicos como el DVB. Hay bombas de diafragma disponibles comercialmente, tal como la bomba de diafragma Lewa LDC. La figura 12 muestra un ejemplo de una bomba de diafragma para líquidos.

Puede producirse una dispersión insuficiente del DVB líquido si se inyecta después de la sección de plastificación del tornillo, tal como después de 16D. Esto puede dar como resultado concentraciones localizadas de DVB líquido en estructuras extruidas que se manifestarán en niveles incongruentes de reticulación durante la irradiación y en defectos durante la espumación, tales como burbujas o ampollas.

35 La figura 12 incluye imágenes de mezcla buena y mala de DVB dependiendo de la ubicación de inyección de un barril de extrusora. Las dos imágenes superiores muestran un DVB mal mezclado. En estos ejemplos, el DVB líquido se tiñó con un tinte negro y se inyectó después de 16D sin ningún agente soplador presente. Luego, la lámina compuesta resultante se examinó bajo un microscopio con un aumento de 400X para determinar cualitativamente qué tan bien se mezcló (es decir, se dispersó) el DVB dentro del polímero base. Está claro que la inyección después de 16D dio como
40 resultado grandes dominios de DVB que no se dispersaron ni se mezclaron muy bien dentro de los polímeros base. Además, si el líquido se inyecta en una sección de la extrusora bajo presión, la bomba debe superar esta presión de fusión para impedir que el inyector se obstruya o se tapone con polímero. Si el DVB se inyecta entre 4D y 12D, se logrará un buen mezclado y dispersión del DVB. La imagen en la parte inferior de la figura 12 muestra un buen mezclado del DVB, como resultado de la inyección entre 4D y 12D. En este ejemplo no se pueden observar grandes dominios de DVB teñidos.
45

Si el DVB se añade directamente a la alimentación entre 0 y 4D, se puede lograr una buena dispersión; sin embargo, puede humedecer el área de alimentación y provocar que el polímero y otros materiales se peguen y se rompan en grumos. Además, puede tener tendencia a acumularse en el fondo del barril. Por lo tanto, en algunas realizaciones, inyectar el DVB líquido en la extrusora entre 4D y 12D, entre 4D y 8D, entre 4D y 7D, entre 4D y 6D, entre 4D y 5D o
50 entre 4D y 4,5D puede permitir una dispersión adecuada del líquido dentro del polímero sometándolo a la sección de plastificación con alto cizallamiento de los tornillos y sin permitir que el líquido se acumule en el área de alimentación.

Otros monómeros reticulantes adecuados incluyen monómeros difuncionales, trifuncionales, tetrafuncionales, pentafuncionales y de mayor funcionalidad disponibles comercialmente. Estos monómeros reticulantes están disponibles en forma líquida, sólida, bolitas 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 metano de tetrametilol, dimetacrilato de 1,9-nonanodiol y dimetacrilato de 1,10-decanodiol; ésteres alílicos de ácido carboxílico (tales como éster trialílico del ácido trimelítico, éster trialílico del ácido piromelítico y éster dialílico del ácido oxálico); ésteres alílicos de ácido cianúlico o ácido isocianúlico tales como cianurato de trialilo e isocianurato de trialilo; compuestos de maleimida tales como N-

fenilmaleimida y N,N'-m-fenilen-bismaleimida; compuestos que tienen por lo menos dos trienlaces tales como dipropargilo de ácido ftálico y dipropargilo de ácido maleico; y divinilbenceno. Estos monómeros reticulables se pueden utilizar solos o en combinaciones de los mismos.

Se pueden usar diferentes procedimientos para componer y extruir estructuras, especialmente cuando se utilizan agentes reticulantes distintos del DVB. Por ejemplo, los agentes reticulantes pueden ser sólidos en lugar de líquidos, los cuales no pueden añadirse a una mezcla de ingredientes del material. Si se añade un agente reticulante sólido a la mezcla, aún es deseable pulverizar la resina para obtener una mezcla homogénea entre la resina y el agente soplador en polvo. Sin embargo, el uso de un DVB líquido como agente reticulante proporciona una reticulación más uniforme y controlada en comparación con el uso de agentes reticulantes sólidos.

El elemento de barril también puede incluir canales de enfriamiento. Los canales de enfriamiento están configurados para permitir que un fluido de enfriamiento entre en el elemento de barril y salga del elemento de barril eliminando el calor que puede acumularse en el elemento de barril. De forma parecida a los puertos de inyección, los canales de enfriamiento internos se muestran en líneas de puntos en las figuras 16, 17 y 18. Por ejemplo, un canal 15 de enfriamiento de entrada puede extenderse desde un segundo lado externo del cuerpo en una primera dirección. En algunas realizaciones, el canal de enfriamiento de entrada puede extenderse desde un segundo lado externo del cuerpo hacia el primer lado externo del cuerpo. Además, el elemento de barril puede incluir un canal 17 de enfriamiento de salida que se extiende desde un tercer lado externo del cuerpo. En algunas realizaciones, el segundo lado externo del cuerpo y el tercer lado externo del cuerpo son iguales. En algunas realizaciones, el canal de enfriamiento de salida puede extenderse en la primera dirección (es decir, la misma que el canal de enfriamiento de entrada). En otras realizaciones, el canal de enfriamiento de salida puede extenderse en una dirección diferente a la primera dirección. En algunas realizaciones, el canal de enfriamiento de entrada y/o el canal de enfriamiento de entrada pueden extenderse en una dirección desde un lado del elemento de barril hacia el lado opuesto. En algunas realizaciones, el canal de enfriamiento de entrada y/o el canal de enfriamiento de salida pueden extenderse en la dirección de la altura X del elemento de barril. En algunas realizaciones, el canal de enfriamiento de entrada puede extenderse en una dirección paralela a la dirección que se extiende el canal de enfriamiento de salida. En algunas realizaciones, el canal de enfriamiento de entrada y el canal de enfriamiento de salida están en lados opuestos de la abertura interna.

La figura 16A también muestra los canales 19 y 20 de conexión de enfriamiento. Estos canales de conexión de enfriamiento se pueden conectar de forma fluida al canal de enfriamiento de entrada y al canal de enfriamiento de salida de modo que un fluido de enfriamiento pueda fluir a través del canal de enfriamiento de entrada, a través de los canales de conexión de enfriamiento y luego a través del canal de enfriamiento de salida para salir del dispositivo. Como tal, los canales de conexión de enfriamiento están conectados de forma fluida entre el canal de enfriamiento de entrada y el canal de enfriamiento de salida. Los canales 19 y 20 de conexión de enfriamiento pueden extenderse en la dirección de la longitud Y del elemento de barril. En algunas realizaciones, los canales de conexión de enfriamiento pueden extenderse internamente desde un tercer lado externo del cuerpo. En algunas realizaciones, el canal 19 de conexión de enfriamiento y el canal 20 de conexión de enfriamiento pueden extenderse en una dirección desde un lado del elemento de barril hacia el lado opuesto. En algunas realizaciones, el canal 19 de conexión de enfriamiento y el canal 20 de conexión de enfriamiento pueden extenderse en una dirección paralela entre sí. En algunas realizaciones, el canal 19 de conexión de enfriamiento y el canal 20 de conexión de enfriamiento pueden extenderse en una dirección que es perpendicular al canal de enfriamiento de entrada y/o al canal de enfriamiento de salida. En algunas realizaciones, el canal 19 de conexión de enfriamiento y el canal 20 de conexión de enfriamiento están en lados opuestos de la abertura interna.

A diferencia de la figura 16A que muestra los canales 19 y 20 de conexión de enfriamiento únicos en lados opuestos de la abertura interna, la figura 17A y la figura 18 muestran dos grupos de una pluralidad de canales 19A y 20A de conexión de enfriamiento. La figura 17A ilustra un primer grupo 19A que tiene tres canales de conexión de enfriamiento y un segundo grupo 20A que tiene tres canales de conexión de enfriamiento. La figura 18 ilustra un primer grupo 19A que tiene cuatro canales de conexión de enfriamiento y un segundo grupo 20 que tiene cuatro canales de conexión de enfriamiento. Cada grupo puede tener un número cualquiera de canales de conexión de enfriamiento. Además, cada grupo de la pluralidad de canales de conexión de enfriamiento se puede conectar de forma fluida al canal de enfriamiento de entrada y al canal de enfriamiento de salida de modo que un fluido de enfriamiento pueda fluir a través del canal de enfriamiento de entrada, a través de cada uno de los canales de conexión de enfriamiento en la pluralidad de canales de conexión de enfriamiento y luego a través del canal de enfriamiento de salida para salir del dispositivo. Como tal, cada grupo de una pluralidad de canales de conexión de enfriamiento está conectado de forma fluida entre el canal de enfriamiento de entrada y el canal de enfriamiento de salida. En la dirección de la longitud Y del elemento de barril puede extenderse un grupo de una pluralidad de canales de conexión de enfriamiento. En algunas realizaciones, un grupo de una pluralidad de canales de conexión de enfriamiento puede extenderse internamente desde un tercer lado externo del cuerpo. En algunas realizaciones, un grupo de canales de conexión de enfriamiento puede extenderse en una dirección desde un lado del elemento de barril hacia el lado opuesto. En algunas realizaciones, un grupo de canales de conexión de enfriamiento puede extenderse en una dirección paralela a otro grupo de canales de conexión de enfriamiento. En algunas realizaciones, un grupo de canales de conexión de enfriamiento puede extenderse en una dirección que es perpendicular al canal de enfriamiento de entrada y/o al canal de enfriamiento de salida. En algunas realizaciones, dos grupos de canales de conexión de enfriamiento pueden estar en lados opuestos de la abertura interna.

Los grupos de una pluralidad de canales de enfriamiento pueden permitir que el elemento de barril mantenga y controle más fácilmente la temperatura. Si la temperatura del elemento de barril aumenta demasiado, el líquido de inyección puede polimerizarse, lo que obstruye por lo menos un puerto de inyección. Como tal, puede ser importante controlar y mantener una temperatura por debajo del punto de ebullición del líquido que se va a inyectar en por lo menos un puerto de inyección.

Los canales de enfriamiento (p. ej., entrada, salida, conexión) se pueden formar al perforar el cuerpo del elemento de barril. Como tal, algunos de los canales de enfriamiento pueden tener tapones 21. Estos tapones se utilizan para impedir que el líquido refrigerante salga del dispositivo en cualquier otro lugar que no sea la salida del canal de enfriamiento.

Para determinar si la temperatura del elemento de barril se mantiene adecuadamente para inyectar líquido, el elemento de barril puede incluir un pocillo 22 de sensor de temperatura. De forma parecida a los canales de enfriamiento y los puertos de inyección, el pocillo de sensor de temperatura se puede mostrar como líneas de puntos que indican que el pocillo está dentro del cuerpo del elemento de barril. El pocillo de sensor de temperatura se puede configurar para recibir un dispositivo de medición de temperatura tal como una sonda de temperatura para determinar la temperatura del elemento de barril cerca del sitio de inyección. El pocillo de sensor de temperatura puede extenderse desde un lado externo del elemento de barril hacia la abertura interior. En algunas realizaciones, el lado externo del elemento de barril puede ser el primer lado 12. Además de extenderse hacia la abertura interna, el pocillo de sensor de temperatura también puede extenderse hacia la salida de por lo menos un puerto de inyección. Así, el extremo 23 distal del pocillo de sensor de temperatura puede estar muy cerca o adyacente a la salida de por lo menos un puerto de inyección. Este extremo distal puede cerrarse (es decir, no tiene acceso a la abertura interna). En algunas realizaciones, el pocillo de sensor de temperatura se extiende en la dirección de altura X del elemento de barril. En algunas realizaciones, el pocillo de sensor de temperatura puede extenderse en una dirección paralela al canal de enfriamiento de entrada, al canal de enfriamiento de salida y/o por lo menos un puerto de inyección. En algunas realizaciones, el pocillo de sensor de temperatura puede extenderse desde un lado externo del cuerpo en una dirección que es perpendicular a una tangente del perímetro (18) exterior de la abertura interna.

Cuanto más cerca esté el extremo distal del pocillo de sensor de temperatura de la salida de por lo menos un puerto de inyección, mejor ya que esa ubicación proporciona una lectura de temperatura más exacta de la temperatura en el punto de inyección del líquido. En algunas realizaciones, el pocillo de sensor de temperatura puede ubicarse entre un primer puerto de inyección y un segundo puerto de inyección. En algunas realizaciones, el elemento de barril puede tener múltiples pocillos de sensor de temperatura. Por ejemplo, si el elemento de barril tiene múltiples puertos de inyección, cada puerto de inyección puede tener un pocillo de sensor de temperatura correspondiente que se extiende hacia él.

Como se muestra en las figuras 16B, 17B y 17C, los puertos de inyección, los canales de enfriamiento (hay una intersección entre por lo menos algunos de los diversos canales de enfriamiento para permitir que un fluido de enfriamiento fluya a través del dispositivo) y los pocillos de sensor de temperatura no intersecan. En consecuencia, cualquier fluido o dispositivo (p. ej., un dispositivo de medición de temperatura) que se desplace a través de un puerto no entraría en contacto con un canal de enfriamiento o el pocillo de sensor de temperatura; cualquier fluido o dispositivo que se desplace a través de un canal de enfriamiento no entraría en contacto con un puerto o el pocillo de sensor de temperatura; y cualquier fluido o dispositivo que se desplace en el pocillo de sensor de temperatura no entrará en contacto con un puerto o canal de enfriamiento.

Agente soplador

En algunas realizaciones, se alimenta un agente soplador químico (es decir, el agente espumante) a través de la embutidora 504 lateral a la extrusora 500 en un quinto segmento de barril, entre 16D y 20D a lo largo de la longitud axial. En particular, el agente soplador químico puede alimentarse anteriormente mediante un alimentador gravimétrico de pérdida de peso. En algunas realizaciones, la embutición lateral podría saltarse al introducir el agente soplador químico en una garganta o sección de alimentación de la extrusora, que corresponde al primer segmento de barril entre 0 y 4D. Sin embargo, saltarse la embutidora lateral aumenta la probabilidad de activar prematuramente el agente espumante en la sección de plastificación (fusión y mezcla). La sección de plastificación de la extrusora 500 proporciona discos de amasado agresivos que crean un cizallamiento dispersivo para fundir el polímero en las secciones dos y tres del barril y, a su vez, crean una generación viscosa de calor. Si los elementos de mezcla del tornillo se alteran para disminuir la generación de calor, puede producirse una fusión inadecuada de la resina en resinas de alto punto de fusión y alta viscosidad, además de crear una condición de "mal mezclado" con respecto al agente soplador, como se muestra en la figura 13. Por lo tanto, se prefiere no añadir el agente soplador químico en la sección de alimentación (p. ej., la primera sección del barril).

Por otro lado, añadir el agente soplador químico demasiado abajo entre 24D y 32D (p. ej., séptimo u octavo segmento) no permite una mezcla distributiva adecuada del agente, lo que resulta en grandes concentraciones o grumos que se manifestarán en defectos durante el proceso de espumación. Por lo tanto, se prefiere la embutición lateral del agente soplador químico entre 16D y 26D, o más preferiblemente entre 16D y 20D para lograr un "buen mezclado" y una incorporación adecuada en la masa fundida de polímero sin activación o descomposición prematura. La introducción del agente espumante en estas zonas de la extrusora facilita un "buen mezclado" y la incorporación sin activación o descomposición prematura para evitar el "mal mezclado" que se muestra en la figura 13.

Se puede usar cualquier tipo de agente soplador químico en el proceso de extrusión divulgado en la presente memoria. Ejemplos de agentes sopladores químicos incluyen compuestos azoicos, compuestos de hidrazina, carbazidas, tetrazoles, compuestos nitrosos y carbonatos. Se puede emplear un agente soplador químico solo o en cualquier combinación. Otros ejemplos de agentes sopladores químicos incluyen azodicarbonamida exotérmica (ADCA) en polvo, sistema endotérmico de carbonato ácido o combinaciones de los mismos.

En algunas realizaciones, se utiliza azodicarbonamida (ADCA) como agente soplador químico. La descomposición térmica del ADCA se produce típicamente a temperaturas entre 190 y 230 °C. En consecuencia, la temperatura de extrusión se mantiene a 190 °C o menos para impedir que el ADCA se descomponga térmicamente en la extrusora. El tamaño de partícula de ADCA normalmente está entre 9 y 50 micrones, dependiendo del grado.

El ADCA es un agente soplador preferido sobre los sistemas de carbonato ácido a causa del mayor volumen de gas generado. Como resultado, se requiere menos agente soplador para la misma expansión en comparación con un sistema endotérmico de carbonato ácido. En algunas realizaciones, un porcentaje de agente soplador utilizado está entre 1 y 30 partes por cien partes de resina (phr) para la producción de espuma de polipropileno reticulado por irradiación. En algunas realizaciones, la cantidad de ADCA es del 3 al 20 % de partes en peso de los ingredientes del material.

Un límite de temperatura más bajo para la extrusión es 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, entonces aparecen "masas sin fundir" indeseables en el perfil parecido a una lámina. Tras la espumación, un perfil parecido a una lámina extruido que se ha extruido por debajo de este límite de temperatura inferior presentará un grosor irregular, una estructura celular no uniforme, bolsas de colapso celular y otros atributos indeseables.

Si la diferencia entre la temperatura de descomposición de un agente soplador térmicamente descomponible y el punto de fusión de un polímero con un punto de fusión más alto es grande, entonces se puede usar un catalizador para la descomposición del agente soplador. Los catalizadores ejemplares incluyen, pero no se limitan a, óxido de zinc, óxido de magnesio, estearato de calcio, glicerina y urea.

Irradiación

En la etapa de irradiación, la estructura extruida se somete a irradiación con radiación ionizante a una exposición dada para reticular la composición, con lo que se obtiene una lámina reticulada.

La reticulación es un proceso de unión de cadenas de polímeros entre sí. Las reticulaciones pueden generarse usando una variedad de técnicas diferentes y pueden formarse tanto intermolecularmente, entre diferentes moléculas de polímero, como intramolecularmente entre porciones de una única molécula de polímero. Dichas técnicas incluyen proporcionar monómeros reticulantes que estén separados de una cadena polimérica y proporcionar cadenas poliméricas que incorporan un monómero reticulante que contiene un grupo funcional que puede formar una reticulación o activarse para formar una reticulación.

Una estructura extruida se somete a irradiación con radiación ionizante a una exposición dada para reticular la composición, con lo que se obtiene una estructura extruida reticulada. La radiación ionizante produce una estructura extruida con un aspecto superficial excelente y células uniformes. Se puede añadir un monómero reticulante para estimular la reticulación porque la radiación ionizante por sí sola no puede producir un grado suficiente de reticulación en polipropileno(s), materiales de polipropileno, alguno(s) polietileno(s) y algunos materiales de polietileno.

Ejemplos de radiación ionizante incluyen, pero no se limitan a, alfa, beta (haces de electrones), rayos X, gamma y neutrones. Entre ellos, se utiliza preferiblemente un haz de electrones que tiene energía uniforme para preparar estructuras extruidas irradiadas. El tiempo de exposición, la frecuencia de irradiación y la tensión de aceleración tras la irradiación con un haz de electrones pueden variar ampliamente dependiendo del grado de reticulación deseado y del grosor de la estructura extruida. Sin embargo, en general debería estar en el intervalo de aproximadamente 10 a 500 kGy, y preferiblemente de aproximadamente 20 a 300 kGy, y más preferiblemente de aproximadamente 20 a 200 kGy.

Si la exposición a la radiación es demasiado baja, entonces la estabilidad celular no se mantiene durante la espumación. Si la exposición es demasiado alta, la moldeabilidad de la lámina de espuma resultante puede ser mala. La moldeabilidad, tal como se hace referencia en la presente memoria, es una propiedad deseable cuando la lámina de espuma se utiliza en aplicaciones de termoconformado. Los componentes poliméricos también se degradarán debido a una escisión excesiva de la cadena polimérica. Asimismo, el perfil de la estructura extruida puede ablandarse mediante la liberación de calor exotérmico tras la exposición a la radiación de un haz de electrones, de modo que la estructura puede deformarse con una exposición excesiva.

La frecuencia de irradiación es preferiblemente no más de cuatro veces, más preferiblemente no más de dos veces, e incluso más preferiblemente solo una vez. Si la frecuencia de irradiación es superior a aproximadamente 4 veces, entonces los componentes poliméricos pueden sufrir degradación de modo que, al formar espuma, por ejemplo, no se crearán células uniformes en la composición de espuma resultante.

Cuando el grosor del perfil parecido a una lámina es superior a aproximadamente 4 mm, se prefiere irradiar cada superficie primaria del perfil con una radiación ionizada para hacer más uniforme el grado de reticulación de la(s) superficie(s) primaria(s) y la capa interna.

- 5 La irradiación con un haz de electrones proporciona la ventaja de que los perfiles parecidos a una lámina que tienen diversos grosores pueden reticularse eficazmente al controlar una tensión de aceleración de los electrones. La tensión de aceleración en general está en el intervalo de aproximadamente 200 a 3000 kV, y preferiblemente de aproximadamente 400 a 1200 kV, y más preferiblemente de aproximadamente 600 a 1000 kV.

- 10 Si la tensión de aceleración es inferior a aproximadamente 200 kV, entonces la radiación no puede alcanzar la parte interior del perfil parecido a una lámina. Como resultado, las células en la porción interior pueden ser rugosas e irregular tras formar la espuma. Además, una tensión de aceleración que sea demasiado baja para un perfil de grosor determinado provocará la formación de arcos, lo que dará como resultado "orificios" o "túneles" en la lámina de espuma. Por otro lado, los polímeros pueden degradarse y es posible que no se alcance la dosis adecuada en función de la sección transversal, si la tensión de aceleración es mayor que aproximadamente 1500 kV.

- 15 Independientemente del tipo de radiación ionizante seleccionada, la reticulación se realiza de modo que la composición esté reticulada del 20 al 75 % y más preferiblemente del 30 al 60 %, según se mide con el "método de la fracción de gel de Toray" y se detalla en las secciones siguientes.

Espumación

- 20 La espumación se puede realizar al calentar la estructura reticulada con sal fundida, calentadores radiantes, horno de aire caliente vertical, horno de aire caliente horizontal, energía de microondas o cualquier combinación de los mismos, para activar el agente espumante (es decir, el agente soplador químico) en la estructura extruida para expandir el polímero de la estructura. En algunas realizaciones, la espumación se puede realizar en un proceso de impregnación usando, por ejemplo, nitrógeno en una autoclave, seguido de una espumación libre mediante sal fundida, calentadores radiantes, horno de aire caliente vertical, horno de aire caliente horizontal, energía de microondas o cualquier combinación de los mismos.

- 25 En algunas realizaciones, se utiliza una combinación de sal fundida y calentadores radiantes para calentar un perfil parecido a una lámina reticulado. En algunas realizaciones, el perfil parecido a una lámina reticulado se puede ablandar con precalentamiento antes de la espumación. El precalentamiento ayuda a estabilizar la expansión del material parecido a una lámina tras formar la espuma.

- 30 La espumación se realiza al calentar la estructura extruida reticulada a una temperatura superior a la temperatura de descomposición del agente soplador térmicamente descomponible. Con el agente soplador ADCA térmicamente descomponible, la espumación se realiza en un proceso continuo a una temperatura de aproximadamente 200 a 260 °C o preferiblemente de aproximadamente 220 a 240 °C. Se prefiere un proceso de espumación continuo a un proceso discontinuo para la producción de una lámina de espuma continua.

- 35 Las espumas producidas usando los procedimientos y procesos descritos en la presente memoria pueden tener una sección o densidad total de aproximadamente 20 a 250 kg/m³, o preferiblemente de aproximadamente 30 kg/m³ a 125 kg/m³, según se mide con la norma JIS K6767. La densidad de la sección se puede controlar mediante la cantidad de agente soplador y el grosor del perfil de la estructura extruida. Si la densidad de una lámina es inferior a aproximadamente 20 kg/m³, entonces la lámina no forma espuma eficazmente debido a que se necesita una gran cantidad de agente soplador químico para alcanzar la densidad deseada. En consecuencia, resulta cada vez más difícil controlar la expansión, controlar la densidad y el grosor de la sección uniforme y prevenir el colapso celular.

- 40 Las composiciones de espuma no están limitadas a una densidad de sección de 250 kg/m³. También se puede producir una composición de espuma de 350 kg/m³, 450 kg/m³ o 550 kg/m³. Sin embargo, se prefiere una composición de espuma que tenga una densidad inferior a 250 kg/m³ porque las densidades mayores tienen un coste prohibitivo en comparación con otros materiales que pueden utilizarse para las mismas aplicaciones.

- 45 Las composiciones de espuma analizadas en la presente memoria tienen celdas cerradas. Preferiblemente, por lo menos el 90 % de las células tienen las paredes celulares intactas, más preferiblemente por lo menos el 95 %, incluso más preferiblemente más del 98 %. El tamaño de celda promedio es preferiblemente de 0,05 a 1,0 mm, y lo más preferiblemente de 0,1 a 0,7 mm. Si el tamaño de celda promedio es inferior a 0,05 mm, entonces la densidad de la espuma suele ser superior a 250 kg/m³. Si el tamaño de celda promedio es superior a 1 mm, la espuma tendrá una superficie irregular. También existe la posibilidad de que la composición de espuma se rompa de manera indeseable si la población de células en la espuma no tiene un tamaño de celda promedio preferido cuando la espuma se estira o se someten porciones a un proceso secundario. En algunas realizaciones, el tamaño de celda en una composición de espuma puede tener una distribución bimodal que representa una población de células en el núcleo de la composición de espuma que son relativamente redondas y una población de células en la piel, cerca de las superficies de la composición de espuma, que son relativamente planas, delgadas y/u oblongas.

- 55 En alguna realización, el grosor de la composición de espuma puede ser de aproximadamente 0,2 mm a 50 mm, preferiblemente de aproximadamente 0,4 mm a aproximadamente 40 mm, más preferiblemente de 0,6 mm a 30 mm,

e incluso más preferiblemente de 0,8 mm a 20 mm. Si el grosor es inferior a 0,2 mm, la espumación no es eficaz debido a la importante pérdida de gas de las superficies primarias. Si el grosor es mayor que aproximadamente 50 mm, cada vez más es difícil controlar la expansión y producir una estructura con densidad de sección y grosor uniformes.

5 En algunas realizaciones, la estructura extruida puede someterse a procesos secundarios, que incluyen, pero no se limitan a, estampado en relieve, tratamiento de corona o plasma, rugosidad de la superficie, alisado de la superficie, perforación o microperforación, empalmado, troceado, biselado, estratificación, unión, perforación de agujeros, y similares. Se puede obtener un grosor deseado de una estructura extruida, tal como una lámina, mediante troceado, biselado o unión para producir un grosor de 0,1 mm a aproximadamente 100 mm.

10 La composición de espuma también puede contener otros aditivos compatibles. Los aditivos habituales incluyen, pero no se limitan a, peróxidos orgánicos, antioxidantes, lubricantes, estabilizadores térmicos, colorantes, retardantes de llama, agentes antiestáticos, agentes nucleantes, plastificantes, antimicrobianos, antifúngicos, estabilizadores de luz, absorbentes de rayos UV, agentes antibloqueo, cargas, desodorantes, espesantes, estabilizadores del tamaño de celda, desactivadores de metales y combinaciones de los mismos.

Mediciones

15 Las propiedades de los materiales descritos en la presente memoria se miden según lo siguiente.

La reticulación se mide con el "método de la fracción de gel de Toray". Según este procedimiento, el disolvente tetralina disuelve el material no reticulado y el grado de reticulación se expresa como porcentaje en peso del material reticulado.

20 Un aparato utilizado para determinar el porcentaje de reticulación del polímero incluye un alambre de 100 mallas y 0,0045 pulgadas de diámetro; bolsas de acero inoxidable tipo 304; alambres y ganchos numerados; un aparato termostático de baño de aceite Miyamoto; una balanza analítica; una campana extractora; un quemador de gas; un horno de alta temperatura; una pistola antiestática; y tres recipientes de acero inoxidable de boca ancha de 3,5 litros con L/D. Los reactivos y materiales utilizados para determinar el porcentaje de reticulación incluyen disolvente de alto peso molecular tetralina, acetona y aceite de silicona.

25 En particular, se mide y registra el peso de una bolsa de malla metálica vacía. Para cada muestra, se pesan y transfieren aproximadamente 100 miligramos $\pm$ aproximadamente 5 miligramos de muestra a la bolsa de malla metálica. Se registra el peso de la bolsa de malla metálica y de la muestra, típicamente en forma de cortes de espuma. Cada bolsa está unida al alambre de número correspondiente y a los ganchos. Cuando la temperatura del disolvente alcanza los 130 °C, la combinación de bolsa y muestra se sumerge en el disolvente. Las muestras se agitan hacia arriba y hacia abajo unas 5 o 6 veces para aflojar las burbujas de aire y humedecer completamente las muestras. Las muestras se unen a un agitador y se agitan durante tres horas para que el disolvente disuelva la espuma. Luego las muestras se enfrían en una campana extractora.

35 Las muestras se lavan agitándolas hacia arriba y hacia abajo unas 7 u 8 veces en un recipiente de 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 con acetona nueva. Luego se cuelgan las muestras en una campana extractora durante aproximadamente 1 a aproximadamente 5 minutos para evaporar la acetona. Luego las muestras se secan en un horno de secado durante aproximadamente 1 hora a 120 °C. Las muestras se enfrían durante un mínimo de unos 15 minutos. La bolsa de malla metálica se pesa en una balanza analítica y se registra el peso.

40 Luego se calcula la reticulación mediante la fórmula $100 \cdot (CA)/(BA)$, donde A= peso de la bolsa de malla metálica vacía; B = peso de la bolsa metálica + muestra de espuma antes de la inmersión en tetralina; y C = peso de la bolsa metálica + muestra disuelta después de la inmersión en tetralina.

Se define el valor del índice de fluidez en fusión (MFI) para un polímero y se mide según la norma ASTM D1238 a 230 °C para polipropilenos y materiales de polipropileno, y a 190 °C para polietileno y materiales de polietileno con un émbolo de 2,16 kg durante 10 minutos. El tiempo de prueba puede reducirse para resinas con fluidez en fusión relativamente alta.

45 El MFI proporciona una medida de las características de fluidez 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 viscosidad baja, no se puede llevar a cabo satisfactoriamente la extrusión según la presente divulgación. Los problemas asociados con valores de MFI que son demasiado altos incluyen bajas presiones durante la extrusión, problemas para establecer el perfil de grosor de la lámina, perfil de enfriamiento irregular a causa de la baja viscosidad de la masa fundida, mala resistencia de la masa fundida y/o problemas de la máquina. Los valores de MFI que son demasiado bajos incluyen altas presiones durante el procesamiento de la masa fundida, calandrado, problemas de perfil y calidad de la lámina, y temperaturas de extrusión más altas que provocan un riesgo de descomposición y activación del agente espumante.

55 El MFI es una buena medida para la espumación porque refleja la viscosidad de un material y la viscosidad tiene un efecto sobre la espumación. Alcanzar un valor MFI concreto produce una composición de espuma eficaz. Un material con un MFI más bajo puede mejorar las propiedades físicas porque la longitud de la cadena molecular es mayor, lo

que crea más energía necesaria para que las cadenas fluyan cuando se aplica una tensión. Además, una cadena molecular (MW) más larga tiene más componentes que pueden cristalizar para proporcionar más resistencia a través de enlaces intermoleculares. Sin embargo, un MFI demasiado bajo hará que la viscosidad aumente demasiado.

Los polímeros con valores de MFI más altos tienen cadenas más cortas. En consecuencia, un volumen de un material con valores de MFI más altos tiene más extremos de cadena 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. Por ejemplo, la rotación se produce por encima de la Tg o temperatura de transición vítrea del polímero. Esto aumenta el volumen libre y permite una fluidez fácil bajo fuerzas de tensión. Para esta divulgación, el MFI debe estar dentro de los intervalos descritos para proporcionar un compromiso apropiado entre estas propiedades.

La distribución del tamaño de partícula se mide según la norma ASTM D5644. En particular, el material se tamiza y las cantidades que se capturan en un tamaño de malla concreto (p. ej., malla 10, 16, 30, 50, 80 y 100, y lo que se captura en una cubeta inferior) se notifican como porcentajes.

La energía específica se define como la energía aplicada en kilovatios al material que se procesa en la extrusora 500, normalizada por kilogramo. Fundamentalmente, la energía específica es un indicador de cuánto trabajo se aplica durante la extrusión y la intensidad del proceso de extrusión. La energía aplicada y específica se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Energía específica} = \frac{Kw \text{ (aplicada)}}{\text{Masa de alimentación}}$$

$$Kw \text{ (aplicada)} = \frac{\text{Potencia consumida por la extrusora (kW)} \times \text{Factor de eficiencia}}{\text{Factor de conversión de unidades}}$$

La densidad de una estructura extruida, tal como una lámina, se define y mide utilizando la densidad global o de sección, en lugar de la densidad del núcleo, según la norma JIS K6767.

Ejemplo

Una lámina extruida se compone directamente en una extrusora de doble tornillo corrotativa con L/D 44:1 utilizando la receta de materia prima que se muestra en la TABLA siguiente denominada "Ejemplo: Receta", que se irradiará y se espumará para producir una espuma con una densidad de 67 kg/m³, un grosor de 2,5 mm y un valor de reticulación del 40 %. El polipropileno, el polietileno, la mezcla madre antioxidante y el aditivo se alimentan a la sección de alimentación (es decir, el primer segmento de barril o ubicación 0-4D) utilizando alimentadores de pérdida de peso a una velocidad que es proporcional al tamaño de la extrusora que se utiliza. El ADCA se alimenta entre 16D y 20D utilizando una embutidora lateral, y el DVB se inyecta en el barril en 4D utilizando el inyector que se muestra en la figura 10 insertado en el elemento de barril divulgado de la presente invención a una presión inferior a 20 psig.

Las condiciones para extruir la lámina en el ejemplo 1 se muestran en la TABLA siguiente denominada "Ejemplo: parámetros de extrusión." En este ejemplo se utilizó un filtro de malla metálica de acero inoxidable de tejido holandés 70 (14 x 88) y la masa fundida se extruyó a través de una abertura de separación de la matriz de 1,400 mm para producir una lámina compuesta con un grosor de 1,325 mm. Las temperaturas de cada zona del barril, los adaptadores de la masa fundida, la bomba de engranajes y la matriz también se indican en la tabla. La presión de entrada a la bomba de engranajes está configurada para mantener una presión de 550 psi. Las RPM de la extrusora se ajustan a un valor de 84 para lograr un número suficiente de divisiones de la masa fundida y lograr una mezcla dispersiva y distributiva suficiente para que no se produzcan defectos durante la espumación. En estas condiciones de funcionamiento, la temperatura de fusión de la resina durante la extrusión es de aproximadamente 350 Fahrenheit medida después del paquete de filtro y antes de la bomba de engranajes, y la carga en el accionamiento es del 58 %. La energía específica transmitida a la mezcla de polímeros en este ejemplo es de 0,149 kW/(kg/h).

Ejemplo: La energía específica transmitida a la mezcla de polímeros en este ejemplo es de 0,149 kW/(kg/h).

Polipropileno: copolímero aleatorio disponible comercialmente con MFI de 1,85 g/10 min (230 Celsius, 2,16 kg) y una temperatura de fusión de aproximadamente 140 Celsius.	34,3 %
Polipropileno: copolímero aleatorio disponible comercialmente con MFI de 0,75 g/10 min (230 Celsius, 2,16 kg) y una temperatura de fusión de aproximadamente 147 Celsius.	34,3 %
Polipropileno: copolímero aleatorio de LLPDE-butenos disponible comercialmente con un MFI de 5 g/10 min (190 Celsius, 2,16 kg) y una temperatura de fusión de aproximadamente 125 Celsius.	17,1 %
Mezcla madre antioxidante: Resina portadora de LPDE que contiene el 14 % de una mezcla de antioxidantes activos compuesta de antioxidantes básicos de tipo fenólico y fosfito disponibles comercialmente para la extrusión de plásticos y el 0,35 % de estearato de calcio. MFI 9-17 g/10 min (190 Celsius, 2,16 kg)	4,7 %
ADCA (azodicarbonamida): agente espumante químico	5,5 %
DVB (divinilbenceno): disponible comercialmente con una pureza del 80 %	2,4 %

Aditivo: coadyuvante tecnológico disponible comercialmente compuesto en un copolímero de LLPDE-buteno, ingredientes activos 3,0 % de mezcla madre con MFI de 5,0 g/10 min (190 Celsius, 2,16 kg)	1,7 %
--	-------

Ejemplo: Parámetros de extrusión

Filtro	tejido holandés 70
Separación inicial del labio de la matriz	1,4 mm
Lámina extruida	1,325 mm
Zona de alimentación	-
Zona n.º 1	380 °F
Zona n.º 2	385 °F
Zona n.º 3	385 °F
Zona n.º 4	365 °F
Zona n.º 5	305 °F
Zona n.º 6	275 °F
Zona n.º 7	265 °F
Zona n.º 8	250 °F
Zona n.º 9	235 °F
Zona n.º 10	235 °F
Adaptadores	315 °F
GP (bomba de engranajes)	330 °F
Matriz	345 °F
RPM de la extrusora	84
Presión de entrada de GP objetivo	550 psi

Otras aplicaciones

- 5 Las composiciones de espuma divulgadas en la presente memoria se pueden utilizar para una variedad de aplicaciones adicionales. Se puede utilizar una composición de espuma suave y flexible como cinta o junta para sellar ventanas de doble panel, dispositivos electrónicos de mano y aparatos electrodomésticos. Se puede termoconformar una espuma firme y rígida para aplicaciones tales como un conducto de aire de automóvil.

- 10 En algunas realizaciones, las composiciones de espuma se pueden combinar con diferentes capas tales como, por ejemplo, una película y/o una capa de lámina. La espuma puede estar laminada en uno o ambos lados con estos materiales y puede comprender múltiples capas. Las capas pueden unirse mediante enlaces químicos, medios mecánicos, cargas electromagnéticas, atracciones hidrófobas o hidrófilas, o combinaciones de los mismos. La composición de espuma y la composición laminada se pueden utilizar en piezas interiores de automóviles tales como paneles de puertas, reposabrazos, consolas centrales, asientos y similares.

- 15 En algunas realizaciones, las composiciones de espuma también se pueden utilizar en mobiliario, particiones de habitaciones, carcasas, suelos y similares.

- 20 En algunas realizaciones, se pueden aplicar adhesivos sensibles a la presión tales como polímeros acrílicos, poliuretanos, elastómeros termoplásticos, copolímeros de bloque, poliolefinas, siliconas, adhesivos de caucho, copolímeros de etilhexilacrilato y ácido acrílico, copolímeros de acrilato de isooctilo y ácido acrílico, mezclas de adhesivos acrílicos, mezclas de adhesivos acrílicos, adhesivos de caucho y combinaciones de los mismos a por lo menos una de las superficies de espuma para facilitar la unión de la espuma a los objetos.

- 25 En algunas realizaciones, la espuma se puede troquelar en artículos útiles tales como juntas. El término "consiste fundamentalmente en" significa que la composición consiste casi exclusivamente en los componentes especificados, excepto que también pueden estar presentes sustancias componentes adicionales no especificadas que no afectan materialmente las características básicas y novedosas de la presente invención. Por ejemplo, la mezcla combinada puede incluir estabilizadores, colorantes, antioxidantes y otros aditivos según sea necesario en cantidades tales que no alteran su rendimiento intrínseco.

- 30 Esta solicitud divulga varios intervalos numéricos en el texto y las figuras. Los intervalos numéricos divulgados respaldan intrínsecamente cualquier intervalo o valor dentro de los intervalos numéricos divulgados, incluidos los extremos, incluso aunque no se establezca textualmente una limitación de intervalo exacta en la memoria descriptiva porque esta divulgación se puede poner en práctica en todos los intervalos numéricos divulgados.

- 5 La descripción anterior se presenta para permitir que un experto en la materia realice y utilice la divulgación, y se proporciona en el contexto de una aplicación concreta y sus requisitos. Diversas modificaciones de estas realizaciones preferidas resultarán fácilmente evidentes a los expertos en la materia, y los principios genéricos definidos en la presente memoria pueden aplicarse a otras realizaciones y aplicaciones sin apartarse del alcance de la divulgación. Así, esta divulgación no pretende limitarse a las realizaciones mostradas, sino que se le debe conceder el alcance más amplio congruente con los principios y características divulgados en la presente memoria.

REIVINDICACIONES

1. Un elemento (5) de barril para una extrusora de barril que comprende:

un cuerpo (6) que tiene una abertura (7) interior que se extiende a través de la anchura del cuerpo (6), en el que el cuerpo (6) comprende:

5 por lo menos un puerto (11) de inyección que se extiende desde un primer lado (12) externo del cuerpo (6) hasta la abertura (7) interior;

un pocillo (22) de sensor de temperatura que se extiende desde el primer lado (12) externo del cuerpo (6) hacia la abertura (7) interior;

10 un canal (15) de enfriamiento de entrada que se extiende desde un segundo lado (16) externo del cuerpo (6) en una primera dirección;

un canal (17) de enfriamiento de salida que se extiende desde un tercer lado externo del cuerpo (6) en la primera dirección; y

15 una pluralidad de canales (19, 20) de conexión de enfriamiento que se extienden en una segunda dirección, en el que el canal (15) de enfriamiento de entrada y el canal (17) de enfriamiento de salida están conectados de forma fluida mediante la pluralidad de canales (19, 20) de conexión de enfriamiento.

2. El elemento de barril de la reivindicación 1, en el que por lo menos una de las características siguientes se aplica con respecto al por lo menos un puerto (11) de inyección:

- el por lo menos un puerto (11) de inyección está conectado de forma fluida entre el primer lado (12) externo del cuerpo (6) y la abertura (7) interior;

20 - el por lo menos un puerto (11) de inyección se extiende desde el primer lado (12) externo del cuerpo (6) en una dirección que es perpendicular a una tangente de un perímetro exterior de la abertura (7) interior.

3. El elemento de barril de la reivindicación 1, en el que el cuerpo (6) comprende un segundo puerto (11A) de inyección que se extiende desde el primer lado (12) externo del cuerpo (6) hasta la abertura (7) interior, en el que preferiblemente el segundo puerto (11A) de inyección está conectado de forma fluida entre el primer lado (12) externo del cuerpo (6) y la abertura (7) interior.

25 y la abertura (7) interior.

4. El elemento de barril según la reivindicación 1, en el que un extremo (23) distal del pocillo (22) de sensor de temperatura está cerrado, en el que preferiblemente el extremo (23) distal del pocillo del sensor de temperatura (22) está adyacente a una salida del por lo menos un puerto de inyección.

30 5. El elemento de barril de la reivindicación 1, en el que el segundo lado (12) externo del cuerpo (6) y el tercer lado externo del cuerpo (6) son iguales.

6. El elemento de barril de la reivindicación 1, en el que se aplican una o más de las características siguientes con respecto a los canales de enfriamiento:

- el canal (15) de enfriamiento de entrada y el canal (17) de enfriamiento de salida son paralelos;

35 - el canal (15) de enfriamiento de entrada y el canal (17) de enfriamiento de salida están en lados opuestos de la abertura (7) interior;

- la pluralidad de canales (19, 20) de conexión de enfriamiento son perpendiculares al canal (15) de enfriamiento de entrada y/o al canal (17) de enfriamiento de salida;

- el canal (15) de enfriamiento de entrada se extiende hacia el primer lado (12) externo del cuerpo (6);

- el canal (17) de enfriamiento de salida se extiende hacia el primer lado (12) externo del cuerpo (6);

40 - la pluralidad de canales (19, 20) de conexión de enfriamiento comprende un primer grupo de canales de conexión de enfriamiento (19A) y un segundo grupo de canales de conexión de enfriamiento (20A), en el que preferiblemente el primer grupo de canales (19A) de conexión de enfriamiento y el segundo grupo de canales (20A) de conexión de enfriamiento están en lados opuestos de la abertura (7) interior.

7. El elemento de barril de la reivindicación 1, en el que la anchura del cuerpo (6) es de 20 a 60 mm.

45 8. Un procedimiento de fabricación de una estructura extruida, que comprende:

introducir resina en un alimentador de una extrusora;

introducir un agente reticulante líquido en la extrusora a través de un elemento (5) de barril en una ubicación situada más abajo del alimentador, en el que el elemento (5) de barril comprende:

un cuerpo (6) que tiene una abertura (7) interior que se extiende a través de la anchura del cuerpo (6), en el que el cuerpo (6) comprende:

5 por lo menos un puerto (11) de inyección que se extiende desde un primer lado (12) externo del cuerpo (6) hasta la abertura (7) interior;

un pocillo (22) de sensor de temperatura que se extiende desde el primer lado (12) externo del cuerpo (6) hacia la abertura (7) interior;

10 un canal (15) de enfriamiento de entrada que se extiende desde un segundo lado (16) externo del cuerpo (6) en una primera dirección;

un canal (17) de enfriamiento de salida que se extiende desde un tercer lado externo del cuerpo (6) en la primera dirección; y

15 una pluralidad de canales (19, 20) de conexión de enfriamiento que se extienden en una segunda dirección, en el que el canal (15) de enfriamiento de entrada y el canal (17) de enfriamiento de salida están conectados de forma fluida mediante la pluralidad de canales (19, 20) de conexión de enfriamiento;

introducir un agente soplador químico en la extrusora en una ubicación situada más abajo de la ubicación donde se introduce el agente reticulante líquido en la extrusora; y

extruir una estructura desde la extrusora.

20 9. El procedimiento de la reivindicación 8, que comprende además irradiar la estructura extruida para producir una estructura extruida reticulada; que comprende además espumar la estructura extruida reticulada para producir una estructura de espuma; en el que la espumación incluye utilizar por lo menos uno de entre un calentador radiante, un horno de aire caliente o energía de microondas como fuente de calor para activar el agente soplador químico en la estructura extruida reticulada; en el que preferiblemente la espuma tiene una densidad de 20 a 250 kg/m³; en el que
25 preferiblemente la espumación incluye precalentar la estructura extruida reticulada, en el que preferiblemente la espumación incluye el uso de un baño de sal como fuente de calor para activar el agente soplador químico en la estructura extruida reticulada.

30 10. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que la resina introducida en el alimentador no está en forma de polvo, en el que preferiblemente la resina se forma como bolitas, gránulos, astillas, escamas, perlas, cilindros o tubos, en el que aún más preferiblemente la resina comprende un polímero de polipropileno que comprende polipropileno homopolímero, MAH-g-polipropileno, polipropileno modificado por impacto, copolímero de polipropileno etileno, MAH-g-copolímero de polipropileno y etileno, polipropileno de metaloceno, polipropileno de metaloceno-copolímero de etileno, copolímero de bloques de olefina de polipropileno de metaloceno con una secuencia de bloques controlada, plastómero de poliolefina de polipropileno, elastoplastómero de poliolefina de polipropileno, elastómero de poliolefina de polipropileno, mezcla de poliolefina termoplástica de polipropileno y mezcla elastomérica termoplástica de polipropileno.
35

11. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que la extrusión se realiza con una extrusora de doble tornillo corrotativa.

12. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que la extrusora tiene una relación entre la longitud y el diámetro del tornillo de 36:1 a 52:1.

40 13. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que la extrusora tiene una longitud mayor que 20 diámetros de tornillo, en el que el alimentador está situado dentro de 4 diámetros de tornillo iniciales, el agente reticulante líquido se introduce en el elemento de barril dentro de 4 a 8 diámetros de tornillo y el agente soplador se introduce en la extrusora dentro de 16 a 20 diámetros de tornillo.

14. El procedimiento de la reivindicación 12, en el que cada tornillo gemelo tiene un diámetro de 27 a 135 mm.

45 15. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que se aplican una o más de las características siguientes:

- el agente soplador químico se introduce en la extrusora a través de una embutidora lateral situada más abajo de una ubicación donde se introduce el agente reticulante líquido en la extrusora;

- la estructura extruida tiene un perfil parecido a una lámina y es por lo menos uno de una película, una malla o una lámina;

50 - se mantiene una temperatura dentro de la extrusora se mantiene por lo menos 10 grados Celsius por debajo de la temperatura de inicio de la descomposición térmica del agente soplador químico;

- el agente soplador químico tiene dominios, cada uno de ellos con un tamaño de radio inferior a 16 μm en la estructura extruida;
- el agente reticulante líquido es divinilbenceno;
- el agente soplador químico es la azodicarbonamida.

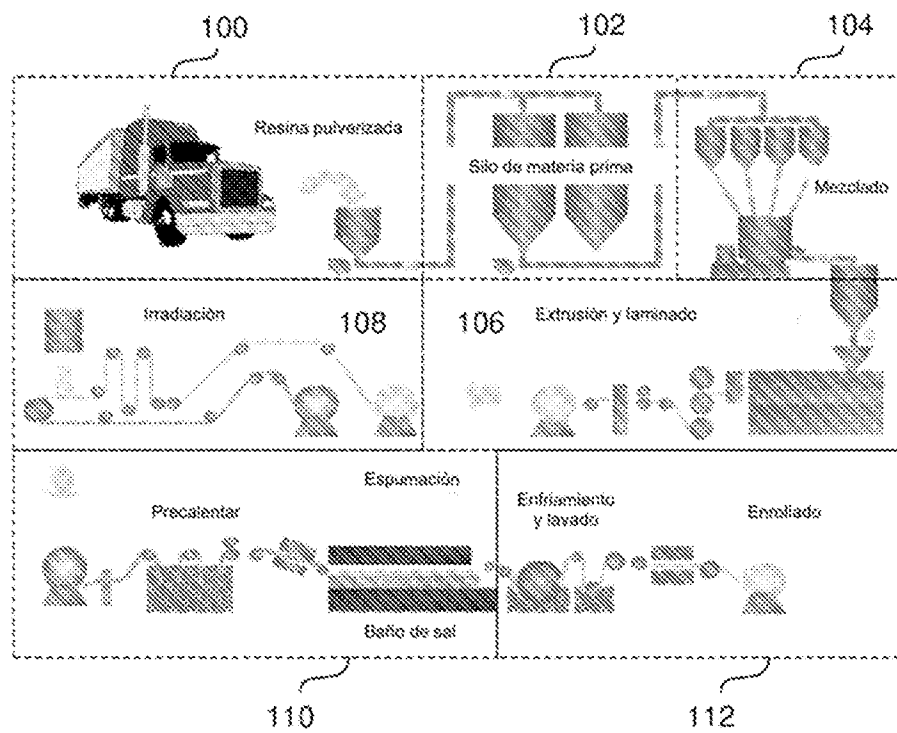


FIG. 1

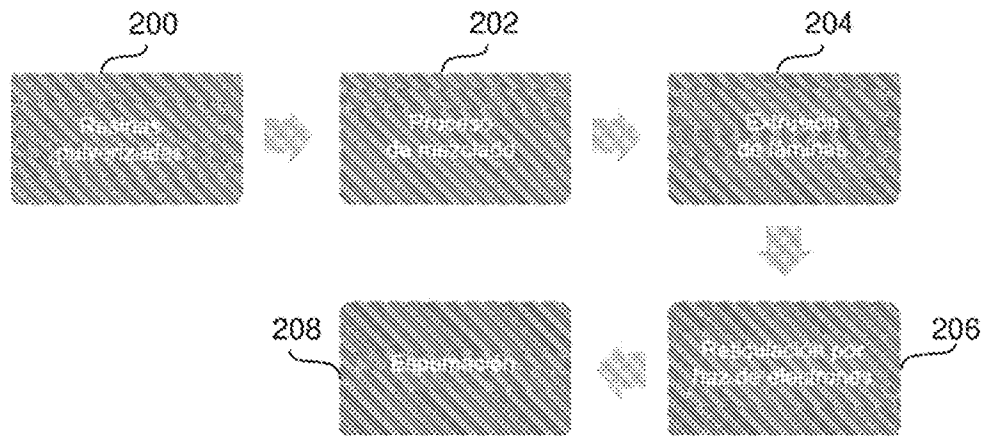


FIG. 2

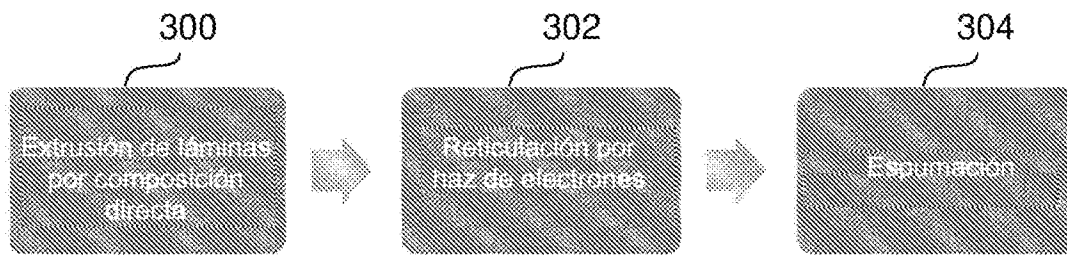


FIG. 3

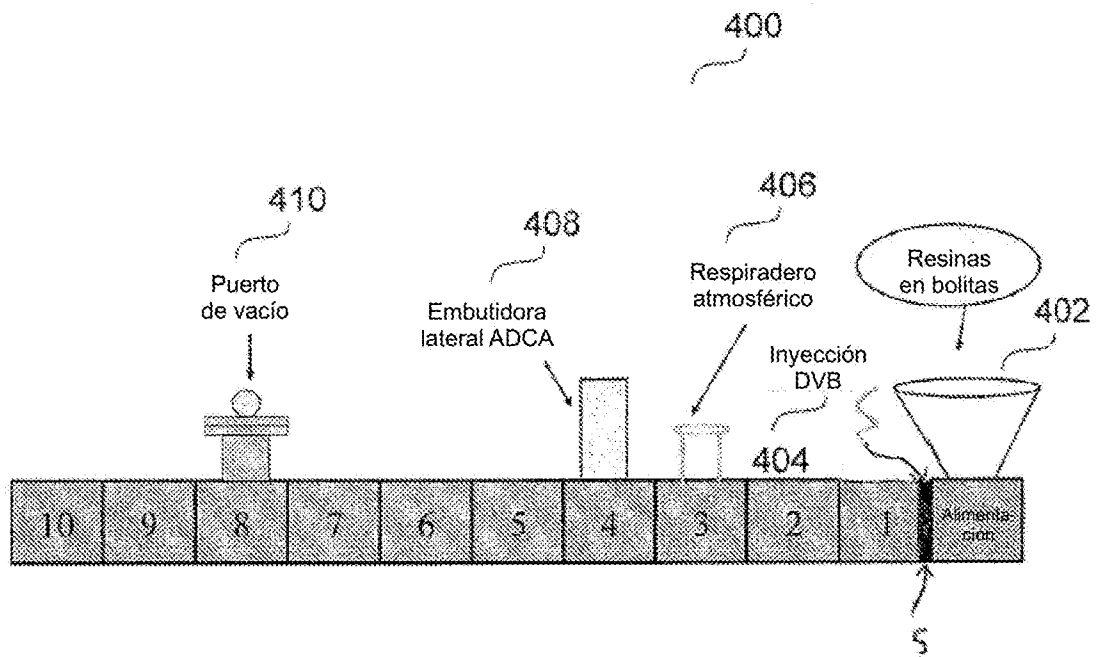


FIG. 4

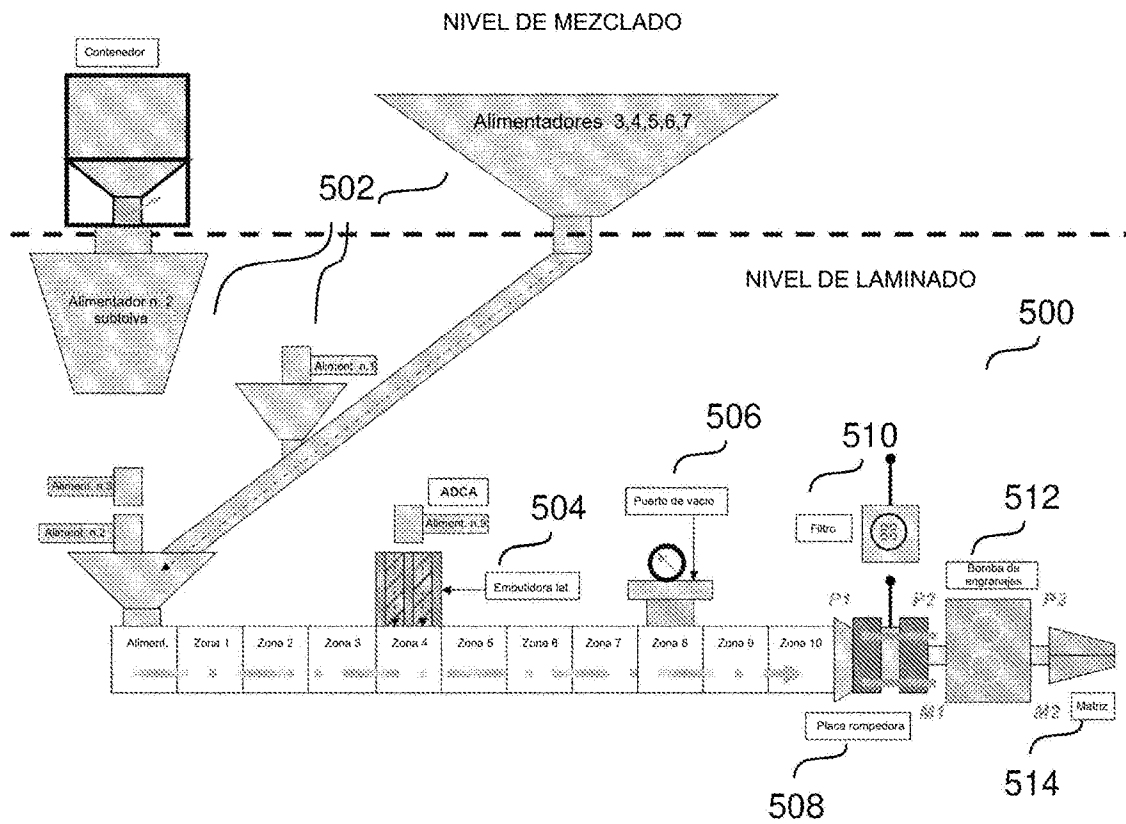


FIG. 5

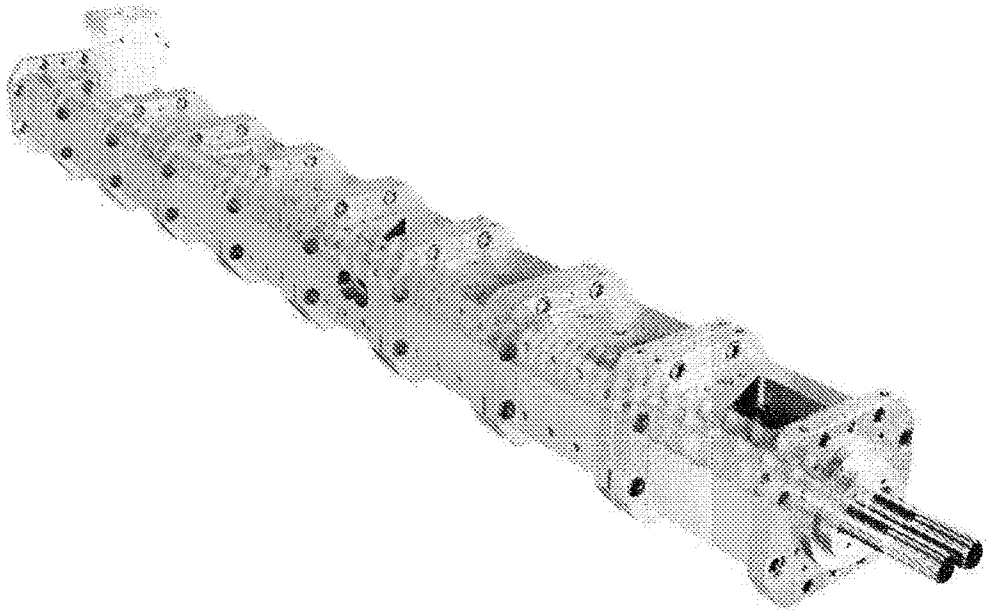


FIG. 6

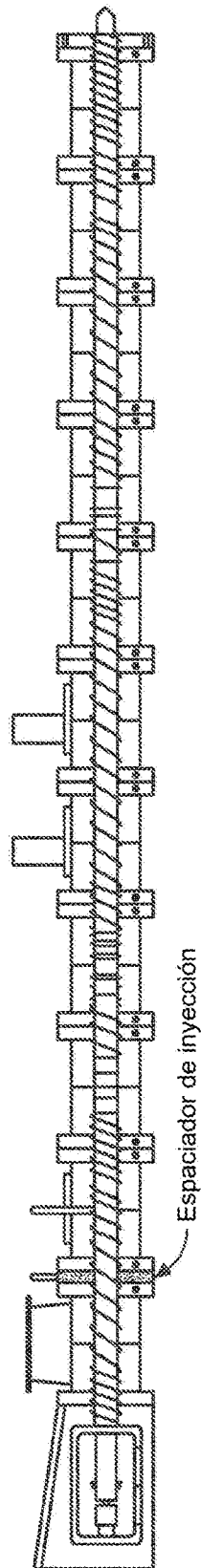


FIG. 7

Temperatura de control de sección de barril

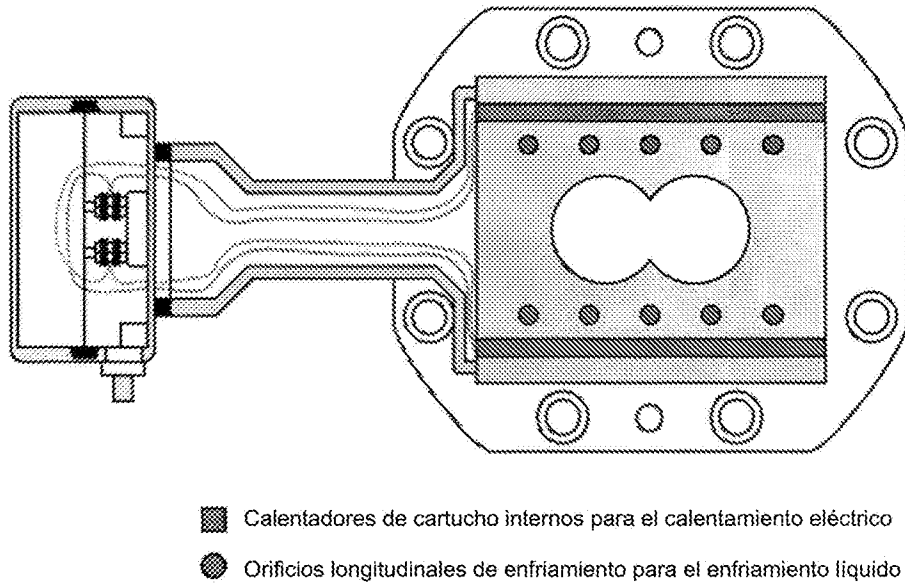


FIG. 8

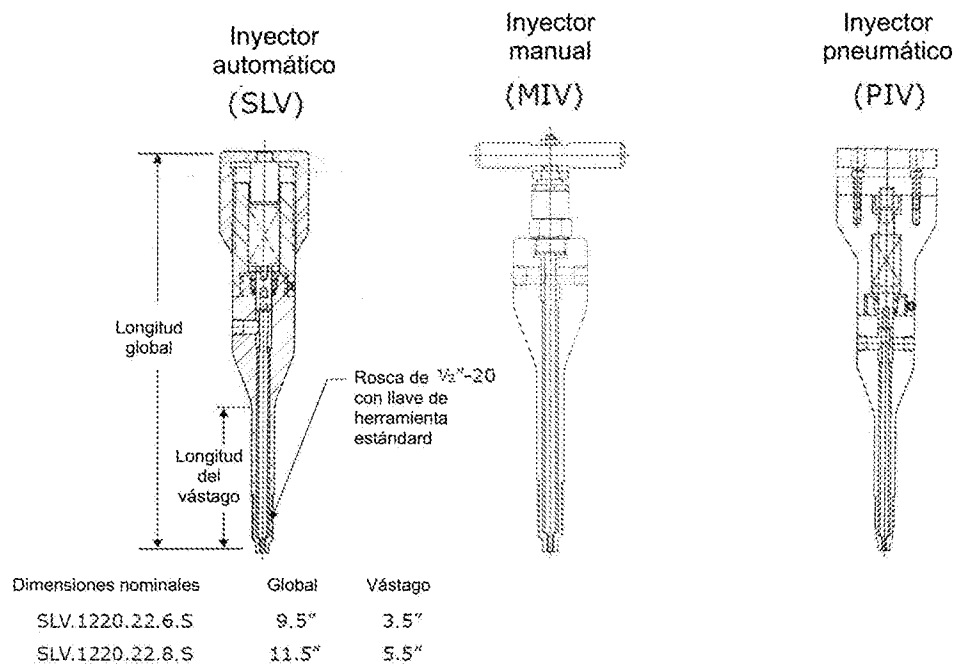


FIG. 9

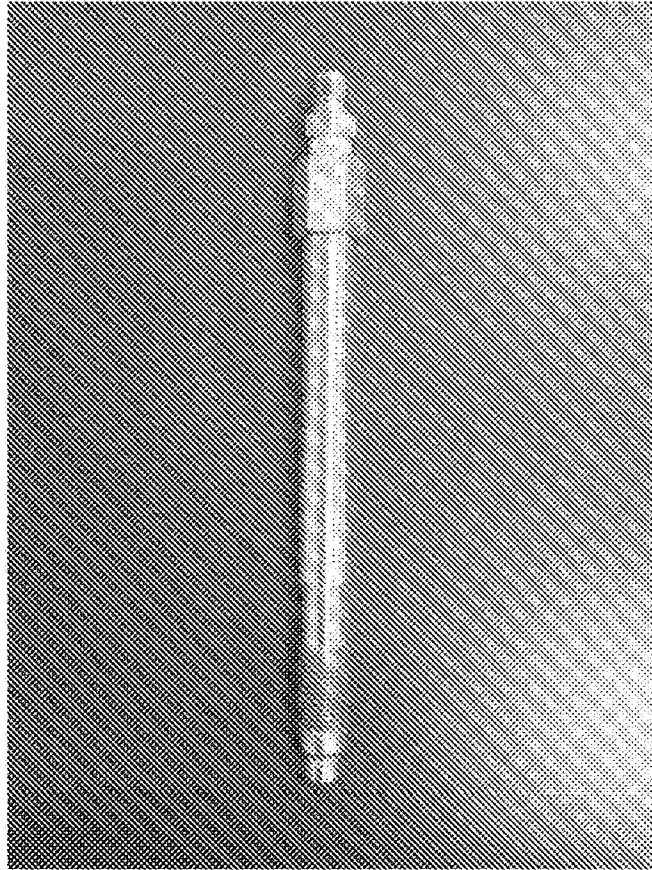
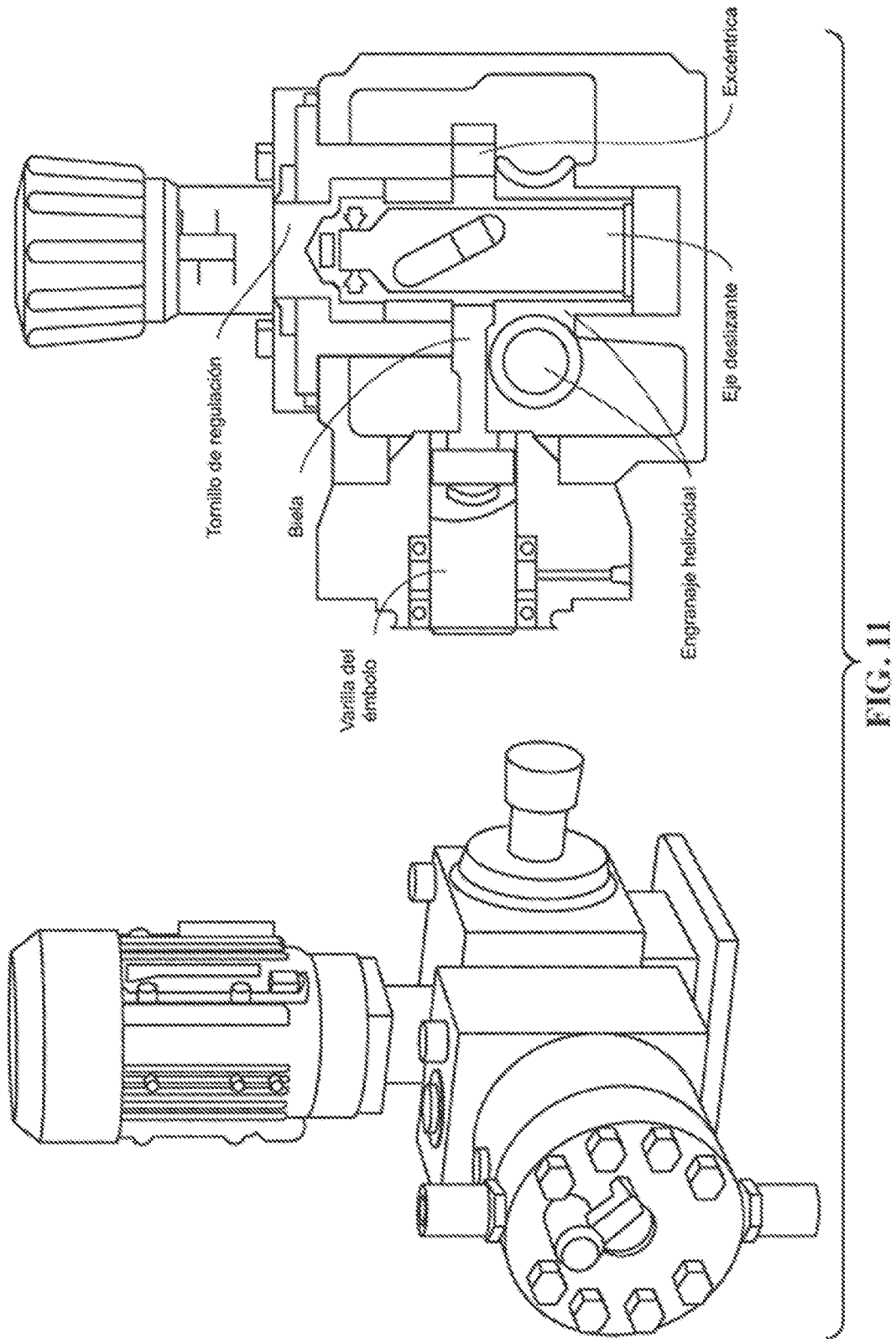


FIG. 10



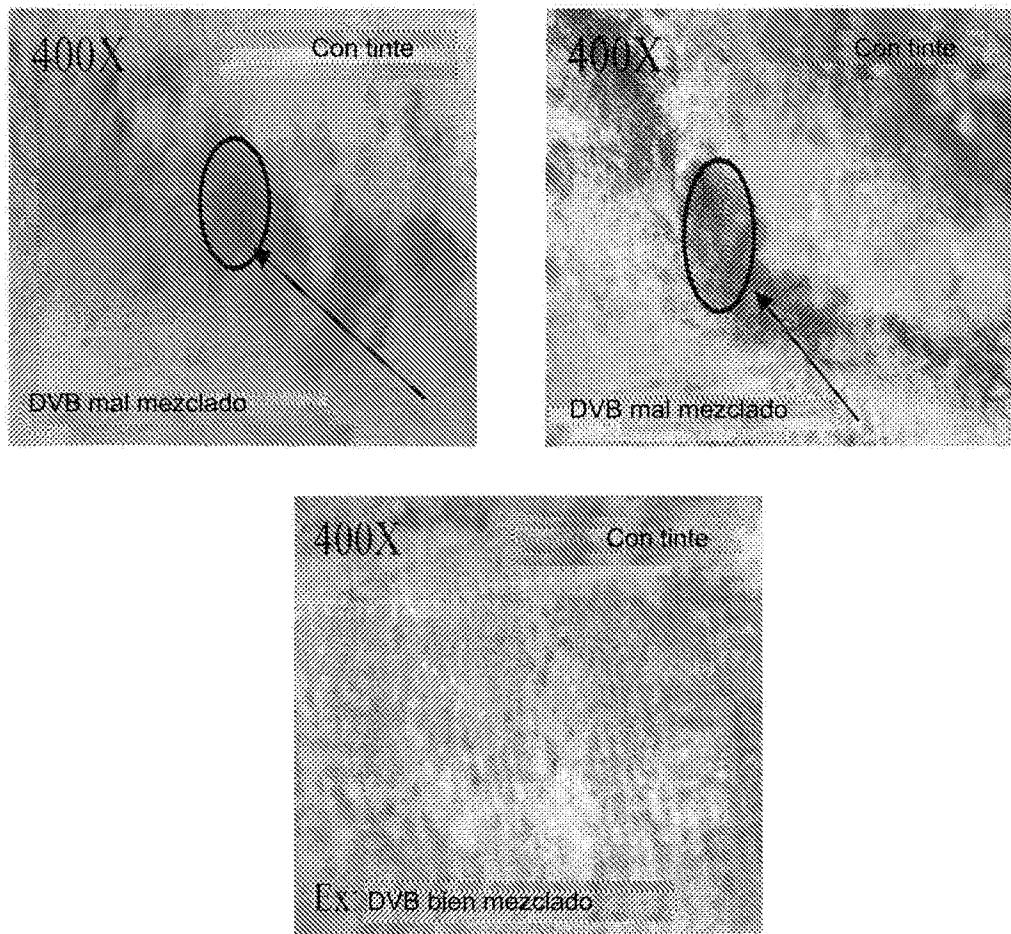


FIG. 12

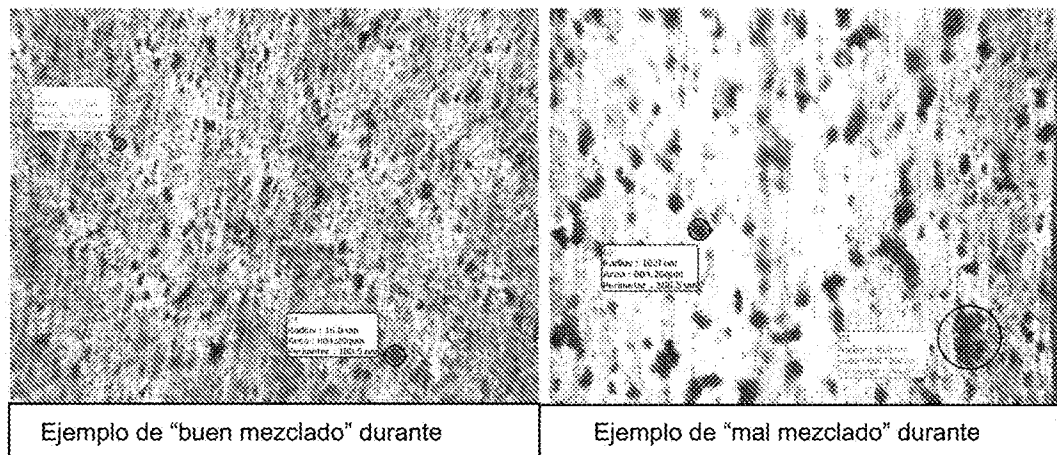


FIG. 13

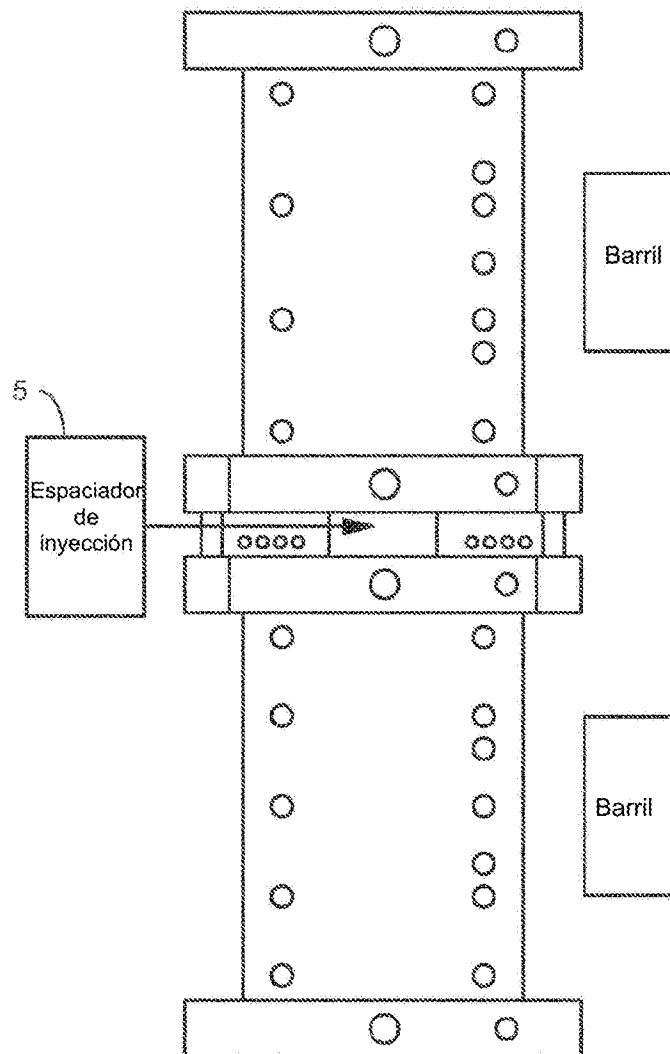


FIG. 14

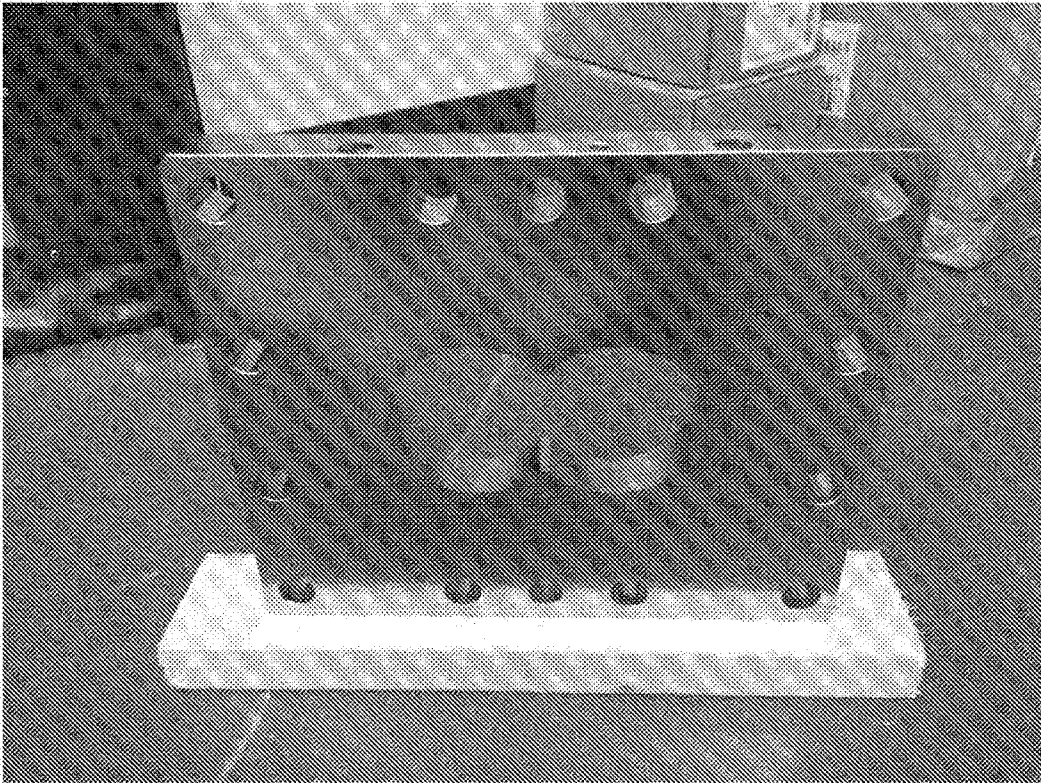
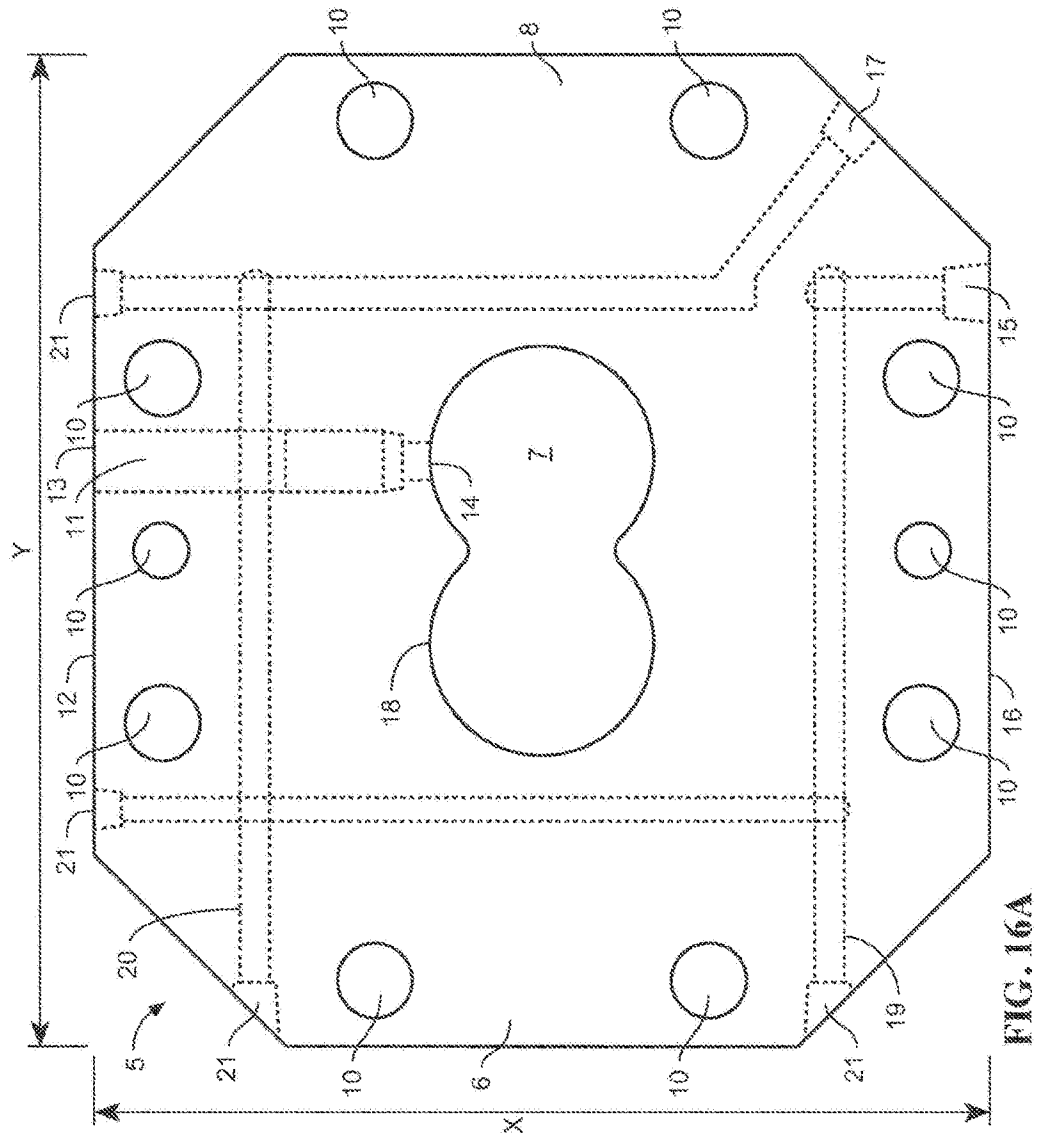
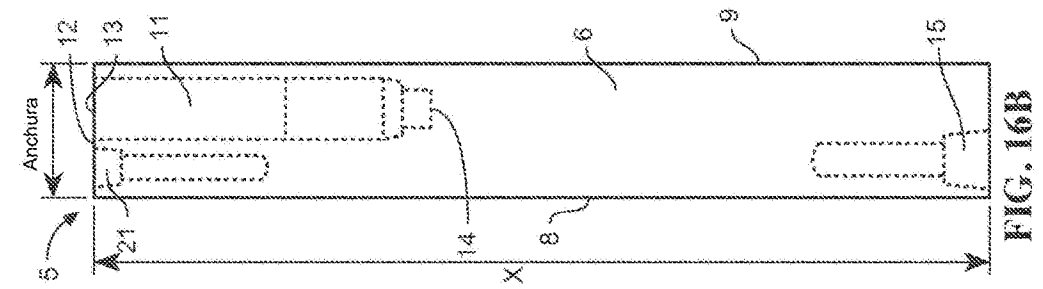


FIG. 15



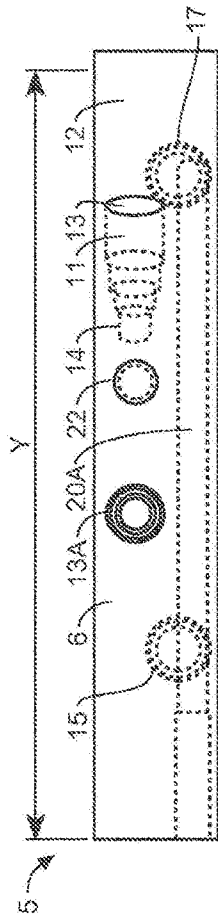


FIG. 17B

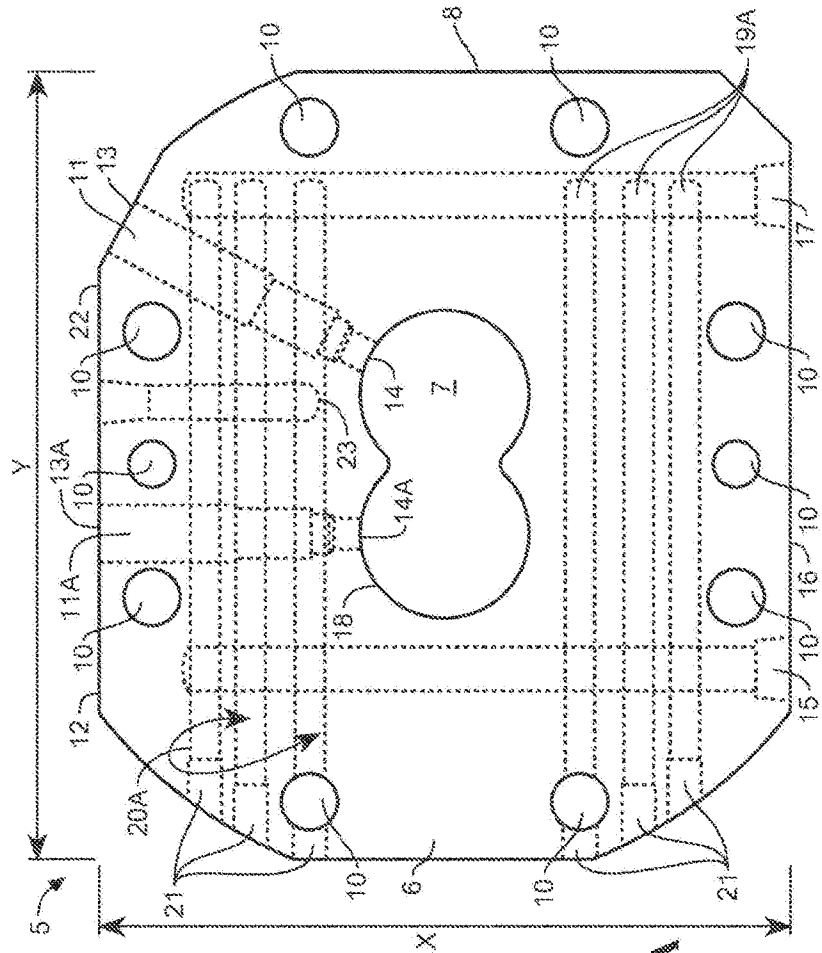


FIG. 17A

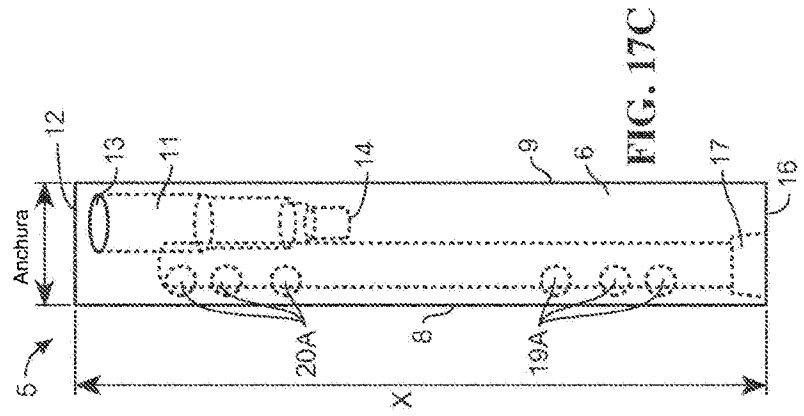


FIG. 17C

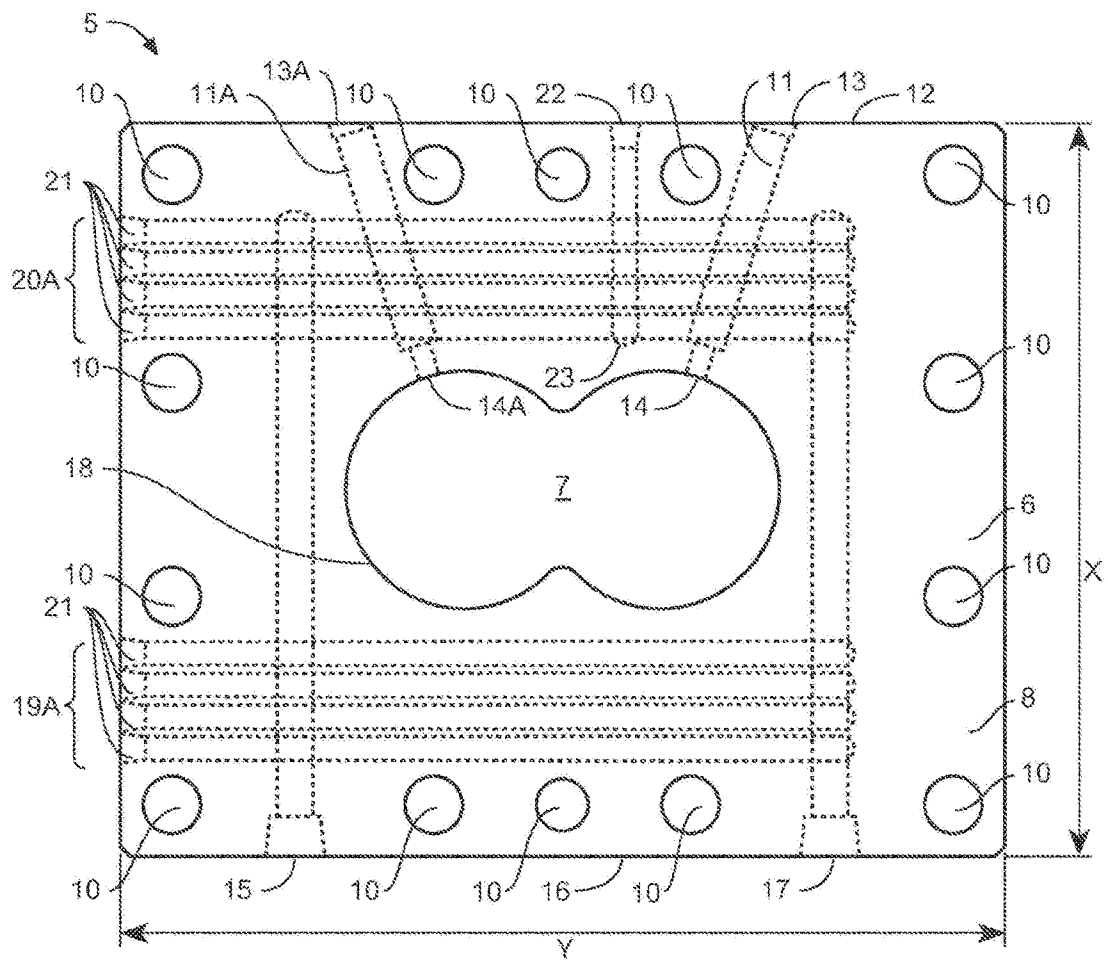


FIG. 18

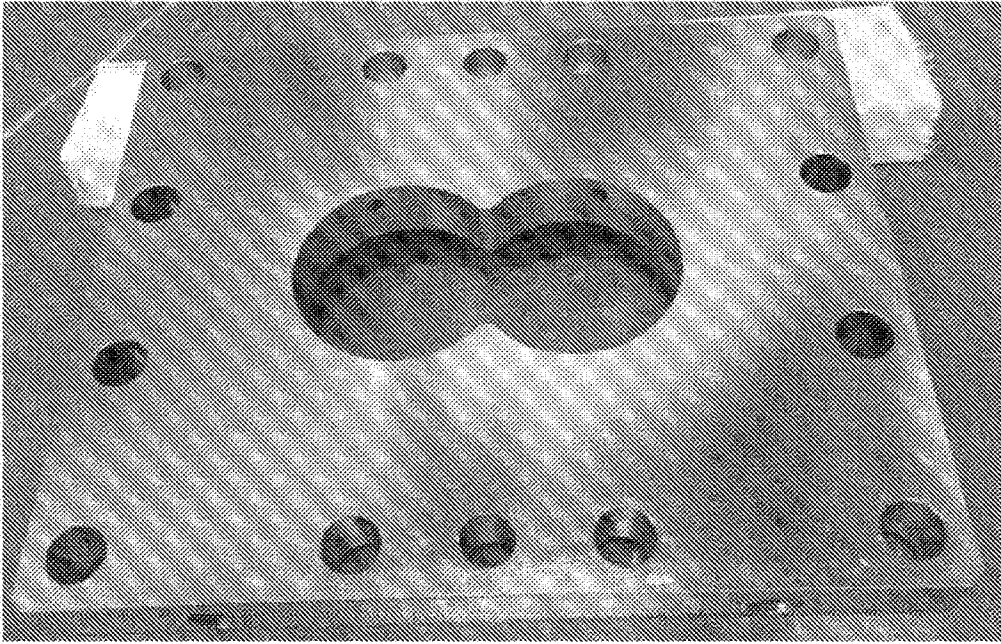


FIG. 19

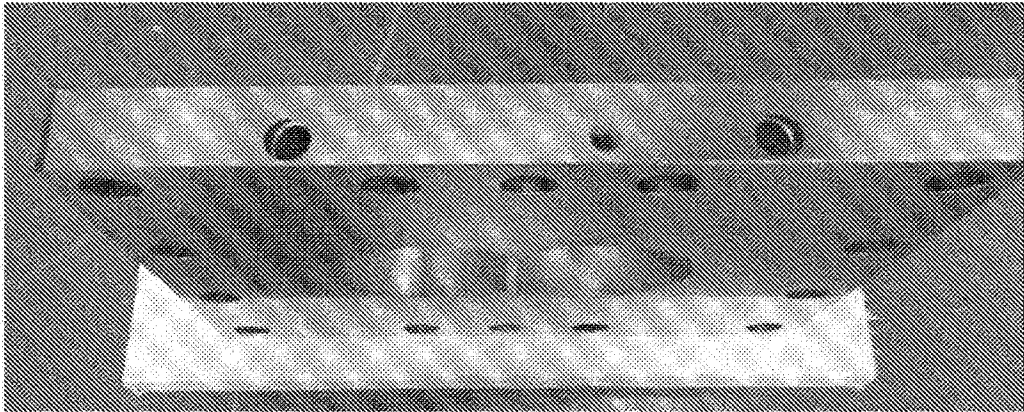


FIG. 20

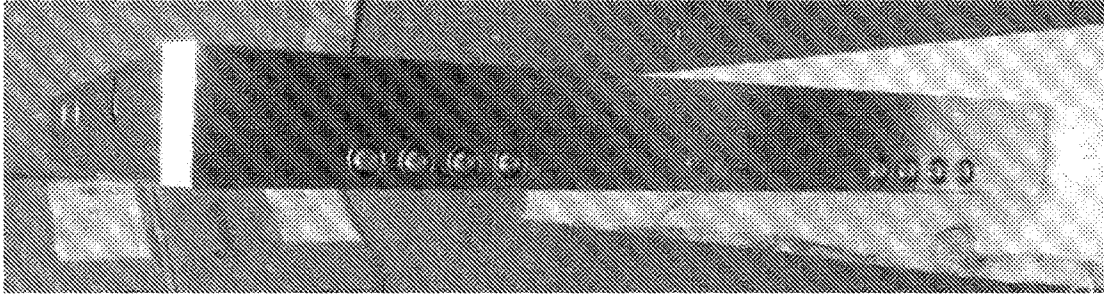


FIG. 21