

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 510**

51 Int. Cl.:

B29C 48/42 (2009.01)

B29C 48/76 (2009.01)

D01F 6/92 (2006.01)

B29B 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.11.2015 PCT/US2015/061116**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2016 WO16081474**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2015 E 15861605 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2020 EP 3221120**

54 Título: **Método para fabricar filamento continuo a granel**

30 Prioridad:

18.11.2014 US 201414546796

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

27.07.2020

73 Titular/es:

**MOHAWK INDUSTRIES, INC. (100.0%)
1975 West Oak Circle
Marietta, Georgia 30062, US**

72 Inventor/es:

CLARK, THOMAS R.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 775 510 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para fabricar filamento continuo a granel

Antecedentes

5 Debido a que el polímero de PET virgen puro es más costoso que el polímero de PET reciclado, y debido a los beneficios ambientales asociados con el uso de polímero reciclado, sería deseable ser capaz de producir filamento de alfombra continuo a granel, y otros artículos, a partir de polímero de PET 100% reciclado (por ejemplo, polímero de PET de botellas de PET posconsumo).

El documento US8597553 describe sistemas y un método para fabricar filamento continuo a granel desarrollados por el presente solicitante y que no incluyen el uso de un cristalizador.

10 El documento US8741972 describe invenciones relacionadas con fibras de composición de PET reciclado y artículos producidos a partir de las mismas y métodos para producirlos.

Compendio

La presente invención se refiere a un método según la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones preferidas.

15 También se describe un método para fabricar filamento de alfombra, en realizaciones particulares, comprende: (A) triturar una pluralidad de botellas de PET recicladas en un grupo de hojuelas de polímero; (B) lavar el grupo de hojuelas poliméricas para retirar al menos una porción de uno o más contaminantes de una superficie de las hojuelas, comprendiendo el grupo de hojuelas una primera pluralidad de hojuelas que consisten esencialmente en PET y una segunda pluralidad de hojuelas que no consisten esencialmente en PET; (C) después de la etapa de lavar la primera pluralidad de hojuelas: (i) inspeccionar el grupo lavado de hojuelas para identificar la segunda pluralidad de hojuelas, (ii) separar la segunda pluralidad de hojuelas de la primera pluralidad de hojuelas; (D) proporcionar un cristalizador de PET; (E) hacer pasar la segunda pluralidad de hojuelas a través del cristalizador de PET; (F) fundir la segunda pluralidad de hojuelas para producir una masa fundida de polímero; (G) proporcionar un extrusor que extruye material en una pluralidad de diferentes corrientes de extrusión; (H) reducir la presión dentro del extrusor a entre aproximadamente 0 milibares y a aproximadamente 25 milibares; (I) mientras se mantiene la presión dentro del extrusor entre aproximadamente 0 milibares y aproximadamente 25 milibares, hacer pasar la masa fundida de polímero a través del extrusor para que la masa fundida de polímero se divida en una pluralidad de corrientes de extrusión, teniendo cada una una presión de entre aproximadamente 0 milibares y aproximadamente 25 milibares; (J) después de hacer pasar la masa fundida de polímero a través del extrusor, filtrar la masa fundida de polímero a través de al menos un filtro; y (K) después de hacer pasar la masa fundida de polímero a través del filtro, formar el polímero reciclado en filamento de alfombra continuo a granel.

También se describe un método para fabricar filamento de alfombra continuo a granel, según realizaciones particulares, comprende: (A) proporcionar un cristalizador de PET que comprende: (i) un tornillo de tolva configurado para alimentar una pluralidad de hojuelas en el cristalizador; y (ii) un soplador configurado para soplar aire caliente sobre la pluralidad de hojuelas a medida que la pluralidad de hojuelas pasa a través del cristalizador; (B) hacer pasar una pluralidad de hojuelas que consisten esencialmente en hojuelas de PET a través del cristalizador de PET; (C) después de hacer pasar la pluralidad de hojuelas a través del cristalizador de PET, fundir la pluralidad de hojuelas para formar una masa fundida de polímero; (D) proporcionar un extrusor de múltiples tornillos que comprende: (i) un primer extrusor de tornillo satélite, comprendiendo el primer extrusor de tornillo satélite un primer tornillo satélite que se monta para girar alrededor de un eje central del primer tornillo satélite; (ii) un segundo extrusor de tornillo satélite, comprendiendo el segundo extrusor de tornillo satélite un segundo tornillo satélite que se monta para girar alrededor de un eje central del segundo tornillo satélite; (iii) un tercer extrusor de tornillo satélite, comprendiendo el tercer extrusor de tornillo satélite un tercer tornillo satélite que se monta para girar alrededor de un eje central del tercer tornillo satélite; (iv) un cuarto extrusor de tornillo satélite, comprendiendo el cuarto extrusor de tornillo satélite un cuarto tornillo satélite que se monta para girar alrededor de un eje central del cuarto tornillo satélite; y (v) un sistema de regulación de presión que se adapta para mantener una presión dentro del primer, segundo, tercer y cuarto extrusores de tornillo satélite de entre aproximadamente 0 milibares y aproximadamente 18 milibares; (E) usar el sistema de regulación de presión para reducir la presión dentro del primer, segundo, tercer y cuarto extrusores de tornillo satélite a entre aproximadamente 0 milibares y aproximadamente 18 milibares; (F) mientras se mantiene la presión dentro del primer, segundo, tercer y cuarto extrusores de tornillo satélite entre aproximadamente 0 milibares y aproximadamente 18 milibares, hacer pasar una masa fundida que comprende polímero reciclado a través del extrusor de múltiples tornillos para que: (1) una primera porción de la masa fundida pase a través del primer extrusor de tornillo satélite, (2) una segunda porción de la masa fundida pase a través del segundo extrusor de tornillo satélite, (3) una tercera porción de la masa fundida pase a través del tercer extrusor de tornillo satélite, y (4) una cuarta porción de la masa fundida pase a través del cuarto extrusor de tornillo satélite; y (G) después de la etapa de hacer pasar la masa fundida de polímero reciclado a través del extrusor de múltiples tornillos, formar el polímero reciclado en filamento de alfombra continuo a granel.

Breve descripción de los dibujos

Habiéndose descrito diversas realizaciones en términos generales, ahora se hará referencia a los dibujos adjuntos, que no están necesariamente dibujados a escala, y en donde:

5 La FIG. 1 representa un flujo de proceso, según una realización particular, para fabricar filamento de alfombra continuo a granel.

La FIG. 2 es una vista en perspectiva de un extrusor de MRS que es adecuado para su uso en el proceso de la FIG. 1.

La FIG. 3 es una vista en sección transversal de una sección de MRS ilustrativa del extrusor de MRS de la FIG. 2.

10 La FIG. 4 representa un flujo de proceso que representa el flujo de polímero a través de un extrusor de MRS y sistema de filtración según una realización particular.

La FIG. 5 es un diagrama de flujo de alto nivel de un método, según diversas realizaciones, para fabricar filamento de alfombra continuo a granel.

Descripción detallada de diversas realizaciones

15 Ahora se describirán diversas realizaciones con mayor detalle. Se debe entender que la invención se puede realizar de diferentes formas y no se debe considerar como limitada a las realizaciones expuestas en el presente documento. Más bien, estas realizaciones se proporcionan para que esta descripción se detalle y se complete y transmitirán completamente el alcance de la invención a los expertos en la técnica. Los números semejantes se refieren a elementos similares.

I. Descripción general

20 A continuación se describen nuevos procesos para fabricar fibra a partir de polímero reciclado (por ejemplo, polímero de PET reciclado). En diversas realizaciones, este nuevo proceso: (1) es más eficaz que procesos anteriores en la retirada de contaminantes y agua del polímero reciclado; y/o (2) no necesita que el polímero se funda y se enfríe tantas veces como en procesos anteriores. En al menos una realización, el proceso mejorado da como resultado un polímero de PET reciclado que tiene una calidad de polímero que es suficientemente alta que el
25 polímero de PET se puede usar en la producción de filamento de alfombra continuo a granel de contenido de PET 100% reciclado (por ejemplo, 100% de PET obtenido de botellas de PET previamente usadas). En realizaciones particulares, el polímero de PET reciclado tiene una viscosidad intrínseca de al menos aproximadamente 0,79 dL/g (por ejemplo, de entre aproximadamente 0,79 dL/g y aproximadamente 1,00 dL/g).

II. Discusión más detallada

30 Un proceso de fabricación de BCF (filamento continuo a granel), según una realización particular, generalmente se puede dividir en tres etapas: (1) preparar hojuelas de polímero de PET a partir de botellas posconsumo para su uso en el proceso; (2) hacer pasar las hojuelas a través de un extrusor que funde las hojuelas y purifica el polímero de PET resultante; y (3) alimentar el polímero purificado en una máquina de hilado que convierte el polímero en filamento para su uso en la fabricación de alfombras. Estas tres etapas se describen en mayor detalle a
35 continuación.

ETAPA 1: Preparación de hojuelas de polímero de PET a partir de botellas posconsumo

En una realización particular, la etapa de preparar hojuelas de polímero de PET a partir de botellas posconsumo comprende: (A) clasificar botellas de PET posconsumo y triturar las botellas en hojuelas; (B) lavar las hojuelas; y (C) identificar y eliminar cualquier impureza u hojuelas impuras.

40 *A. Clasificación de las botellas de PET posconsumo y trituración de las botellas en hojuelas*

En realizaciones particulares, fardos de botellas de PET posconsumo recicladas (u otros recipientes) transparentes y de colores mixtos (por ejemplo, "recolección residencial") obtenidas de diversas instalaciones de reciclaje constituyen los recipientes de PET posconsumo para su uso en el proceso. En otras realizaciones, la fuente de los recipientes de PET posconsumo puede ser botellas "depósito" de retorno (por ejemplo, botellas de PET cuyo precio
45 incluye un depósito que se devuelve a un consumidor cuando el consumidor devuelve la botella después de consumir el contenido de la botella). Los recipientes de recolección residencial o de retorno "posconsumo" o "reciclados" pueden contener un nivel pequeño de contaminantes distintos de PET. Los contaminantes en los recipientes pueden incluir, por ejemplo, contaminantes poliméricos distintos de PET (por ejemplo, PVC, PLA, PP, PE, PS, PA, etc.), metal (por ejemplo, metal ferroso y no ferroso), papel, cartón, arena, vidrio u otros materiales
50 indeseados que pueden introducirse en la recolección de PET reciclado. Los contaminantes distintos de PET se pueden eliminar de los componentes de PET deseados, por ejemplo, a través de uno o más procesos descritos a continuación.

En realizaciones particulares, se eliminan componentes más pequeños y residuos (por ejemplo, componentes y residuos mayores de 50,8 mm (2 pulgadas de tamaño)) de las botellas completas mediante una criba giratoria. Pueden incorporarse en el proceso diversos imanes de eliminación de metal y sistemas de corriente parásita para eliminar cualquier contaminante de metal. Se pueden usar equipos de clasificación óptica de infrarrojo cercano, como la máquina NRT Multi Sort IR de Bulk Handling Systems Company, de Eugene, Oregón, o la máquina Spyder IR de National Recovery Technologies de Nashville, Tennessee, para eliminar cualquier contaminante polimérico suelto que se pueda mezclar con las hojuelas de PET (por ejemplo, PVC, PLA, PP, PE, PS y PA). Adicionalmente, se puede usar equipos de clasificación de rayos X automatizados tal como una máquina VINYL CYCLE de National Recovery Technologies de Nashville, Tennessee, para eliminar restos de contaminantes de PVC.

En realizaciones particulares, se obtiene una segregación binaria de los materiales transparentes con respecto a los materiales coloreados usando equipos automatizados de clasificación de color equipados con un sistema de detección de cámara (por ejemplo, una máquina Multisort ES de National Recovery Technologies de Nashville, Tennessee). En diversas realizaciones, los clasificadores manuales están estacionados en diversos puntos de la línea para eliminar contaminantes no eliminados por el clasificador y cualquier botella coloreada. En realizaciones particulares, el material clasificado se pasa a través de una etapa de granulación (por ejemplo, usando una máquina 50B Granulator de Cumberland Engineering Corporation de New Berlin, Wisconsin) para reducir en tamaño (por ejemplo, triturar) las botellas a un tamaño de menos de media pulgada. En diversas realizaciones, se retiran las etiquetas de las botellas de la "hojuela sucia" resultante (por ejemplo, las hojuelas de PET formadas durante la etapa de granulación) mediante un sistema de separación de aire antes de entrar en el proceso de lavado.

B. Lavado de las hojuelas

En realizaciones particulares, la "hojuela sucia" se mezcla luego en una serie de tanques de lavado. Como parte del proceso de lavado, en diversas realizaciones, se utiliza una separación de densidad acuosa para separar los tapones de las botellas de olefina (que pueden, por ejemplo, estar presentes en la "hojuela sucia" como restos de botellas de PET recicladas) de las hojuelas de PET de mayor densidad relativa. En realizaciones particulares, las hojuelas se lavan en un baño caustico calentado hasta aproximadamente 87,8 grados centígrados (aproximadamente 190 grados Fahrenheit). En realizaciones particulares, el baño caustico se mantiene a una concentración de entre aproximadamente el 0,6% y aproximadamente el 1,2% de hidróxido de sodio. En diversas realizaciones, se añaden al baño caustico agentes tensioactivos de jabón, así como agentes antiespumantes, por ejemplo, para aumentar además la separación y la limpieza de las hojuelas. Después, un sistema de doble enjuague lava la sustancia cáustica de las hojuelas.

En diversas realizaciones, la hojuela se deshidrata por centrifugado y después se seca con aire caliente para eliminar al menos sustancialmente cualquier humedad superficial. Después, la "hojuela limpia" resultante se procesa a través de un sistema de separación electroestático (por ejemplo, un separador electroestático de Carpcoc, Inc., de Jacksonville, Florida) y un sistema de detección metálica de hojuelas (por ejemplo, un sistema de clasificación de metal MSS) para eliminar adicionalmente cualquier contaminante metálico que permanece en la hojuela. En realizaciones particulares, una etapa de separación de aire elimina cualquier etiqueta restante de la hojuela limpia. En diversas realizaciones, después la hojuela se pasa a través de una etapa de clasificación de color de hojuelas (por ejemplo, usando una máquina OPTIMIX de TSM Control Systems de Dundalk, Irlanda) para eliminar cualquier contaminante de color restante que permanece en la hojuela. En diversas realizaciones, un clasificador de hojuelas electroóptico basado al menos en parte en tecnología Raman (por ejemplo, un Powersort 200 de Unisensor Sensorsysteme GmbH, de Karlsruhe, Alemania) lleva a cabo la separación de polímero final para eliminar cualquier polímero distinto de PET que permanece en la hojuela. Esta etapa también puede eliminar adicionalmente cualquier contaminante de metal y contaminantes de color restantes.

En diversas realizaciones, la combinación de estas etapas suministra una hojuela de botella de PET sustancialmente limpia (por ejemplo, limpia) que comprende menos de aproximadamente 50 partes por millón de PVC (por ejemplo, 25 ppm de PVC) y menos de aproximadamente 15 partes por millón de metales para su uso en el proceso de extrusión aguas abajo descrito a continuación.

C. Identificación y eliminación de impurezas y hojuelas Impuras

En realizaciones particulares, después de que se lavan las hojuelas, se alimentan por un transportador y se inspeccionan con un sistema láser de alta velocidad 300. En diversas realizaciones, los láseres particulares que constituyen el sistema láser de alta velocidad 300 se configuran para detectar la presencia de contaminantes particulares (por ejemplo, PVC o aluminio). Las hojuelas que se identifican como que no consisten esencialmente en PET se pueden soplar de la corriente principal de las hojuelas con chorros de aire. En diversas realizaciones, el nivel resultante de hojuelas no de PET es de menos de 25 ppm.

En diversas realizaciones, el sistema se adapta para asegurar que el polímero de PET que se procesa en filamento esté sustancialmente libre de agua (por ejemplo, completamente libre de agua). En una realización particular, las hojuelas se colocan en un preacondicionador durante entre aproximadamente 20 y aproximadamente 40 minutos (por ejemplo, aproximadamente 30 minutos) durante el cual el preacondicionador sopla el agua superficial separándola de las hojuelas. En realizaciones particulares, permanece agua intersticial dentro de las hojuelas. En

diversas realizaciones, después, estas hojuelas "mojadas" (por ejemplo, hojuelas que comprenden agua intersticial) se pueden alimentar en un extrusor (por ejemplo, tal como se describe en la etapa 2 a continuación), que incluye una configuración de vacío diseñada para eliminar, entre otras cosas, el agua intersticial que permanece presente en las hojuelas tras el proceso de secado rápido descrito anteriormente.

5 ETAPA 2: Uso de un sistema de extrusión para fundir y purificar hojuelas de PET

En realizaciones particulares, se usa un extrusor para convertir las hojuelas mojadas descritas anteriormente en un polímero de PET reciclado fundido y para llevar a cabo varios procesos de purificación para preparar el polímero para convertirse en BCF para alfombra. Tal como se señaló anteriormente, en diversas realizaciones, después de completar la ETAPA 1, las hojuelas de polímero de PET reciclado están mojadas (por ejemplo, se elimina sustancialmente agua superficial (por ejemplo, completamente eliminada) de las hojuelas, pero permanece agua intersticial en las hojuelas). En realizaciones particulares, estas hojuelas mojadas se alimentan en un extrusor de tornillo giratorio múltiple ("MRS") 400. En otras realizaciones, las hojuelas mojadas se alimentan en cualquier otro extrusor adecuado (por ejemplo, en un extrusor de doble tornillo, un extrusor de múltiples tornillos, un extrusor planetario o cualquier otro sistema de extrusión adecuado). En las Figuras 2 y 3 se muestra un extrusor de MRS ilustrativo 400. Un ejemplo particular de un extrusor de MRS de este tipo se describe en la solicitud de patente publicada en los Estados Unidos 2005/0047267, titulada "Extruder for Producing Molten Plastic Materials", la cual se publicó el 3 de marzo de 2005.

Como se puede entender a partir de esta figura, en realizaciones particulares, el extrusor de MRS incluye una primera sección de extrusor de un solo tornillo 410 para alimentar material en una sección de MRS 420 y una segunda sección de extrusor de un solo tornillo 440 para transportar material lejos de la sección de MRS.

En diversas realizaciones, las hojuelas mojadas se alimentan directamente en el extrusor de MRS 400 sustancialmente de manera inmediata (por ejemplo, inmediatamente) tras la etapa de lavado descrita anteriormente (por ejemplo, sin secar las hojuelas o sin permitir que las hojuelas se sequen). En realizaciones particulares, un sistema que alimenta las hojuelas mojadas directamente en el extrusor de MRS 400 sustancialmente de manera inmediata (por ejemplo, inmediatamente) tras la etapa de lavado descrita anteriormente puede consumir aproximadamente el 20% menos energía que un sistema que seca previamente de manera sustancial completamente las hojuelas antes de la extrusión (por ejemplo, un sistema que seca previamente las hojuelas al hacer pasar aire caliente sobre las hojuelas mojadas durante un periodo prolongado de tiempo). En diversas realizaciones, un sistema que alimenta las hojuelas mojadas directamente en el extrusor de MRS 400 sustancialmente de manera inmediata (por ejemplo, inmediatamente) tras la etapa de lavado descrita anteriormente evita la necesidad de esperar un periodo de tiempo (por ejemplo, hasta ocho horas) generalmente requerido para secar completamente las hojuelas (por ejemplo, eliminar toda el agua superficial e intersticial de las hojuelas).

La figura 4 representa un flujo de proceso que ilustra los diversos procesos llevados a cabo por el extrusor de MRS 400 en una realización particular. En la realización mostrada en esta figura, primero las hojuelas mojadas se alimentan a través de la primera sección de extrusor de un solo tornillo del extrusor de MRS 410, que puede, por ejemplo, generar suficiente calor (por ejemplo, mediante el cizallamiento) para fundir al menos sustancialmente (por ejemplo, fundir) las hojuelas mojadas.

La masa fundida de polímero resultante (por ejemplo, que comprende hojuelas fundidas), en diversas realizaciones, se alimenta luego en la sección de MRS del extrusor 420, en donde el extrusor separa el flujo fundido en una pluralidad de diferentes corrientes (por ejemplo, 4, 6, 8, o más corrientes) a través de una pluralidad de cámaras abiertas. La figura 3 muestra una vista detallada en corte de una sección de MRS 420 según una realización particular. En realizaciones particulares, tal como la realización mostrada en esta figura, la sección de MRS 420 separa el flujo fundido en ocho corrientes diferentes, que se alimentan posteriormente a través de ocho tornillos satélite 425A-H. Como se puede entender a partir de la figura 2, en realizaciones particulares, estos tornillos satélite están sustancialmente paralelos (por ejemplo, paralelos) entre sí y con respecto a un eje de tornillo primario de la máquina de MRS 400.

En la sección de MRS 420, en diversas realizaciones, los tornillos satélite 425A-H pueden, por ejemplo, girar más rápido (por ejemplo, aproximadamente cuatro veces más rápido que) en sistemas anteriores. Como se muestra en la figura 3, en realizaciones particulares: (1) los tornillos satélite 425A-H se disponen dentro de un tambor de tornillo único 428 que se monta para girar alrededor de su eje central; y (2) los tornillos satélite 425A-H se configuran para girar en una dirección que es opuesta a la dirección en que gira el tambor de tornillo único 428. En otras diversas realizaciones, los tornillos satélite 425A-H y el tambor de tornillo único 428 giran en la misma dirección. En realizaciones particulares, la rotación de los tornillos satélite 425A-H se acciona por una corona dentada. También, en diversas realizaciones, el tambor de tornillo único 428 gira aproximadamente cuatro veces más rápido que cada tornillo satélite individual 425A-H. En determinadas realizaciones, los tornillos satélite 425A-H giran a velocidades sustancialmente similares (por ejemplo, a las mismas).

En diversas realizaciones, como se puede entender a partir de la figura 4, los tornillos satélite 425A-H se alojan dentro de respectivos cilindros de extrusión, que pueden, por ejemplo, estar abiertos aproximadamente el 30% a la cámara exterior de la sección de MRS 420. En realizaciones particulares, la rotación de los tornillos satélite 425A-H

y el tambor de tornillo único 428 aumenta el intercambio superficial de la masa fundida de polímero (por ejemplo, expone más área superficial del polímero fundido a la cámara abierta que en sistemas anteriores). En diversas realizaciones, la sección de MRS 420 crea un área superficial fundida que es, por ejemplo, entre aproximadamente veinte y aproximadamente treinta veces mayor que el área superficial fundida creada por un extrusor de doble tornillo de giro simultáneo. En una realización particular, la sección de MRS 420 crea un área superficial fundida que es, por ejemplo, aproximadamente veinticinco veces mayor que el área superficial fundida creada por un extrusor de doble tornillo de giro simultáneo.

En diversas realizaciones, la sección de MRS del extrusor de MRS 420 está equipada con una bomba de vacío 430 que se une a una porción de unión de vacío 422 de la sección de MRS 420 para que la bomba de vacío 430 esté en comunicación con el interior de la sección de MRS mediante una abertura adecuada 424 en el alojamiento de la sección de MRS. En todavía otras realizaciones, la sección de MRS 420 está equipada con una serie de bombas de vacío. En realizaciones particulares, la bomba de vacío 430 se configura para reducir la presión dentro del interior de la sección de MRS 420 a una presión que está entre aproximadamente 0,5 milibares y aproximadamente 5 milibares. En realizaciones particulares, la bomba de vacío 430 se configura para reducir la presión en la sección de MRS 420 a menos de aproximadamente 1,5 milibares (por ejemplo, aproximadamente 1 milibar o menos). El vacío de baja presión creado por la bomba de vacío 430 en la sección de MRS 420 puede eliminar, por ejemplo: (1) componentes orgánicos volátiles presentes en el polímero fundido a medida que el polímero fundido se pasa a través de la sección de MRS 420; y/o (2) al menos una porción de cualquier agua intersticial que estuvo presente en las hojuelas mojadas cuando las hojuelas mojadas entraron en el extrusor de MRS 400. En diversas realizaciones, el vacío de baja presión elimina sustancialmente todo (por ejemplo, todo) el agua y los contaminantes de la corriente de polímero.

En un ejemplo particular, la bomba de vacío 430 comprende tres bombas de vacío de lóbulo mecánico (por ejemplo, dispuestas en serie) para reducir la presión en la cámara a un nivel adecuado (por ejemplo, a una presión de aproximadamente 1,0 milibares). En otras realizaciones, en lugar de la disposición de las tres bombas de vacío de lóbulo mecánico descrita anteriormente, la bomba de vacío 430 incluye una bomba de vacío de chorro colocada en el extrusor de MRS. En diversas realizaciones, la bomba de vacío de chorro se configura para lograr aproximadamente 1 milibar de presión en el interior de la sección de MRS 420 y aproximadamente los mismos resultados descrito anteriormente con respecto a la viscosidad intrínseca resultante de la masa fundida de polímero. En diversas realizaciones, el uso de una bomba de vacío de chorro puede ser ventajoso debido a que las bombas de vacío de chorros se alimentan por vapor y por lo tanto se autolimpian sustancialmente (por ejemplo, se autolimpian), reduciendo así el mantenimiento requerido en comparación con bombas de lóbulo mecánico (que pueden, por ejemplo, requerir limpieza repetida debido a los componentes volátiles que salen y se condensan en los lóbulos de la bomba). En una realización particular, la bomba de vacío 430 es una bomba de vacío de chorro fabricada por Arpuma GmbH, de Bergheim, Alemania.

En realizaciones particulares, después de que el polímero fundido se circula a través de la sección de MRS de flujo múltiple 420, las corrientes de polímero fundido se recombinan y fluyen en la segunda sección de un solo tornillo del extrusor de MRS 440. En diversas realizaciones, a continuación la corriente individual de polímero fundido se circula a través de un sistema de filtración 450 que incluye por lo menos un filtro. En una realización particular, el sistema de filtración 450 incluye dos niveles de filtración (por ejemplo, un filtro de cribado de 40 micras seguido por un filtro de cribado de 25 micras). Aunque, en diversas realizaciones, se eliminan el agua e impurezas orgánicas volátiles durante el proceso de vacío como tal se describió anteriormente, los contaminantes en partículas tales como, por ejemplo, partículas de aluminio, arena, tierra, y otros contaminantes pueden permanecer en la masa fundida de polímero. Así, esta etapa de filtración se puede ser ventajosa en la eliminación de contaminantes en partículas (por ejemplo, contaminantes en partículas que no se eliminaron en la sección de MRS 420).

En realizaciones particulares, se usa un sensor de viscosidad 460 (véase la figura 4) para detectar la viscosidad fundida de la corriente de polímero fundido tras su paso a través del sistema de filtración 450. En diversas realizaciones, el sensor de viscosidad 460 mide la viscosidad de fusión de la corriente, por ejemplo, midiendo la caída de presión de la corriente a lo largo de un área conocida. En realizaciones particulares, en respuesta a la medición de una viscosidad intrínseca de la corriente que está por debajo de un nivel predeterminado (por ejemplo, por debajo de aproximadamente 0,8 g/dL), el sistema puede: (1) descartar la porción de la corriente con baja viscosidad intrínseca; y/o (2) disminuir la presión en la sección de MRS 420 con el fin de lograr una viscosidad intrínseca más alta en la masa fundida de polímero. En realizaciones particulares, la disminución de la presión en la sección de MRS 420 se lleva a cabo en una manera sustancialmente automatizada (por ejemplo, automáticamente) usando el sensor de viscosidad en un bucle de control de retroalimentación controlado por ordenador con la sección de vacío 430.

En realizaciones particulares, la eliminación de agua y contaminantes del polímero mejora la viscosidad intrínseca del polímero de PET reciclado al permitir a las cadenas de polímero en el polímero reconectarse y extender la longitud de la cadena. En realizaciones particulares, tras su paso a través de la sección de MRS 420 con su bomba de vacío 430 unida, la masa fundida de polímero reciclado tiene una viscosidad intrínseca de al menos aproximadamente 0,79 dL/g (por ejemplo, de entre aproximadamente 0,79 dL/g y aproximadamente 1,00 dL/g). En realizaciones particulares, el paso a través de la sección de MRS de baja presión 420 purifica la masa fundida de polímero reciclado (por ejemplo, al eliminar los contaminantes y el agua intersticial) y hace que el polímero reciclado

sea similar sustancialmente de manera estructural (por ejemplo, estructuralmente igual a) polímero de PET virgen puro. En realizaciones particulares, el agua eliminada por el vacío incluye tanto agua del agua de lavado usada para limpiar las botellas de PET recicladas, tal como se describió anteriormente, como también de agua sin reaccionar generada por el fundido del polímero de PET en el calentador de un solo tornillo 410 (por ejemplo, agua intersticial).

5 En realizaciones particulares, la mayoría de agua presente en el polímero es agua de lavado, pero algún porcentaje puede ser agua sin reaccionar.

En realizaciones particulares, el polímero resultante es un polímero de PET reciclado (por ejemplo, obtenido 100% a partir de productos de PET posconsumo, tales como botellas o recipientes de PET) que tiene una calidad de polímero que es adecuada para su uso en la producción de filamento de alfombra de PET usando sustancialmente solo (por ejemplo, solamente) PET a partir de productos de PET reciclados.

10

ETAPA 3: Polímero de PET purificado alimentado en máquina de hilado para convertirse en hilo de alfombra

En realizaciones particulares, después de que el polímero de PET reciclado se ha extruido y purificado mediante el proceso de extrusión mencionado anteriormente, el polímero de PET reciclado fundido resultante se alimenta directamente en una máquina de BCF (o "de hilado") 500 que se configura para convertir el polímero fundido en filamento continuo a granel. Por ejemplo, en diversas realizaciones, la salida del extrusor de MRS 400 se conecta sustancialmente de manera directa (por ejemplo, directamente) a la entrada de la máquina de hilado 500 para que el polímero fundido del extrusor se alimente directamente en la máquina de hilado 500. Este proceso puede ser ventajoso debido a que el polímero fundido, en ciertas realizaciones, puede no necesitar enfriarse en bolitas después de la extrusión (como sería necesario si el polímero reciclado se mezclara con polímero de PET virgen). En realizaciones particulares, no enfriar el polímero fundido reciclado en bolitas sirve para evitar una escisión potencial de cadena en el polímero que puede disminuir la viscosidad intrínseca del polímero.

15

20

En realizaciones particulares, la máquina de hilado 500 extruye polímero fundido a través de pequeños agujeros en una hilera con el fin de producir filamento de hilo de alfombras a partir del polímero. En realizaciones particulares, el polímero de PET reciclado fundido se enfría después de dejar la hilera. Luego, el hilo de alfombra se recoge mediante rodillos y finalmente se convierte en filamentos que se usan para producir alfombras. En diversas realizaciones, el hilo de alfombra producido por la máquina de hilado 500 puede tener una tenacidad de entre aproximadamente 3 gramos-fuerza por unidad denier (gf/den) y aproximadamente 9 gf/den. En realizaciones particulares, el hilo de alfombra resultante tiene una tenacidad de al menos aproximadamente 3 gf/den.

25

En realizaciones particulares, la máquina de hilado 500 usada en el proceso descrito anteriormente es la máquina de hilado Sytec One fabricada por Oerlika Neumag, de Neumuenster, Alemania. La máquina Sytec One se puede adaptar especialmente para fibras difíciles de manejar, tales como nylon o fibras teñidas en disolución, en donde los filamentos son propensos a romperse durante el procesamiento. En diversas realizaciones, la máquina Sytec One mantiene los recorridos aguas abajo de la hilera lo más rectos posible, usa sólo una línea de hilo y está diseñada para un re-enhebrado rápido cuando se producen roturas de filamentos.

30

Aunque el ejemplo descrito anteriormente describe el uso de la máquina de hilado Sytec One para producir filamento de hilo de alfombras a partir del polímero, se debe entender que se puede usar cualquier otra máquina de hilado adecuada. Tales máquinas de hilado pueden incluir, por ejemplo, cualquier máquina de hilado adecuada de un hilo o de tres hilos fabricada por Oerlika Neumag, de Neumuenster, Alemania, o cualquier otra compañía.

35

En diversas realizaciones, la resistencia mejorada del polímero de PET reciclado generado usando el proceso anterior permite su ejecución a velocidades más altas a través de la máquina de hilado 500 de lo que sería posible utilizando polímero de PET virgen puro. Esto puede permitir velocidades de procesamiento más altas de las que son posibles cuando se usa polímero de PET virgen.

40

Resumen de proceso ilustrativo

La figura 5 proporciona un resumen de alto nivel del método para fabricar filamento continuo a granel descrito anteriormente. Como se muestra en la figura, el método comienza en la etapa 602, donde se trituran botellas de PET recicladas a un grupo de hojuelas. A continuación, en la etapa 604, el grupo de hojuelas se lava para eliminar contaminantes de las respectivas superficies externas de las hojuelas. A continuación, en la etapa 606, se inspecciona el grupo de hojuelas (por ejemplo, usando uno o más de los métodos comentados anteriormente) para identificar impurezas, incluyendo hojuelas impuras. Luego, estas impurezas, y hojuelas impuras, se eliminan del grupo de hojuelas.

45

50

A continuación, en la etapa 608, el grupo de hojuelas se hace pasar a través de un extrusor de MRS mientras se mantiene la presión dentro de una porción MRS del extrusor por debajo de aproximadamente 1,5 milibares. En la etapa 610, la masa fundida de polímero resultante se hace pasar a través de al menos un filtro que tiene una clasificación de micras de menos de aproximadamente 50 micras. Finalmente, en la etapa 612, el polímero reciclado se forma en filamento de alfombra continuo a granel, que se puede usar en la fabricación de alfombras. El método finaliza luego en la etapa 614.

55

Realizaciones alternativas

En realizaciones particulares, el sistema puede comprender componentes alternativos o llevar a cabo procesos alternativos con el fin de producir BCF sustancialmente continuo a partir de PET 100% reciclado, u otro polímero reciclado. A continuación se comentan alternativas ilustrativas.

5 *Sistema de extrusión sin MRS*

En realizaciones particulares que no caen dentro del alcance de la invención reivindicada en el presente documento, el proceso puede usar un sistema de extrusión de flujo de polímero distinto del extrusor de MRS descrito anteriormente. El sistema de extrusión alternativo puede incluir, por ejemplo, un extrusor de doble tornillo, un extrusor de múltiples tornillos, un extrusor planetario, o cualquier otro sistema de extrusión adecuado. En una
10 realización particular, el proceso puede incluir una pluralidad de cualquier combinación de cualquier extrusor de tornillo cónico adecuado (por ejemplo, cuatro extrusores de doble tornillo, tres extrusores de múltiples tornillos, etc.).

Fabricación de hilo de alfombra a partir de alfombra 100% reciclada

En realizaciones particulares, el proceso descrito anteriormente se puede adaptar para procesar y preparar alfombra vieja (o cualquier otro producto posconsumo adecuado) para producir nuevo hilo de alfombra que comprende
15 alfombra 100% reciclada. En tales realizaciones, el proceso comienza triturando y lavando alfombra reciclada en lugar de botellas de PET recicladas. En diversas realizaciones donde la alfombra vieja se convierte en hilo de alfombra nuevo que comprende alfombra 100% reciclada, el proceso puede comprender etapas adicionales para eliminar materiales adicionales o impurezas que pueden estar presentes en la alfombra reciclada que pueden no estar presentes en botellas de PET recicladas (por ejemplo, refuerzo de alfombra, adhesivo, etc.).

20 *Otras fuentes de PET reciclado*

En diversas realizaciones, el proceso descrito anteriormente se adapta para procesar PET reciclado de cualquier fuente adecuada (por ejemplo, fuentes distintas de botellas o alfombra recicladas) para producir nuevo hilo de alfombra que comprende PET 100% reciclado.

El uso de un cristalizador como parte del proceso BCF

25 El proceso para producir BCF reciclado incluye además una etapa de cristalización que utiliza uno o más cristalizadores de PET. En particular, el sistema se configura para llevar a cabo la etapa de cristalización en las hojuelas trituradas antes de hacer pasar las hojuelas a través de uno o más extrusores (por ejemplo, extrusor de un solo tornillo, extrusor de MRS, etc.). En realizaciones particulares, el cristalizador de PET comprende un alojamiento, un tornillo de tolva (por ejemplo, un tornillo sin fin) colocado al menos parcialmente dentro del alojamiento, un
30 aparato de agitación, uno o más elementos de calentamiento, y uno o más sopladores.

Tornillo de tolva

En realizaciones particulares, el tornillo de tolva comprende cualquier transportador de tornillo adecuado (por ejemplo, tal como un tornillo de Arquímedes) para mover materiales líquidos o granulares (por ejemplo, tales como
35 hojuelas de PET). En diversas realizaciones, el tonillo de tolva comprende un eje sustancialmente cilíndrico y una pala de tornillo helicoidal colocados a lo largo de al menos una porción del eje cilíndrico. En realizaciones particulares, el eje sustancialmente cilíndrico se configura para girar la pala de tornillo, causando que el tornillo de tolva mueva material (por ejemplo, las hojuelas de PET) a lo largo del eje cilíndrico y en el alojamiento del cristalizador. En otras realizaciones, el tonillo de tolva comprende cualquier otro transportador de tornillo adecuado, tal como, por ejemplo, un espiral sin eje. En realizaciones en que el tonillo de tolva comprende un espiral sin eje, el
40 espiral sin eje se puede fijar sustancialmente en un extremo y estar libre en el otro extremo y configurarse para accionarse en el extremo fijo. En diversas realizaciones, el tonillo de tolva se coloca al menos parcialmente dentro del alojamiento del cristalizador.

En diversas realizaciones, el tonillo de tolva se configura para alimentar las hojuelas de PET en el cristalizador. En
45 diversas realizaciones, el cristalizador de PET se configura para alimentar las hojuelas de PET en el cristalizador usando el tonillo de tolva de manera relativamente lenta.

Uno o más elementos de calentamiento

En diversas realizaciones, el cristalizador comprende uno o más elementos de calentamiento para elevar la temperatura dentro del cristalizador. En realizaciones particulares, el uno o más elementos de calentamiento
50 comprenden uno o más elementos de calentamiento eléctricos, uno o más elementos de calentamiento de gas, o cualquier otro elemento de calentamiento adecuado. En algunas realizaciones, el uno o más elementos de calentamiento se pueden alimentar sustancialmente de manera eléctrica. En diversas realizaciones, el uno o más elementos de calentamiento comprenden uno o más elementos de calentamiento infrarrojo. En otras realizaciones, el uno o más elementos de calentamiento pueden utilizar gas natural, por ejemplo, propano. En realizaciones particulares, el uno o más elementos de calentamiento se configuran para elevar la temperatura dentro del

5 cristalizador hasta entre aproximadamente 37,8 grados centígrados (aproximadamente 100 grados Fahrenheit) y aproximadamente 82,2 grados centígrados (aproximadamente 180 grados Fahrenheit). En todavía otras realizaciones, el uno o más elementos de calentamiento se configuran para elevar la temperatura dentro del cristalizador hasta entre aproximadamente 100 grados Celsius y 180 grados Celsius. En algunas realizaciones, el uno o más elementos de calentamiento se configuran para mantener la temperatura dentro del cristalizador que es sustancialmente aproximadamente la máxima temperatura de cristalización del PET. En realizaciones particulares, la máxima temperatura de cristalización del PET es de entre aproximadamente 140 grados Celsius y aproximadamente 230 grados Celsius.

Uno o más Sopladores

10 En diversas realizaciones, el cristalizador comprende además uno o más sopladores configurados para soplar aire sobre las hojuelas a medida que las hojuelas pasan a través del cristalizador. En realizaciones particulares, el uno o más sopladores comprenden cualquier soplador adecuado para mover aire sustancialmente a través de un área superficial de las hojuelas a medida que las hojuelas pasan a través del cristalizador. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el uno o más sopladores comprenden uno o más ventiladores adecuados u otros mecanismos adecuados para mover aire. En diversas realizaciones, el uno o más sopladores se configuran para soplar aire que ha sido calentado al menos parcialmente por el uno o más elementos de calentamiento. En realizaciones particulares, el uno o más sopladores se configuran para soplar aire que tiene una temperatura de al menos aproximadamente 60 grados centígrados (aproximadamente 140 grados Fahrenheit). En otras realizaciones particulares, el uno o más sopladores se configuran para soplar aire que tiene una temperatura de al menos aproximadamente 140 grados Celsius. En otras realizaciones, el uno o más sopladores se configuran para mantener la temperatura en el cristalizador entre aproximadamente 60 grados centígrados (aproximadamente 140 grados Fahrenheit) y aproximadamente 82,2 grados centígrados (aproximadamente 180 grados Fahrenheit). En algunas realizaciones, el uno o más sopladores se configuran para soplar aire caliente desde una porción inferior del cristalizador y desplazar aire desde una porción superior del cristalizador.

25 *Aparato de Agitación*

30 En diversas realizaciones, el cristalizador comprende un aparato de agitación que comprende cualquier aparato adecuado para agitar las hojuelas de PET mientras las hojuelas de PET pasan a través del cristalizador. En diversas realizaciones, el aparato de agitación se puede accionar, por ejemplo, por cualquier motor de engranajes adecuado. En una realización particular, el aparato de agitación comprende una varilla adecuada u otro mecanismo adecuado montado para girar, o agitar de otro modo, las hojuelas de PET a medida que las hojuelas de PET pasan a través del cristalizador. En otras realizaciones, el aparato de agitación puede comprender cualquier tambor adecuado, que puede, por ejemplo, comprender un tambor montado para girar mediante el engranaje principal, de modo que las hojuelas de PET son removidas y/o agitadas al menos parcialmente mientras las hojuelas de PET están dentro del tambor. En todavía otras realizaciones, el aparato de agitación comprende uno o más tornillos y/o tornillos sin fin configurados para girar y agitar las hojuelas de PET. En realizaciones particulares, el aparato de agitación comprende el tonillo de tolva.

40 Como se puede entender a partir de esta descripción, el aparato de agitación se configura para agitar y/o remover las hojuelas de PET a medida que el uno o más sopladores soplan aire calentado por el uno o más elementos de calentamiento a través de las hojuelas de PET. En realizaciones particulares, el aparato de agitación se configura para reducir al menos parcialmente la aglomeración (por ejemplo, adherencia o aglomeración de la hojuela) mientras la hojuela se cristaliza al menos parcialmente en el cristalizador.

45 En realizaciones particulares, el cristalizador seca al menos parcialmente la superficie de las hojuelas de PET. En diversas realizaciones, el cristalizador de PET se configura para reducir el contenido de humedad de las hojuelas de PET hasta aproximadamente 50 ppm. En otras realizaciones, el cristalizador de PET se configura para reducir el contenido de humedad de las hojuelas de PET hasta entre aproximadamente 30 y aproximadamente 50 ppm.

50 En diversas realizaciones, el uso de hojuelas secas puede permitir que el sistema haga pasar las hojuelas a través del extrusor de MRS más lentamente, lo que puede permitir una mayor presión dentro del extrusor de MRS durante la extrusión (por ejemplo, puede permitir que el sistema mantenga una presión más alta dentro del extrusor de MRS, en lugar de una presión muy baja). En diversas realizaciones del proceso, el sistema de regulación de presión se puede configurar para mantener una presión dentro del extrusor de MRS de entre aproximadamente 0 milibares y aproximadamente 25 milibares. En realizaciones particulares, tales como realizaciones en que las hojuelas de PET se han hecho pasar a través de un cristalizador antes de extruirse en el extrusor de MRS, el sistema de regulación de presión se puede configurar para mantener una presión dentro del extrusor de MRS de entre aproximadamente 0 y aproximadamente 18 milibares. En otras realizaciones, el sistema de regulación de presión se puede configurar para mantener una presión dentro del extrusor de MRS entre aproximadamente 0 y aproximadamente 12 milibares. En todavía otras realizaciones, el sistema de regulación de presión se puede configurar para mantener una presión dentro del extrusor de MRS de entre aproximadamente 0 y aproximadamente 8 milibares. En todavía otras realizaciones, el sistema de regulación de presión se puede configurar para mantener una presión dentro del extrusor de MRS de entre aproximadamente 5 milibares y aproximadamente 10 milibares. En realizaciones particulares, el sistema de regulación de presión se puede configurar para mantener una presión dentro del extrusor

de MRS de aproximadamente 5 milibares, aproximadamente 6 milibares, aproximadamente 7 milibares, aproximadamente 8 milibares, aproximadamente 9 milibares, o aproximadamente cualquier presión adecuada de entre aproximadamente 0 milibares y aproximadamente 25 milibares. Se debe entender que cualquier intervalo numérico mencionado en el presente documento incluye una descripción de cada número distinto dentro de esos intervalos numéricos. Por ejemplo, la descripción de un intervalo de entre aproximadamente 10 milibares y aproximadamente 15 milibares, también se debe entender que constituye una descripción de aproximadamente 11 milibares, aproximadamente 12 milibares, aproximadamente 13 milibares, aproximadamente 13,5 milibares, etc...

En realizaciones particulares, el proceso puede utilizar cualquier cristizador de PET de infrarrojos adecuado. En tales realizaciones, el cristizador puede comprender uno o más elementos de calentamiento de infrarrojos para secar al menos parcialmente al menos una porción de una superficie de las hojuelas de PET. En diversas realizaciones, el cristizador puede configurarse para procesar (por ejemplo, cristalizar y/o secar) entre aproximadamente 81,65 Kg y aproximadamente 1814,37 Kg (aproximadamente 180 y aproximadamente 4.000 libras) de hojuelas por hora. En diversas realizaciones, el cristizador de PET se configura para provocar que la energía infrarroja penetre hasta aproximadamente 5 mm en las hojuelas de PET. En diversas realizaciones, la penetración de energía infrarroja puede provocar que las hojuelas de PET se sequen y/o cristalicen más rápidamente que un sistema de calentamiento radiante tradicional. De manera adicional, un cristizador de PET de infrarrojos puede usar menos energía que cristizadores de PET que no son de infrarrojos. En diversas realizaciones, el cristizador de PET de infrarrojos se configura para producir energía infrarroja que tiene una longitud de onda de entre aproximadamente 1 y aproximadamente 2 micras. En diversas realizaciones, la energía infrarroja en este intervalo de longitudes de onda es adecuada para un espectro de absorción tanto de PET como de agua que, por ejemplo, puede permitir que la energía infrarroja penetre más profundamente en el PET que otras longitudes de onda.

En realizaciones particulares, el cristizador provoca que las hojuelas se reduzcan en tamaño al menos parcialmente, lo que puede, por ejemplo, reducir la potencial adherencia entre las hojuelas. En realizaciones particulares, el cristizador puede reducir particularmente la pegajosidad de hojuelas más grandes, que pueden, por ejemplo, incluir hojuelas que comprenden porciones de las botellas de PET trituradas que pueden ser más gruesas que otras porciones de las botellas de PET (por ejemplo, hojuelas trituradas de una porción roscada de la botella de PET en la cual normalmente estaría enroscado un tapón).

Uso de reciclaje de recolección residencial frente a botellas de depósito en proceso

En diversas realizaciones, el sistema se configura para usar PET reciclado de calidad variada en el proceso descrito anteriormente. Por ejemplo, en diversas realizaciones, el sistema se configura para producir filamento de alfombra continuo a granel de PET derivado de botellas de PET procedentes de fuentes de reciclaje de recolección residencial (por ejemplo, botellas de PET que se recogieron como parte de un programa de reciclaje a granel general u otra fuente de reciclaje) y/o botellas de PET de depósito (por ejemplo, botellas devueltas como parte de un programa de depósito). En diversas realizaciones, las botellas de reciclaje de recolección residencial pueden requerir un procesamiento más completo con el fin de producir filamento continuo a granel, ya que las botellas de PET de reciclaje de recolección residencial se pueden mezclar con contaminantes y, por otro lado, incluir contaminantes, tales como, por ejemplo: otros artículos reciclables (por ejemplo, papel, otros plásticos, etc.), basura, y otros artículos de botellas que no son de PET, debido a la clasificación imperfecta de artículos reciclados, o por cualquier otra razón. Las botellas de PET de depósito pueden incluir botellas de PET con menos contaminantes indeseados debido en parte a que las botellas de PET de depósito se pueden recoger por separado de otros artículos reciclables o desechables.

En diversas realizaciones, las botellas de PET de reciclaje de recolección residencial adquiridas durante determinados momentos de un año determinado pueden incluir más impurezas y otros contaminantes que en otros momentos del año. Por ejemplo, las botellas de PET de reciclaje de recolección residencial recogidas durante los meses de verano pueden comprender un porcentaje mayor de botellas de PET transparentes (por ejemplo, botellas de agua) debido al menos en parte al consumo de agua adicional por parte del consumidor durante los meses de verano.

En diversas realizaciones, el sistema descrito anteriormente se puede configurar para ajustar componentes particulares del proceso basándose al menos en parte en la fuente de PET reciclado que se usa para producir el filamento de alfombra continuo a granel. Por ejemplo, debido a que las botellas de PET de depósito incluyen menos impurezas que se necesitan eliminar durante las fases iniciales de limpieza y clasificación del proceso, el sistema de regulación de presión se puede configurar para mantener la presión dentro del extrusor de MRS que es más alta que la presión que estaría configurada para mantenerse para hojuelas de PET derivadas de botellas de PET de reciclaje de recolección residencial. En una realización particular, el sistema de regulación de presión se puede configurar para mantener una presión dentro del extrusor de MRS de entre aproximadamente 0 milibares y aproximadamente 12 milibares cuando las hojuelas derivadas de botellas de PET de depósito pasan a través del extrusor de MRS. En todavía otras realizaciones, el sistema de regulación de presión se puede configurar para mantener una presión dentro del extrusor de MRS de entre aproximadamente 5 milibares y aproximadamente 10 milibares en tales casos.

En diversas realizaciones, el sistema se configura para determinar una presión adecuada a la cual se mantiene la presión dentro del extrusor de MRS basándose al menos en parte en la fuente del PET reciclado. En otras realizaciones, el sistema se configura para omitir una o más de las etapas anteriores o incluir una o más etapas adicionales a las etapas descritas anteriormente basándose al menos en parte en la fuente del PET reciclado.

5 Conclusión

Muchas modificaciones y otras realizaciones de la invención vendrán a la mente de un experto en la técnica a la que pertenece esta invención que tiene el beneficio de las enseñanzas presentadas en las descripciones anteriores y los dibujos asociados. Por ejemplo, aunque el sistema de vacío mencionado anteriormente se describe como que se configura para mantener la presión en las cámaras abiertas del extrusor de MRS a aproximadamente 1 mbar, en otras realizaciones, el sistema de vacío se puede adaptar para mantener la presión en las cámaras abiertas del extrusor de MRS a presiones mayores de, o menores de, 1 mbar. Por ejemplo, el sistema de vacío se puede adaptar para mantener esta presión a entre aproximadamente 0,5 mbar y aproximadamente 12 mbar.

De manera similar, aunque diversas realizaciones de los sistemas descritos anteriormente se pueden adaptar para producir filamento de alfombra a partir de sustancialmente sólo PET reciclado (de modo que el filamento de alfombra resultante comprendería, consistiría en, y/o consistiría esencialmente en PET reciclado), en otras realizaciones, el sistema se puede adaptar para producir filamento de alfombra de una combinación de PET reciclado y PET virgen. El filamento de alfombra resultante puede, por ejemplo, comprender, consistir en, y/o consistir esencialmente en entre aproximadamente el 80% y aproximadamente el 100% de PET reciclado, y entre aproximadamente el 0% y aproximadamente el 20% de PET virgen.

También, aunque diversas realizaciones se han descrito anteriormente con respecto a la producción de filamento de alfombra de PET, se pueden usar técnicas similares para producir filamento de alfombra a partir de otros polímeros. De manera similar, aunque diversas realizaciones se han mencionado anteriormente con respecto a la producción de filamento de alfombra de PET, se pueden usar técnicas similares para producir otros productos a partir de PET u otros polímeros.

Además, se debe entender que diversas realizaciones pueden omitir cualquiera de las etapas descritas anteriormente, siempre que todas las etapas mencionadas en la reivindicación 1 estén presentes, o añadir etapas adicionales.

En vista de lo anterior, se debe entender que la invención no se debe limitar a las realizaciones específicas descritas.

30

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar filamento de alfombra continuo a granel, comprendiendo dicho método:
- (A) proporcionar un cristalizador de PET;
- 5 (B) hacer pasar una pluralidad de hojuelas de PET reciclado a través dicho cristalizador de PET para secar al menos parcialmente la superficie de las hojuelas de PET;
- (C) después de hacer pasar dicha pluralidad de hojuelas a través de dicho cristalizador de PET, fundir al menos parcialmente dicha pluralidad de hojuelas en una masa fundida de polímero:
- (D) proporcionar un extrusor (400) de múltiples tornillos que comprende:
- 10 (i) un primer extrusor de tornillo satélite, comprendiendo dicho primer extrusor de tornillo satélite un primer tornillo satélite que se monta para girar alrededor de un eje central de dicho primer tornillo satélite;
- (ii) un segundo extrusor de tornillo satélite, comprendiendo dicho segundo extrusor de tornillo satélite un segundo tornillo satélite que se monta para girar alrededor de un eje central de dicho segundo tornillo satélite; y
- 15 (iii) un sistema de regulación de presión que se adapta para mantener una presión dentro de dichos primer y segundo extrusores de tornillo satélite por debajo de aproximadamente 18 milibares;
- (E) usar dicho sistema de regulación de presión para reducir la presión dentro de dichos primer y segundo extrusores de tornillo satélite hasta por debajo de aproximadamente 18 milibares;
- (F) después de dicha etapa de hacer pasar dicha pluralidad de hojuelas a través de dicho cristalizador de PET, mientras se mantiene dicha presión dentro de dichos primer y segundo extrusores de tornillo satélite por debajo de aproximadamente 18 milibares, hacer pasar dicha masa fundida de polímero a través de dicho extrusor de múltiples tornillos para que: (1) una primera porción de dicha masa fundida de polímero pase a través de dicho primer extrusor de tornillo satélite, y (2) una segunda porción de dicha masa fundida de polímero pase a través de dicho segundo extrusor de tornillo satélite; y
- 20 (G) después de dicha etapa de hacer pasar dicha masa fundida de polímero a través de dicho extrusor (400) de múltiples tornillos, formar dicha masa fundida de polímero en filamento de alfombra continuo a granel.
- 25 2. El método de la reivindicación 1, en donde dicho cristalizador de PET comprende:
- un tornillo de tolva configurado para alimentar dicha pluralidad de hojuelas en dicho cristalizador de PET; y
- un soplador configurado para soplar aire caliente sobre dicha pluralidad de hojuelas a medida que dicha pluralidad de hojuelas pasa a través de dicho cristalizador.
- 30 3. El método de la reivindicación 2, en donde dicho cristalizador de PET se configura para mantener una temperatura de entre aproximadamente 140 grados Celsius y aproximadamente 180 grados Celsius dentro de dicho cristalizador de PET.
4. El método de la reivindicación 3, en donde dicho cristalizador de PET se configura para mantener una temperatura de aproximadamente 140 grados Celsius dentro de dicho cristalizador de PET.
- 35 5. El método de la reivindicación 1, en donde dicho cristalizador de PET se configura para cristalizar al menos parcialmente dicha pluralidad de hojuelas.
6. El método de la reivindicación 1, en donde dicho cristalizador de PET se configura para reducir el contenido de humedad de dicha pluralidad de hojuelas a entre aproximadamente 30 ppm y aproximadamente 50 ppm.

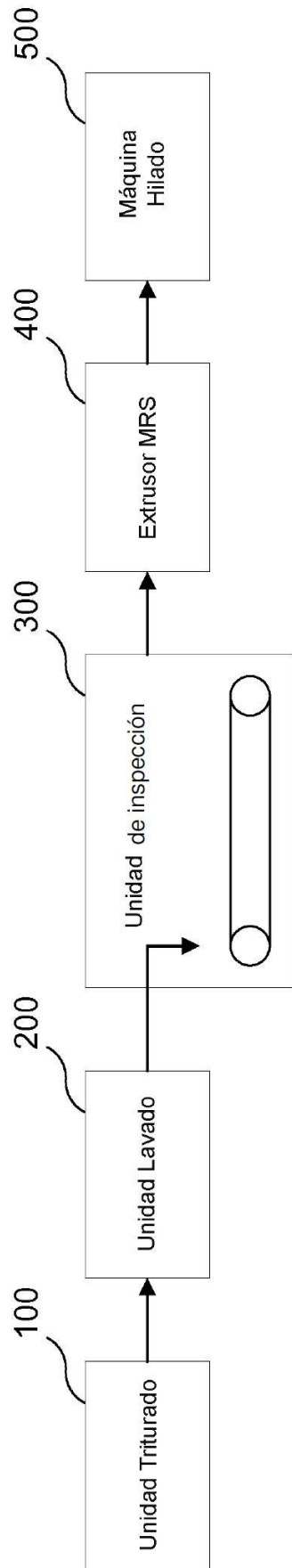


FIG. 1

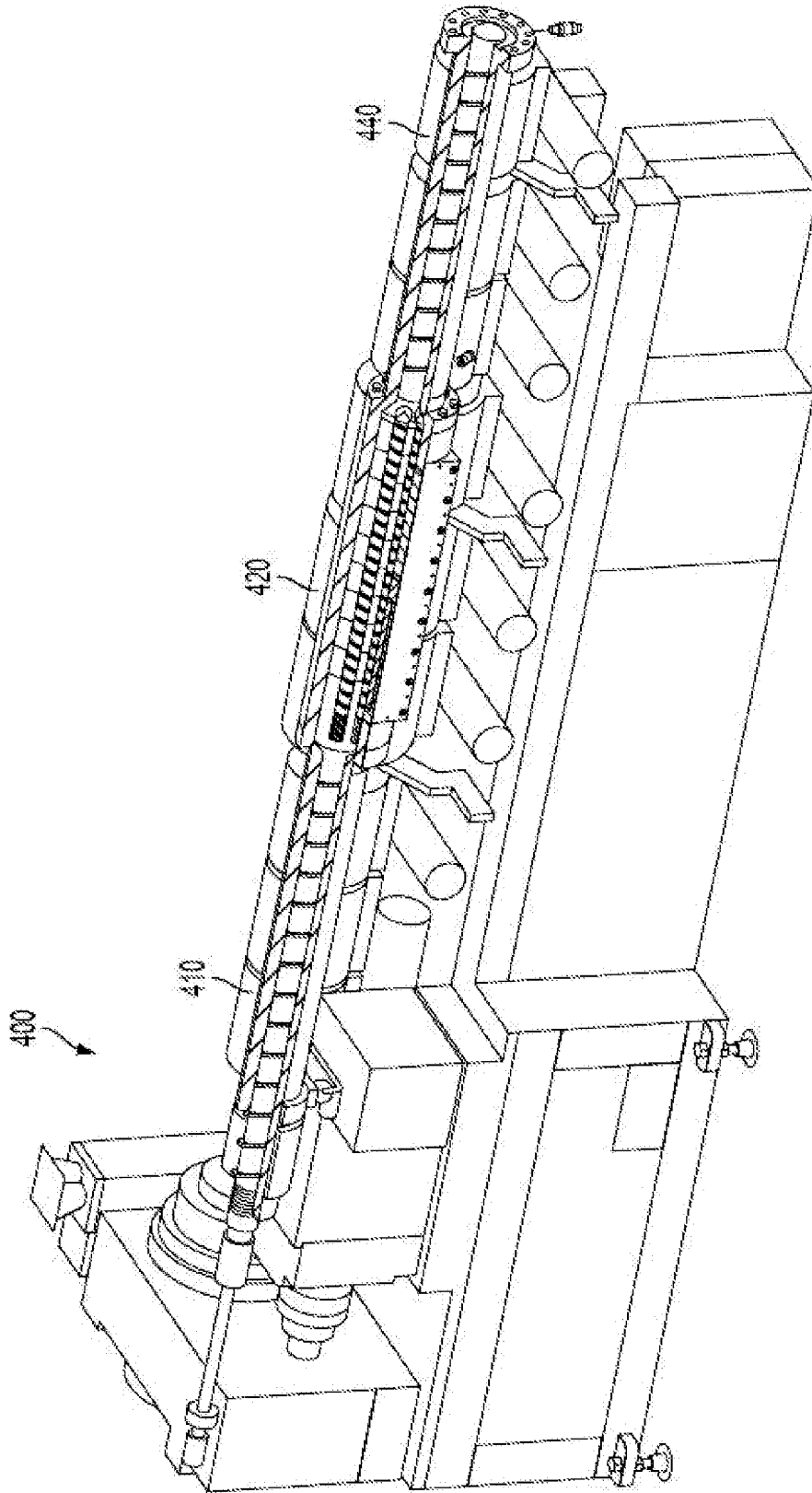


FIG. 2

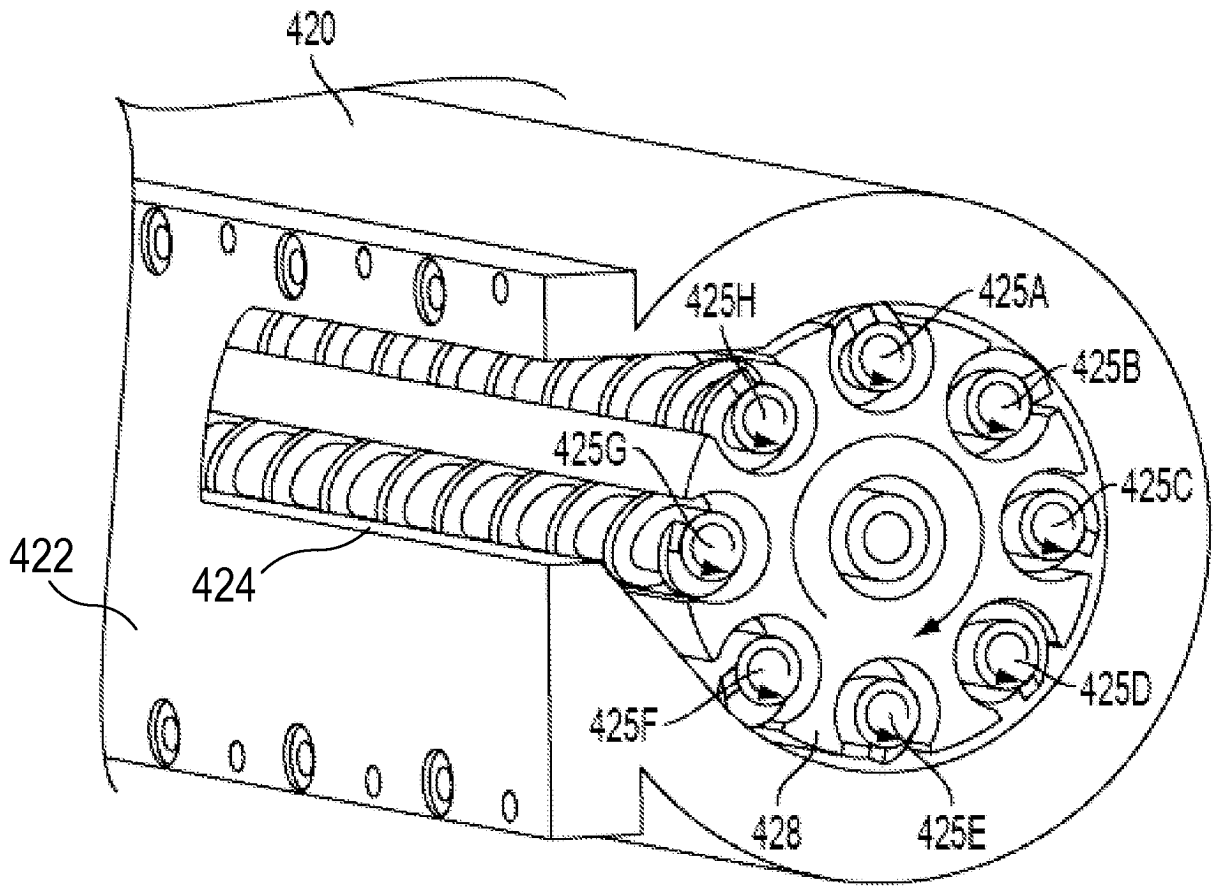


FIG. 3

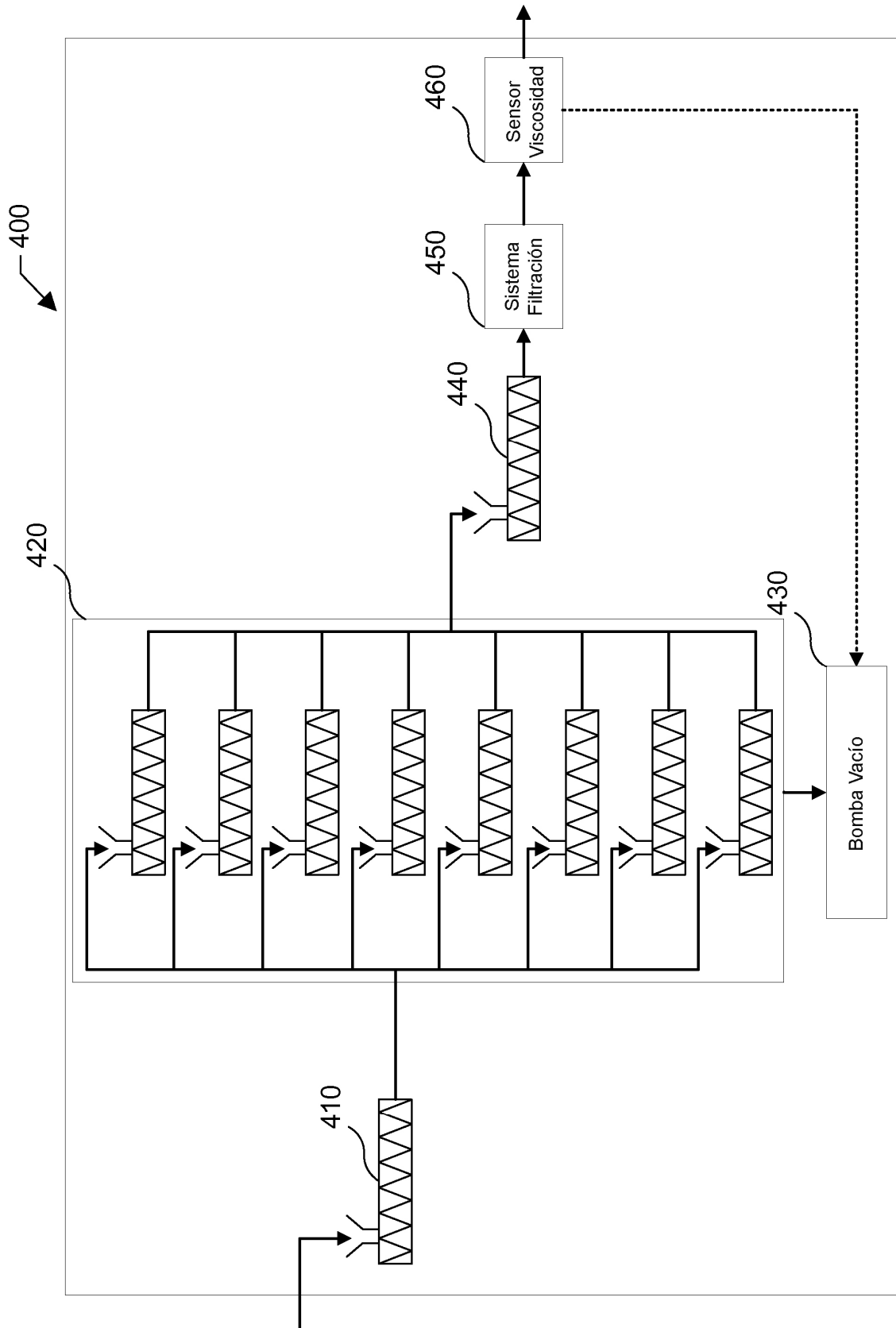


FIG. 4

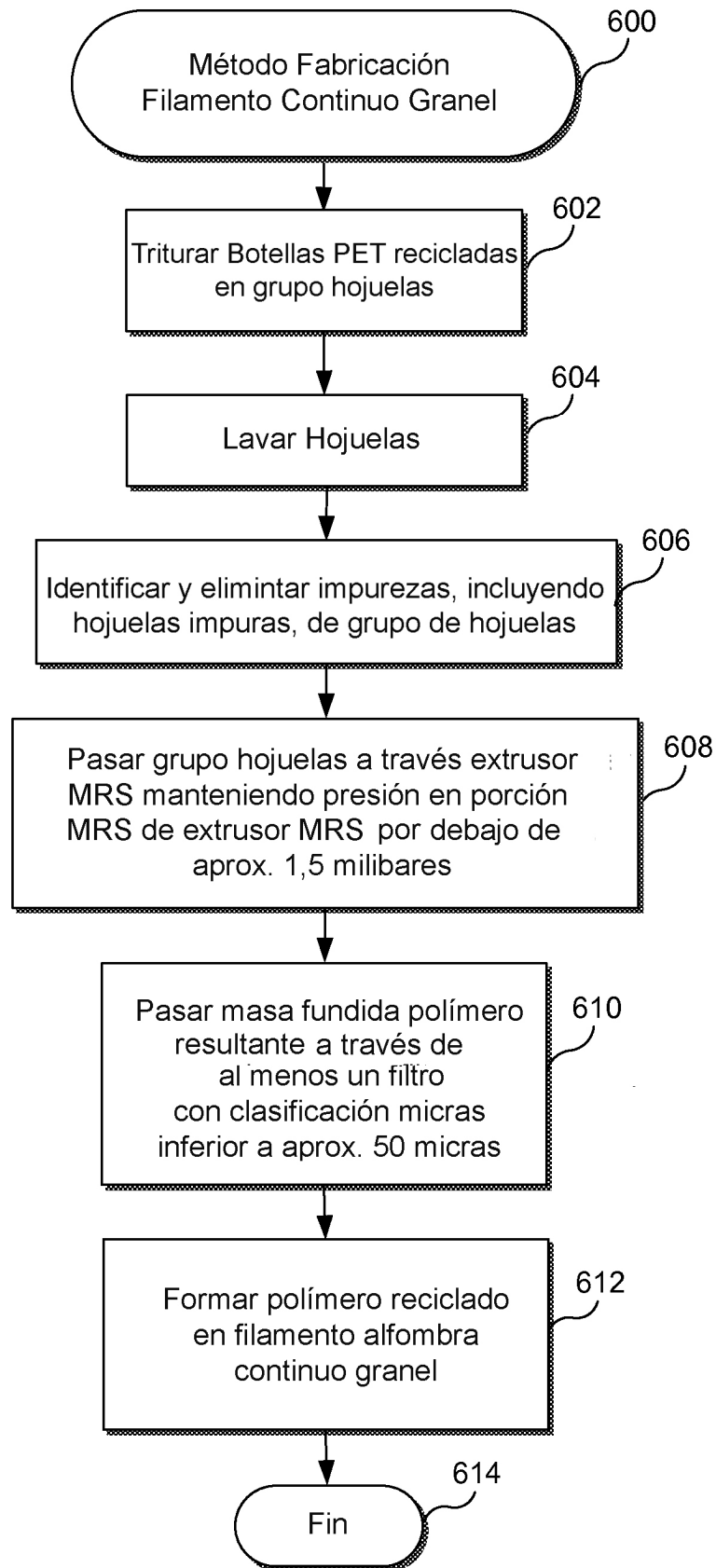


FIG. 5