

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 576 556**

51 Int. Cl.:

**F26B 5/08** (2006.01)

**F26B 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2005 E 05794882 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016 EP 1789742**

54 Título: **Un proceso de separación y secado de partículas termoplásticas bajo alta presión**

30 Prioridad:

**02.09.2004 US 606729 P**  
**23.05.2005 US 134946**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**08.07.2016**

73 Titular/es:

**GRUPO PETROTEMEX, S.A. DE C.V. (100.0%)**  
**Ricardo Margain No. 444, Torre sur, Piso 16, Col.**  
**Valle de Campestre**  
**San Pedro Garza García, Nuevo León 66265, MX**

72 Inventor/es:

**EKART, MICHAEL PAUL;**  
**HUDSON, ANDREW STEVEN;**  
**ISAAC, RAYMOND y**  
**SAMITIER, LUCIANO DALMACIO**

74 Agente/Representante:

**POLO FLORES, Carlos**

**ES 2 576 556 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

Un proceso de separación y secado de partículas termoplásticas bajo alta presión

## 5 REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

La presente solicitud reivindica el beneficio de la solicitud provisional de EE.UU. N.º 60/606.729 presentada el 2 de septiembre de 2004.

10 1. Campo de la invención

La invención se refiere a procesos de separación de una suspensión que comprende partículas poliméricas tales como partículas de poliéster de un líquido tal como agua y de secado las partículas mientras que se mantiene la presión sobre las partículas por encima de la presión de vapor del líquido.

15

2. Antecedentes de la invención

Las partículas de polímero sintético termoplástico, tales como pellas de poliéster (o copoliéster), se suministran generalmente a convertidores en una forma semi-cristalina. Los convertidores desean procesar pellas semi-cristalinas en vez de pellas amorfas debido a que las pellas semi-cristalinas pueden secarse a mayores temperaturas sin aglomeración. Un proceso comercial típico para proporcionar pellas cristalizadas implica formar el polímero de poliéster mediante polimerización en la fase fundida hasta una viscosidad intrínseca (V.I.) que oscila de aproximadamente 0,5 a menos de 0,70 dl/g, extruir el fundido en hebras, enfriar las hebras, cortar las hebras de polímero enfriadas en pellas amorfas sólidas, que luego se guardan frecuentemente para la entrada en una segunda fase conocida como polimerización en estado sólido para aumentar adicionalmente la V.I. de las pellas adecuadas para aplicaciones de uso final. Las pellas se re-calientan por encima de su  $T_g$  y a continuación se cristalizan bajo un flujo de gas nitrógeno caliente o aire caliente para prevenir que las pellas se peguen en el reactor de polimerización en estado sólido, y posteriormente se calientan adicionalmente en el estado sólido a temperaturas más altas bajo una purga de nitrógeno (o vacío) con el fin de continuar formando peso molecular o V.I. (es decir, estado sólido). Así, la cristalización es necesaria para evitar la aglomeración de las pellas durante el estado sólido y durante la etapa de secado antes de extruir el fundido en preformas de botella.

En lugar de cristalizar las pellas en una corriente de gas caliente, los presentes inventores han descubierto que cristalizar térmicamente el polímero de poliéster bajo un fluido proporciona numerosas ventajas. Puede obtenerse un proceso continuo de cristalización de tanto un polímero de poliéster en forma de gotitas o esferas fundidas como en forma de pellas o esferas sólidas (conjuntamente "partículas de polímero") en un fluido caliente tal como agua si la temperatura del fluido es lo suficientemente caliente para no solo cristalizar las partículas de polímero en un corto tiempo de residencia, sino para cristalizar las partículas de polímero a una temperatura alta suficiente para prevenir que las partículas se peguen entre sí en una secadora que alimenta un dispositivo de extrusión. La temperatura requerida para tanto cristalizar como para prevenir que las partículas se peguen en estas secadoras está muy por encima del punto de ebullición del agua a presión atmosférica, y normalmente oscilaría de aproximadamente 130 °C a 180 °C. Pueden usarse otros fluidos que hierven a temperaturas más altas, pero estos fluidos requieren una etapa adicional de lavado de las partículas para eliminar cualquier fluido residual que quede sobre la superficie de la partícula después de separar el fluido de la partícula. Pueden usarse otros fluidos que no tienden a pegarse a la superficie de la partícula, pero estos fluidos tienden a tener puntos de ebullición más bajos de forma que también se supera su punto de ebullición, como el del agua.

Por consiguiente, el proceso de cristalización se realiza bajo presión para prevenir que el líquido se vaporice completamente, manteniendo así las partículas en la fase líquida en la que pueden ser fácilmente transportadas y cristalizadas a la temperatura del líquido. La cristalización térmica de las partículas en un líquido generará una mezcla de líquido/partículas. En algún punto en el proceso, es necesario separar las partículas del fluido. Esta separación debe lograrse sin tener que reducir sustancialmente la presión en la zona de cristalización por debajo del líquido. Resultarían varias desventajas reduciendo la presión tanto en la línea de cristalización como en la zona de separación. Una desventaja tal aumentaría el consumo de energía para presurizar continuamente la línea de cristalización para mantener el fluido en la fase líquida. Otra desventaja es que una despresurización súbita hará hervir vigorosamente el líquido en la fase vapor, produciendo pérdida de fluido o equipo para re-condensar el vapor. En el caso del agua que tiene un alto calor de vaporización, una liberación de presión hará hervir vigorosamente o vaporizará el agua de tanto la superficie como de debajo de la superficie de la partícula, enfriando así rápidamente la temperatura de la partícula.

Esta última desventaja puede no tener consecuencia, excepto que los presentes inventores han hecho un descubrimiento de que sería altamente deseable mantener la temperatura de las partículas después de la separación próxima a la temperatura de las partículas antes de la separación. Tras liberar la presión sobre las partículas durante la separación, el agua encima y/o en las partículas se vaporizará rápidamente, reduciendo así la temperatura de la partícula.

Los presentes inventores han descubierto que sería deseable separar las partículas del líquido mientras que se mantiene la presión del sistema, y secar sustancialmente las partículas sin también reducir significativamente la temperatura de la partícula.

El documento EP1402942 desvela en combinación todas las características presentes en el preámbulo de la reivindicación 1, concretamente un método de separación y de secado que implica solo una etapa. Este método de una sola etapa produce un alto consumo de energía, ya que se usa la misma técnica de secado y de separación a lo largo de todo el proceso independientemente del contenido de agua de la suspensión, que disminuye a lo largo del proceso.

El documento EP 1522395 desvela un proceso de cristalización de un polímero de poliéster en un medio líquido a una temperatura del medio líquido superior a la temperatura de transición vítrea del polímero de poliéster y que permite que el polímero de poliéster fundido resida en el medio líquido durante un tiempo suficiente para cristalizar el polímero bajo una presión igual o superior a la presión de vapor del medio líquido.

### 3. Resumen de la invención

Ahora se ha proporcionado un proceso que comprende proporcionar una suspensión presurizada que comprende partículas de polímero sintético termoplástico en combinación con un líquido a una temperatura del líquido superior al punto de ebullición normal del líquido y bajo una presión igual o superior a la presión de vapor del líquido a la temperatura del líquido, alimentando la suspensión presurizada a una zona de separación, y dentro de la zona de separación:

- a) separar el líquido de las partículas, y
- b) secar las partículas;

mientras están bajo una presión alta igual o superior a la presión de vapor del líquido, y en el que la etapa de separación se realiza en dos etapas, según la reivindicación 1. Preferentemente, las partículas se desacoplan de la zona de separación que comprende despresurizar las partículas a una presión baja por debajo de la presión de vapor del líquido mientras que se mantiene una presión alta sobre las partículas antes de la despresurización por encima de la presión de vapor del líquido.

Las partículas son preferentemente partículas de polímero de poliéster, preferentemente secadas antes del desacoplamiento a un nivel de humedad del 0,5 % en peso o menos, el líquido es preferentemente agua, y la presión se reduce deseablemente a menos de 344 kPa (50 psig) y lo más preferentemente hasta atmosférica después del desacoplamiento.

En otra realización preferida, la temperatura del líquido en la suspensión es superior a 130 °C, y la temperatura de las partículas tras el desacoplamiento es superior a 100 °C.

En el proceso de la invención, secando primero las partículas antes del desacoplamiento, la energía térmica de las partículas se retiene sustancialmente en la partícula, ya que queda menos agua sobre o en la partícula para vaporizar una vez las partículas se despresurizan tras el desacoplamiento de las partículas de la zona de separación.

También se proporcionan realizaciones que describen el aparato usado para llevar a cabo la separación sólido/líquido y secar bajo presión con una etapa de desacoplamiento posterior.

### 4. Breve descripción de la Figura

La Figura 1 es un diagrama de flujo del proceso para separar el líquido y partículas poliméricas uno de otro y secar

las partículas mientras que están bajo una presión de vapor igual o superior a la presión de vapor del líquido a la temperatura del líquido.

#### 5. Descripción detallada de la invención

5 La presente invención puede entenderse más fácilmente por referencia a la siguiente descripción detallada de la invención, que incluye las figuras adjuntas citadas en el presente documento, y los ejemplos proporcionados en el mismo. Debe entenderse que la presente invención no se limita a los procesos específicos y condiciones descritas, ya que procesos específicos y/o condiciones de proceso para procesar artículos de plástico como tales pueden, por  
10 supuesto, variar.

También debe entenderse que la identificación de un método de prueba, o ecuación que cumple un proceso o composición, tanto si se expresa como si no en las reivindicaciones, no tiene que ponerse en práctica en una realización comercial con el fin de que la invención se ponga en práctica como se reivindica. Métodos de prueba y  
15 ecuaciones son técnicas de medición convenientes aplicadas, si fuera necesario, a responder una cuestión de si la invención como se pone en práctica está dentro del alcance de una reivindicación.

Los valores de la viscosidad intrínseca descritos en toda esta descripción se exponen en unidades de dl/g como se calcula a partir de la viscosidad inherente medida a 25 °C en 60/40 en peso/peso de fenol/tetracloroetano según los  
20 cálculos expresados más adelante.

Ahora se ha proporcionado un proceso que comprende proporcionar una suspensión presurizada que comprende partículas de polímero sintético termoplástico en combinación con un líquido a una temperatura del líquido superior al punto de ebullición normal del líquido y bajo una presión igual o superior a la presión de vapor del líquido a la  
25 temperatura del líquido, alimentando la suspensión presurizada a una zona de separación, y mientras que se mantiene la presión sobre el líquido a un nivel igual o superior a la presión de vapor del líquido a la temperatura del líquido:

- a) separar el líquido de las partículas, y  
30
- b) secar las partículas;

En otra realización, las partículas se someten a una etapa de desacoplamiento en la que la presión sobre las partículas secadas se reduce a un nivel por debajo de la presión de vapor del líquido aplicada a la suspensión.  
35

La suspensión presurizada comprende una combinación de partículas de polímero sintético termoplástico y un líquido bajo una presión superior a la presión de vapor del líquido a la temperatura del líquido. De este modo se evita que el líquido hierva.

40 La forma de las partículas no está limitada, y puede incluir partículas, esferas, pellas, fibras discontinuas o picadas, cilíndrica, irregular, pastillas, estrellas, copo, o cualquier otra forma. En una realización preferida, las partículas son sustancialmente esféricas, como se obtendrían de cortar polímero fundido por debajo del líquido en el que las partículas tienen una relación de aspecto promedio de 1,5 o menos. El tamaño de la partícula tampoco está limitado, mientras que el proceso sea capaz de realizar las funciones deseadas de separación, secado y despresurización.

45 Tamaños de partícula promedio adecuados oscilan de 0,1 mm a 25 mm, preferentemente de 1 a 4 mm, en la mayor dimensión.

El estado del polímero en la suspensión puede ser como un fundido, semi-sólido, o sólido, a condición de que el polímero tome la forma de partículas en el líquido. Así, una suspensión en el proceso de la invención no está  
50 limitada a una mezcla de sólido/líquido, sino que también incluye mezclas fundidas de partículas/líquido y mezclas de semi-sólido/líquido. Antes de separar las partículas del líquido, sin embargo, la temperatura del líquido está preferentemente por debajo del punto de fusión de pico bajo del polímero si existe, y si no existe, entonces por debajo del punto de fusión del pico alto del polímero, como se ha determinado por DSC a 20 °C/min. Más preferentemente, la temperatura del líquido en cualquier punto mientras que las partículas están experimentando  
55 cristalización, y más preferentemente la temperatura del líquido alimentado a la zona de separación, y/o la temperatura del líquido separado de las partículas en la salida de líquido del separador sólido/líquido, es superior a 100 °C, o al menos 120 °C, o al menos 130 °C, o al menos 140 °C, y hasta 190 °C, o hasta 180 °C.

El método de preparación de la suspensión de partículas en el líquido no está limitado. Un método tal es forzar a una

corriente fundida de polímero a pasar a través de una boquilla, cortar continuamente la corriente de polímero fundido en la boquilla a medida que es forzada a pasar a través de la boquilla bajo una corriente de líquido, y permitir que el polímero cortado sea arrastrado en la corriente de líquido, produciendo así una suspensión de partículas de polímero y líquido. Alternativamente, simplemente puede obtenerse un suministro de partículas de polímero virgen o de PCR y mezclarlas con un líquido, tanto a atmosférica seguido de presurizar la suspensión, como arrastrando el suministro de partículas en una corriente presurizada de líquido. En otro método más, el polímero sintético termoplástico fundido puede ser forzado a pasar a través de una boquilla a un baño de líquido bajo presión para formar hebras, hebras que se envían a través de una cortadora en línea o peletizadora, formando así una suspensión de partículas y líquido.

El polímero sintético termoplástico es cualquier polímero obtenido polimerizando monómeros, y que es termoplástico de forma que el polímero pueda convertirse en partículas y luego en un artículo útil, tal como una fibra, un artículo moldeado, o una hoja que pueda ser termomoldeada. Los polímeros no incluyen preferentemente polímeros de cristal líquido que obtienen una estructura ordenada tras la fusión. Polímeros termoplásticos preferidos son polímeros de condensación polimerizados condensando monómeros, o por una combinación de reacciones de condensación y de adición, además de polímeros de injerto en los que el esqueleto del polímero es un polímero de condensación.

Ejemplos de polímeros de condensación incluyen poliésteres, poliamida, policarbonato, y copolímeros y polímeros de injerto de los mismos. Los polímeros tienen deseablemente pesos moleculares promedio en número que oscilan de 1000 a 500.000, y normalmente de 2000 a 50.000.

El polímero de poliéster contiene unidades de repetición de enlaces éster. El polímero de poliéster puede ser alifático o parcialmente aromático. Polímeros de poliéster preferidos contienen unidades de repetición de tereftalato de alquileo o unidades de repetición de naftalato de alquileo en una cantidad de al menos el 60 % en moles basado en los moles totales de unidades en el polímero. El polímero de poliéster puede aislarse opcionalmente tal cual.

Son más preferidos los polímeros de poliéster que comprenden:

(a) un componente de ácido carboxílico que comprende al menos 80 % en moles, o al menos 85 % en moles, o al menos 90 % en moles, o al menos 96 % en moles, de los residuos de ácido tereftálico, derivados de ácido tereftálico, ácido naftaleno-2,6-dicarboxílico, derivados de ácido naftaleno-2,6-dicarboxílico, o mezclas de los mismos, y

(b) un componente de hidroxilo que comprende al menos 60 % en moles, o al menos 90 % en moles, o al menos 96 % en moles, de los residuos de etilenglicol o propanodiol, más preferentemente etilenglicol,

basado en el 100 por cien en moles de residuos de componente de ácido carboxílico y el 100 por cien en moles de residuos de componente de hidroxilo en el polímero de poliéster.

Todos los compuestos que contienen grupo(s) ácido carboxílico o derivado(s) de los mismos que están en el producto comprenden el "componente de ácido carboxílico". El % en moles de todos los compuestos que contienen grupo(s) ácido carboxílico o derivado(s) de los mismos que están en el producto se añaden hasta 100. "Residuos" de compuesto(s) que contiene(n) grupo(s) ácido carboxílico o derivado(s) de los mismos que están en el producto se refiere a la porción de dicho(s) compuesto(s) que queda en la cadena de oligómero y/o polímero después de la reacción de condensación con un compuesto(s) que contiene(n) grupo(s) hidroxilo.

Más de un compuesto que contiene grupo(s) hidroxilo(s) o derivados de los mismos puede llegar a ser parte del (de los) producto(s) de polímero de poliéster. Todos los compuestos que contienen grupo(s) hidroxilo o derivados de los mismos que llegan a ser parte de dicho(s) producto(s) comprenden el componente hidroxilo. El % en moles de todos los compuestos que contienen grupo(s) hidroxilo o derivados de los mismos que llegan a ser parte de dicho(s) producto(s) se añaden hasta 100. Residuos de compuesto(s) con funcionalidad hidroxilo o derivados de los mismos que llegan a ser parte de dicho producto se refiere a la porción de dicho(s) compuesto(s) que sigue en dicho producto después de que dicho(s) compuesto(s) se condense(n) con un compuesto(s) que contiene grupo(s) ácido carboxílico o derivado(s) de los mismos y se policondense adicionalmente con cadenas de polímero de poliéster de longitud variable.

El % en moles de los residuos de hidroxilo y residuos de ácido carboxílico en el (los) producto(s) puede determinarse

por RMN de protón.

La reacción del componente de ácido carboxílico con el componente de hidroxilo durante la preparación del polímero de poliéster no está limitada a los porcentajes en moles establecidos, ya que uno puede utilizar un gran exceso del componente de hidroxilo si se desea, por ejemplo en el orden de hasta el 200 % en moles con respecto al 100 % en moles del componente de ácido carboxílico usado. El polímero de poliéster preparado mediante la reacción contendrá, sin embargo, las cantidades establecidas de residuos de ácido dicarboxílico aromático y residuos de etilenglicol.

10 Derivados de ácido tereftálico y ácido naftalenodicarboxílico incluyen tereftalatos de dialquilo C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> y naftalatos de dialquilo C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>, tales como tereftalato de dimetilo y naftalato de dimetilo.

Además de un componente de diácido de ácido tereftálico, los derivados de ácido tereftálico, ácido naftaleno-2,6-dicarboxílico, derivados de ácido naftaleno-2,6-dicarboxílico, o mezclas de los mismos, el (los) componente(s) de ácido carboxílico del presente poliéster pueden incluir uno o más compuestos de ácido carboxílico modificadores adicionales. Tales compuestos de ácido carboxílico modificadores adicionales incluyen compuestos de ácido monocarboxílico, compuestos de ácido dicarboxílico y compuestos con un mayor número de grupos ácido carboxílico. Ejemplos incluyen ácidos dicarboxílicos aromáticos, que preferentemente tienen 8 a 14 átomos de carbono, ácidos dicarboxílicos alifáticos que preferentemente tiene 4 a 12 átomos de carbono, o ácidos dicarboxílicos cicloalifáticos que preferentemente tienen 8 a 12 átomos de carbono. Más ejemplos específicos de ácidos dicarboxílicos modificadores útiles como componente(s) de ácido son ácido ftálico, ácido isoftálico, ácido naftaleno-2,6-dicarboxílico, ácido ciclohexanodicarboxílico, ácido ciclohexanodiacético, ácido difenil-4,4'-dicarboxílico, ácido succínico, ácido glutárico, ácido adípico, ácido azelaico, ácido sebácico, y similares, siendo el ácido isoftálico, el ácido naftaleno-2,6-dicarboxílico y el ácido ciclohexanodicarboxílico los más preferibles. Debe entenderse que el uso de los anhídridos de ácido, ésteres y cloruros de ácido correspondiente de estos ácidos se incluye en el término "ácido carboxílico". También es posible compuestos de tricarbóxilo y compuestos con un mayor número de grupos ácido carboxílico para modificar el poliéster.

Además de un componente de hidroxilo que comprende etilenglicol, el componente de hidroxilo del presente poliéster puede incluir mono-oles modificadores adicionales, dioles, o compuestos con un mayor número de grupos hidroxilo. Ejemplos de compuestos de hidroxilo modificadores incluyen dioles cicloalifáticos, que preferentemente tienen 6 a 20 átomos de carbono, y/o dioles alifático, que preferentemente tienen 3 a 20 átomos de carbono. Ejemplos más específicos de tales dioles incluyen dietilenglicol; trietilenglicol; 1,4-ciclohexanodimetanol; propano-1,3-diol; butano-1,4-diol; pentano-1,5-diol; hexano-1,6-diol; 3-metilpentano-(2,4)-diol; 2-metilpentano-(1,4)-diol; 2,2,4-trimetilpentano-(1,3)-diol; 2,5-etilhexano-(1,3)-diol; 2,2-dietilpropano-(1,3)-diol; hexano-(1,3)-diol; 1,4-di-(hidroxi-etoxi)-benceno; 2,2-bis-(4-hidroxiciclohexil)-propano; 2,4-dihidroxi-1,1,3,3-tetrametil-ciclobutano; 2,2-bis-(3-hidroxi-etoxifenil)-propano; y 2,2-bis-(4-hidroxi-propoxifenil)-propano.

Como modificadores, el polímero de poliéster puede contener preferentemente comonomeros tales como ácido isoftálico, ácido naftalenodicarboxílico, ciclohexanodimetanol y dietilenglicol.

Las composiciones de pellas de poliéster pueden incluir mezclas de poli(tereftalatos de alquileno) y/o poli(naftalatos de alquileno) junto con otros polímeros termoplásticos tales como policarbonato (PC) y poliamidas. Se prefiere que la composición de poliéster deba comprender una mayoría de los polímeros de poliéster, más preferentemente en una cantidad de al menos el 80 % en peso, o al menos el 95 % en peso, y lo más preferentemente el 100 % en peso, basado en el peso de todos los polímeros termoplásticos (excluyendo cargas, compuestos inorgánicos o partículas, fibras, modificadores del impacto, u otros polímeros que pueden formar una fase discontinua). También se prefiere que los polímeros de poliéster no contengan ninguna carga, fibra o modificadores del impacto u otros polímeros que formen una fase discontinua.

Las composiciones de poliéster pueden prepararse por procedimientos de polimerización conocidos en la técnica suficientes para efectuar la esterificación y policondensación. Los procesos de fabricación en fase fundida del poliéster incluyen condensación directa de un ácido dicarboxílico con el diol, opcionalmente en presencia de catalizadores de la esterificación, en la zona de esterificación, seguido de policondensación en el prepolímero y zona de acabado en presencia de un catalizador de policondensación; o intercambio de éster, normalmente en presencia de un catalizador de la transesterificación en la zona de intercambio de éster, seguido de prepolimerización y acabado en presencia de un catalizador de la policondensación, y cada uno puede estar opcionalmente en estado sólido según métodos conocidos.

Otros métodos para la fabricación de polímero de condensación y polímeros de adición termoplásticos son convencionales y se describen en Kirk Othmer Encyclopedia of Chemical Technology por John Wiley & Sons.

Una V.I. adecuada del polímero sintético termoplástico de la fase del fundido puede oscilar de 0,55 dl/g a 1,15 dl/g. Sin embargo, una ventaja del proceso es que la etapa en estado sólido puede evitarse. El estado sólido se usa comúnmente para aumentar el peso molecular (y la V.I.) de las pellas en el estado sólido, normalmente al menos 0,05 unidades de V.I., y más normalmente de 0,1 a 0,5 unidades de V.I. Por tanto, con el fin de evitar una etapa en estado sólido, un polímero obtiene una V.I. en la fase del fundido, preferentemente de al menos 0,7 dl/g, o al menos 0,75 dl/g, y hasta aproximadamente 1,2 dl/g, o 1,15 dl/g. La V.I. del polímero preparado en la fase del fundido puede medirse convenientemente muestreando partículas obtenidas a partir de una peletizadora asociada a la fase del polímero fundido.

Una vez el polímero sintético termoplástico se fabrica en la polimerización en fase del fundido, solidifica. El método para solidificar el polímero sintético termoplástico a partir del proceso en fase del fundido no está limitado. Por ejemplo, polímero sintético termoplástico fundido de la fase del fundido puede dirigirse a través de una boquilla, o simplemente cortarse, o tanto dirigirse a través de una boquilla, seguido de corte del polímero fundido. Puede usarse una bomba de engranajes como fuerza motriz para conducir el polímero sintético termoplástico fundido a través de la boquilla. En lugar de usar una bomba de engranajes, el polímero sintético termoplástico fundido puede alimentarse en una prensa extrusora de un solo husillo o de doble husillo y a través de una boquilla, opcionalmente a una temperatura de 190 °C o más en la boquilla de la prensa extrusora. Una vez a través de la boquilla, el polímero sintético termoplástico puede extraerse en hebras, ponerse en contacto con un fluido frío, y cortarse en pellas, o el polímero puede peletizarse en la cabeza de la boquilla, opcionalmente por debajo del líquido. El fundido de polímero sintético termoplástico se filtra opcionalmente para eliminar partículas por encima de un tamaño designado antes de ser cortadas. Puede usarse cualquier peletización en caliente convencional o método de cortar en dados y aparato, que incluye, pero no se limita a, cortar en dados, peletización en hebras y peletización en hebras (transporte forzado), pastilladoras, peletizadoras de anillo de agua, peletizadoras de cara caliente, peletizadoras acuáticas y peletizadoras centrífugas. Ejemplos de peletizadoras acuáticas se exponen en las patentes de EE.UU. N.º 5.059.103, 6.592.350; 6.332.765; 5.611.983; 6.551.087; 5.059.103, 4.728.276; 4.728.275; 4.500.271; 4.300.877; 4.251.198; 4.123.207; 3.753.637; y 3.749.539.

La fuente del polímero usado en la suspensión no está limitada. Anteriormente se ha descrito un método de obtención del polímero a partir de un proceso en fase del fundido para preparar polímero virgen. Alternativamente, el polímero fundido y obtenido a partir de recortes de desechos, o de polímero reciclado tras uso por el consumidor ("PCR"). La historia del polímero no está limitada y el polímero puede someterse a cualquier historia y cualquier estado antes de convertir el polímero en una partícula o añadir el polímero como una partícula al líquido para preparar la suspensión.

El método para introducir la condensación fundida en el líquido no está limitado. Por ejemplo, en una realización, el polímero fundido, obtenido a partir de cualquier fuente y tanto virgen como PCR, se dirige a través de una boquilla, o simplemente se corta, o tanto se dirige a través de una boquilla, seguido de cortar el polímero fundido. En otro ejemplo, el polímero sintético termoplástico puede extruirse fundido con una prensa extrusora de un solo husillo como de doble husillo a través de una boquilla, opcionalmente a una temperatura de 190 °C o más en la boquilla de la prensa extrusora, y cortarse en partículas o extruirse en hebras o cualquier otra forma de la boquilla. En otra realización alternativa más, el polímero sintético termoplástico fundido se bombea directamente o indirectamente desde un recipiente acabador de fase del fundido con una bomba de engranajes, se fuerza a pasar a través de una boquilla y se corta en partículas o se forma en una hebra, hoja u otra forma de la boquilla.

El líquido particular usado no está limitado. Debería evitarse una composición líquida que produzca una alta pérdida no deseable en la V.I. bajo todas las condiciones de operación. Ejemplos de líquidos que son adecuados para su uso en el proceso incluyen agua; polialquilenglicoles tales como dietilenglicol y trietilenglicol; y alcoholes.

En una realización, las partículas se ponen en contacto con el líquido a alta temperatura con el fin de cristalizar parcialmente el polímero. En este caso se desea usar líquidos que tienen una alta capacidad calorífica para optimizar la transferencia de calor a las pellas al tiempo de residencia más bajo posible. También son deseables líquidos que tienen presiones de vapor bajas para reducir adicionalmente los costes de equipo, ya que puede usarse un recipiente con una clasificación de presión más baja. Sin embargo, un factor significativo y algunas veces predominante a considerar en la selección del líquido es la facilidad con la que el líquido se separa de las partículas, la facilidad con la que el líquido se volatiliza de la partícula, y los costes asociados a la manipulación, calentamiento y recirculación del líquido separado de nuevo a ponerse en contacto con una alimentación nueva de partículas que

va a ser arrastrada en el líquido. La capacidad calorífica del agua, 4,19 J/g/ °C (1 cal/g/ °C), es atractiva y la facilidad con la que el agua se separa de las pellas y se volatiliza de las pellas es excelente. Si se desea, puede usarse una mezcla de agua con otras sustancias (por ejemplo, líquidos o sales) que reduce la presión de vapor del líquido. Por ejemplo, puede mezclarse agua con otros glicoles en una cantidad que no supere la solubilidad de los glicoles en agua bajo las condiciones de operación en la zona líquida. Se prefiere usar líquidos que sean solubles en agua de manera que el líquido en exceso pueda eliminarse de las pellas lavando con agua.

La suspensión de partículas y líquido está bajo una presión a un nivel que es igual a o supera la presión de vapor del líquido. La presión sobre el líquido supera la presión de vapor del líquido con el fin de garantizar que el fluido permanezca en el estado líquido. Por consiguiente, la tubería o recipiente que contiene la suspensión puede tener una presión positiva sobre la suspensión que supera 101325 Pa [una (1) atmósfera]. Éste es el caso en el que, por ejemplo, un medio acuoso que se usa a la temperatura del líquido está en o supera 100 °C. La presión particular sobre la suspensión elegida dependerá de la composición líquida y la temperatura deseada aplicada por el líquido a las partículas. Sin embargo, en una realización, como mínimo, el líquido tiene un punto de ebullición a 1 atmósfera que es inferior a la temperatura del líquido que se pone en contacto con las partículas. Y, en cambio, la temperatura del líquido que se pone en contacto con las partículas es superior al punto de ebullición del líquido a 1 atmósfera.

La presión puede inducirse a modo de introducir un gas inerte presurizado tal como nitrógeno, o aire, cualquier otro gas adecuado, o bombeando una mayor cantidad de líquido en la zona de líquido. O puede usarse una combinación de los medios inductores de presión anteriormente mencionados.

La presión de vapor de un líquido normalmente se determina experimentalmente a partir de la presión ejercida por su vapor cuando el líquido y el vapor están en equilibrio dinámico. Sin embargo, es posible en la práctica actual que el líquido y el vapor en la zona de líquido puedan no estar en equilibrio en ningún momento individual en el tiempo o localización dentro del fluido debido a variaciones en la presión de perturbaciones en el sistema muy conocidas para aquellos expertos en la materia, tales como diferenciales de presión a través de la tubería, válvulas, presas, etc., y calentamiento no uniforme. Como resultado, es posible que se necesite menos presión estática sobre el líquido para evitar que el líquido hierva en comparación con la presión estática necesaria para evitar que ese mismo líquido hierva en un sistema cerrado en equilibrio dinámico. Por consiguiente, la presión en la zona de líquido también se considera que está en o por encima de la presión de vapor del líquido si el líquido no hierve, aún cuando la presión estática actual en la zona de líquido pueda ser ligeramente inferior a la presión teórica necesaria para superar la presión de vapor dinámica del líquido.

La presión en una zona de líquido que contiene la suspensión de partículas se establece por encima de la presión de vapor del líquido a la temperatura del líquido, que junto con el caudal es una función del tiempo de residencia deseado. Usando agua como ejemplo, su punto de ebullición a 359 kPa (52 psia) es 140 °C, y a 476 kPa (69 psia) es 150 °C, 793 kPa (115 psia) a 170 °C, 1000 kPa (145 psia) a 180 °C. Por consiguiente, la presión puede establecerse alta para aumentar el punto de ebullición del agua y disminuir el tiempo de residencia de las partículas en el líquido caliente. Presiones que superan 172 (25), que superan 345 (75), o que superan 517 (75), o que superan 690 (100), o que superan 1034 (100), o que superan 1379 kPa (200 psia), y hasta aproximadamente 2069 kPa (300 psia), se contemplan como adecuadas para la mayoría de las aplicaciones.

El líquido puede ser estático para permitir que un polímero formado fundido se haga pasar a través del líquido (como en el caso de hebras) o para permitir que partículas caigan a través del líquido durante el tiempo de residencia deseado para inducir el grado deseado de cristalización. Alternativamente, el líquido puede tener un flujo para llevar las partículas a un destino deseado, o si no para llevar las partículas, al menos para conferir flujo o turbulencia suficiente, para evitar que las partículas se peguen entre sí.

Preferentemente, el líquido tiene un flujo, y el caudal y el tipo de flujo se establece para sumergir las partículas. El caudal particular dependerá de la zona media de líquido y la tasa de alimentación de partículas. Una partícula se considera sumergida en el líquido cuando el líquido envuelve la partícula entera. Sin embargo, las partículas se consideran sumergidas si el volumen de las partículas está envuelto en el fluido en cualquier momento durante la cristalización de las partículas, aún cuando algunas, si no todas las partículas en un momento cualquiera en el tiempo, estén temporalmente sobre o por encima de la superficie del líquido, que puede producirse en un entorno turbulento. Preferentemente, las partículas están sumergidas durante sustancialmente todo el tiempo que las partículas están cristalizadas.

El tiempo de residencia de las partículas para obtener el grado deseado de cristalización es deseablemente corto para limitar el tiempo del ciclo, reducir el coste del equipo, y para minimizar la pérdida de V.I. si esto es un problema.

El tiempo de residencia es el lapso de tiempo que el polímero sintético termoplástico experimenta comenzando desde la introducción de la partícula en el líquido caliente (por encima de la  $T_g$  del polímero) hasta cualquier momento cuando la temperatura del polímero sintético termoplástico disminuya y permanezca por debajo de la  $T_g$  del polímero sintético termoplástico antes de la separación del líquido, o cuando el polímero sintético termoplástico se elimine del líquido, sea cual sea más corto. En una realización preferida, el tiempo de residencia, junto con otras condiciones de operación, no es tan largo como para aumentar o disminuir sustancialmente la V.I., que puede correlacionarse con el peso molecular promedio en peso, del polímero sintético termoplástico. Aunque el proceso de la invención permite mantener las partículas en contacto con el líquido caliente durante un tiempo suficiente para aumentar la V.I. de las pellas, es más preferido reducir el tiempo de residencia al necesario para conferir el grado deseado de cristalización al polímero, y como se indica más abajo, cristalizando un polímero que tiene una alta V.I. del fundido, puede evitarse por completo una etapa de estado sólido.

El tiempo de residencia de las partículas en el líquido no está limitado. Sin embargo, una ventaja del proceso permite acortar el tiempo de residencia a 15 minutos o menos para conferir a la partícula un grado de cristalinidad del 20 % o más, o 25 % o más, 30 % o más, e incluso hasta el 40 % o más, como se mide en la partícula resultante tomada inmediatamente después de su separación del líquido. Para la mayoría de las aplicaciones, un grado de cristalinidad que oscila del 25 % al 45 % es adecuado. El tiempo de residencia pueden incluso ser tan bajo de más de 0 segundos a 10 minutos dependiendo de la temperatura de cristalización. A temperaturas que oscilan de 140 °C a 180 °C, el tiempo de cristalización para obtener un grado de cristalinidad del 25 % o más e incluso del 30 % o más oscila de más de 5 segundos a aproximadamente 8 minutos o menos.

En una realización más preferida, la cristalización se realiza en ausencia de agitación giratoria mecánicamente inducida en la zona de líquido. Se conocen recipientes agitados con palas giratorias llenos de líquido horizontales para proporcionar el movimiento necesario para prevenir que las pellas se aglomeren durante la cristalización. En esta realización, sin embargo, los costes de capital y de operación se reducen evitando la agitación giratoria mecánicamente inducida durante la cristalización, mientras que también se evita la aglomeración. Esto puede llevarse a cabo de varias formas. Las partículas alimentadas en una zona de líquido no horizontalmente orientada llena o casi llena con un líquido se dejan sedimentar a través del fluido hacia el fondo del recipiente, mientras que se provee a las partículas y opcionalmente pellas resultantes de la flotabilidad y tiempo de residencia necesario a través de un flujo ascendente de líquido y/o controlando la diferencia de densidad entre las pellas y el líquido. Alternativamente, las partículas pueden alimentarse a través de una tubería que actúa como zona de líquido bajo un flujo de fluido para evitar que las partículas se muevan a través de la tubería. Deseablemente, el caudal y tipo de flujo de líquido a través de la tubería previene o contribuye a la prevención de la aglomeración de partículas o adherencia a las paredes de la tubería.

En una realización puede evitarse el uso de caros tanques de cristalización resistentes a la presión cristalizando las partículas en una tubería. Las partículas pueden cristalizarse en una tubería dirigiendo un flujo de partículas en un líquido a través de una tubería que tiene una relación de aspecto L/D de al menos 15:1, en la que las partículas cristalizan en dicha tubería a una temperatura del líquido superior a la  $T_g$  del polímero sintético termoplástico. Una tubería puede distinguirse de recipientes convencionales en que una tubería tiene una relación de aspecto de longitud con respecto a diámetro superior a 15:1, preferentemente superior a 25:1, más preferentemente superior a 50:1. La longitud de la tubería que tiene una relación de aspecto de al menos 15:1 es inclusiva de una serie de tuberías unidas por acoplamientos, codos, giros en u, recodos, etc.

En un diseño de tuberías, la temperatura del líquido es adecuadamente aproximadamente 90 °C o más, preferentemente 100 °C o más, más preferentemente 130 °C o más, y lo más preferentemente 140 °C o más. También se desea presurizar la tubería a o por encima de la presión de vapor del líquido.

La tubería puede diseñarse para proporcionar cristalización parcial o incompleta, o para completar la cristalización. El grado de cristalización conferido a las partículas en la tubería es preferentemente de al menos el 20 %, más preferentemente a al menos el 30 %, y lo más preferentemente al menos 40 %. Las partículas pueden cristalizarse al 25 % o más en un tiempo de residencia de 15 minutos o menos, o 10 minutos o menos, e incluso 7 minutos o menos. En una realización, las partículas cristalizan en la tubería a un grado de cristalización del 30 % o más en el plazo de 10 minutos o menos, o 5 minutos o menos, o 3 minutos o menos, o un grado de cristalización del 40 % o más en el plazo de 10 minutos o menos, o 5 minutos o menos, o aproximadamente 3 minutos o menos.

La tubería está preferentemente carente de dispositivos internos tales como palas mecánicamente giratorias, y más preferentemente carece de mezcladoras en línea, presas o tabiques deflectores, y el flujo del líquido es deseablemente en la misma dirección que el flujo de las pellas. La tubería puede llenarse con una suspensión de

líquido y partículas. Alternativamente, la tubería puede llenarse con un vapor, el líquido y las partículas. La tubería puede orientarse horizontalmente, inclinarse hacia abajo para permitir que la gravedad ayude en el flujo de las partículas, orientarse hacia arriba contra las fuerzas de la gravedad y en un flujo ascendente de fluido de alta presión para inducir un alto grado de turbulencia, o una combinación de estas características. El flujo a través de la tubería comprenderá polímero fundido y/o cristalino, líquido, y opcionalmente flujo de vapor o de gas.

La significativa adherencia de las partículas entre sí en la tubería o a la tubería puede evitarse incluso en ausencia de agitación giratoria mecánicamente inducida creando un flujo continuo de pellas a través de la tubería. La velocidad del líquido debe ajustarse para reducir la aglomeración de pellas en la tubería. Aunque pueda producirse aglomeración esporádica o menor en la tubería, la frecuencia o número de partículas que se aglomeran no interfiere con el equipo de desagüe, y las partículas o pellas expulsadas de tal equipo son discretas.

Una velocidad de flujo del líquido de 0,3 m/s (1 ft/s) o más es adecuada para proporcionar un flujo continuo de partículas en la tubería, mientras que se reduce la tendencia de las partículas a rodar a lo largo de las paredes de la tubería en masa y pegarse entre sí. A un tiempo de residencia que oscila de 30 segundos a 20 minutos, la longitud y el diámetro de la tubería puede oscilar de 9 m a 2900 m (30 ft a 9600 ft) a un diámetro que oscila de 0,025 m a 0,36 m (1 pulgada a 14 pulgadas) con una velocidad del líquido que oscila de 0,3 m/s a 2,4 m/s (1 ft/s a 8 ft/s). Otras longitudes y diámetros de la tubería también son adecuados, y el diseño óptimo de la tubería dependerá del equilibrio de factores tales como el coste de la tubería basándose en su longitud, diámetro, material de construcción y presión nominal, la energía requerida para bombear el líquido, la energía térmica aplicada para cristalizar a una temperatura deseada, la pérdida de VI del polímero y el tiempo de residencia deseado.

Una vez las partículas han cristalizado al grado deseado, las partículas o las pellas resultantes se separan del líquido. Las partículas pueden separarse como tales del líquido debido a que a temperaturas que oscilan de 100 °C a 180 °C, las partículas, una vez cristalizadas, tienen resistencia y rigidez suficientes y están bajo presión suficiente en la descarga para evitar la excesiva coagulación del equipo de separación o adhesión entre sí durante o después de la separación. Alternativamente, antes de la separación, puede dejarse que las partículas se enfríen a una temperatura por debajo de su punto de adherencia, o a una temperatura por debajo de la  $T_g$  del polímero para formar pellas con el fin de facilitar la tarea de separar el líquido del polímero. El dejar que el polímero se enfríe para formar pellas antes de la separación reduce el riesgo de adherencia del polímero al equipo de separación o a otras partículas de polímero.

Los métodos anteriormente descritos para formar partículas y para cristalizar son solo algunos ejemplos no limitantes de los métodos disponibles para formar una suspensión de partículas en un líquido bajo una presión igual o superior a la presión de vapor del líquido. Sea cual sea el proceso elegido, en la etapa de separar las partículas del líquido y de secar las partículas (por comodidad denominado la "zona de separación"), las partículas están bajo una presión de vapor igual o superior a la presión de vapor del líquido. Así, el proceso de la invención proporciona una suspensión presurizada que comprende partículas de polímero sintético termoplástico en combinación con un líquido a una temperatura del líquido superior al punto de ebullición normal del líquido y a una presión igual o superior a la presión de vapor del líquido a la temperatura del líquido, alimentando la suspensión presurizada a una zona de separación, y dentro de la zona de separación:

a. separar el líquido de las partículas, y

b. secar las partículas;

mientras están bajo una presión alta igual o superior a la presión de vapor del líquido adicionalmente según la reivindicación 1.

En el proceso de la invención, las partículas bajo una presión de vapor igual o superior a la presión de vapor del líquido se separan del líquido y se secan antes de reducir la presión sobre las partículas por debajo del nivel de la presión de vapor del líquido separado. Un proceso de secado es la reducción de la humedad residual sobre o en las partículas. El simplemente reducir el nivel de líquido en una suspensión de partículas no es etapa de secado. En el proceso de la invención, las partículas están siendo secadas cuando las partículas no están sumergidas en un líquido y no residen en un baño o piscina de líquido o en una fase continua de líquido entre partículas, y se reduce el contenido de humedad sobre o en las partículas.

En una realización preferida, las partículas se secan mientras que están bajo la alta presión a un grado tal que el contenido de humedad de las partículas antes del desacoplamiento sea del 5 % en peso o menos, o el 3 % en peso

o menos, o el 2 % en peso o menos, o el 1 % en peso o menos, o el 0,65 % en peso o menos, o el 0,5 % en peso o menos, o el 0,4 % en peso o menos. El contenido de humedad de las partículas antes del desacoplamiento no se mide directamente, ya que las partículas están bajo presión. Sin embargo, el contenido de humedad puede correlacionarse con el diferencial de temperatura antes y después del desacoplamiento. El contenido de humedad de las partículas se calcula por el siguiente método de prueba: La temperatura de las partículas delante de o aguas arriba de la zona de desacoplamiento, o delante de o aguas arriba de las válvulas usadas para desacoplar las partículas del dispositivo de separación, y la temperatura inmediatamente detrás de la zona de desacoplamiento, se miden ambas. La caída de temperatura sobre las partículas tras el desacoplamiento es un indicador directo del máximo nivel de humedad sobre o en las partículas. La temperatura de las partículas antes y después del desacoplamiento puede determinarse por cualquier medio convencional, que incluye insertar una sonda de temperatura en la mezcla de gas/partículas. La caída de temperatura se correlaciona con el nivel de humedad de la partícula antes del desacoplamiento por la siguiente ecuación:

$$f_{\text{máx}} = C_p \Delta T / \Delta H_{\text{vap}}$$

15

en la que:

$f_{\text{máx}}$  = máxima fracción posible de líquido en las partículas antes del desacoplamiento

20  $C_p$  = capacidad calorífica del polímero a temperatura antes del desacoplamiento

$\Delta H_{\text{vap}}$  = calor de vaporización del líquido a la temperatura antes del desacoplamiento

25  $\Delta T$  = caída de temperatura: temperatura de las partículas después del desacoplamiento restada de la temperatura de las partículas antes del desacoplamiento.

El contenido de humedad de las partículas después del desacoplamiento no es un indicador del contenido de humedad de las partículas antes del desacoplamiento debido a que, tras el desacoplamiento, la humedad hierve vigorosamente de las partículas, conduciendo a enfriamiento evaporativo. Así, en esta realización preferida, el objetivo no solo es producir partículas a presión atmosférica que estén secas (por ejemplo, a un nivel inferior al 1 %), sino también garantizar que el nivel de humedad de las partículas antes del desacoplamiento sea suficientemente bajo para minimizar el enfriamiento evaporativo de las partículas tras el desacoplamiento para producir una corriente de partículas que está tanto caliente como seca.

35 Una presión igual o superior a la presión de vapor del líquido se mantiene dentro de la zona de separación. El dejar que la presión caiga por debajo de la presión de vapor del líquido durante la separación requiere una cantidad correspondiente de energía para volver a presurizar la suspensión que entra en la zona de separación. El mantener la presión sobre las partículas durante la separación, pero no durante la operación de secado, hacer que la humedad residual sobre o en las partículas tanto hierva vigorosamente como se evapore. El dejar que el líquido residual se evapore o hierva vigorosamente de las partículas produce pérdidas de fluido o requiere equipo para re-condensar el vapor que hierve vigorosamente. Así, tanto la separación como el secado de las pellas se realizan bajo presión.

45 El método de separación de las partículas del líquido no está limitado. Métodos adecuados incluyen la aplicación de fuerzas centrífugas tales como por una secadora centrífuga; alimentar la suspensión en una jaula de rejilla o pasar la suspensión sobre o a través de una barrera porosa para permitir que el líquido, pero no las partículas, pasen a través de la barrera; o por la aplicación de fuerzas de impacto para desacoplar el líquido de la superficie del polímero.

50 El método de secado de las partículas tampoco está limitado. Métodos adecuados incluyen aplicar fuerzas centrífugas a las partículas, aplicar fuerzas de impacto para desacoplar el líquido de la superficie del polímero, aplicar un flujo de gas o gas secado sobre la superficie de las partículas, o estrujando la humedad de las partículas.

55 La zona de separación incluye la operación de tanto separar como secar las partículas. La separación de líquido de las partículas y el secado de las partículas puede producirse en etapas discretas, prácticamente simultáneamente, o durante un continuo en el que la separación avanza gradualmente a una operación de secado. Es adecuado cualquier recipiente que pueda tanto separar líquido de las partículas como secar las partículas bajo alta presión y alta temperatura. Alternativamente, una serie de recipientes que realizan individualmente cada función pueden estar en comunicación fluida entre sí. Si se desea, una serie de recipientes que realizan conjuntamente una función (por ejemplo, separación) en comunicación fluida entre sí pueden conectarse a un segundo recipiente único o serie de

recipientes que realizan conjuntamente otra función (secado). La configuración y el diseño para separar y secar las partículas no están limitados, mientras que la separación y el secado se realicen bajo una presión superior a la presión de vapor del líquido usada en la suspensión.

5 Una secadora centrífuga es un ejemplo no limitante de un recipiente capaz de tanto separar partículas de un líquido como de secar las partículas resultantes. Ejemplos de secadoras centrífugas pueden encontrarse en las patentes de EE.UU. N.º 3.458.045; DE 1953741A1; DE4330078A1; USP 4.218.323; USP 5.611.150; DE2819443A1; USP 4.565.015; y USP 5.265.347. En una secadora centrífuga típica, un rotor gira dentro del espacio de un tamiz cilíndrico estacionario. Sin embargo, también son adecuados y preferidos otros diseños si se desea disminuir  
10 adicionalmente el nivel de humedad residual sobre las partículas. Ejemplos de tales otros recipientes incluyen centrífugas tales como una centrífuga decantadora de recipiente sólido o de tamiz en la que tanto el rotor como la cesta giran, centrífugas de cesta de eje vertical en las que la cesta gira, y una centrífuga de empuje; o drenar el líquido seguido de secar con una cuchilla de aire (un método de flujo de gas); o drenar seguido de compresión en cinta (un método de estrujamiento). Se prefieren secadoras centrífugas y centrífugas.

15 En una realización preferida de la invención, una suspensión presurizada, que comprende partículas sintéticas termoplásticas y un líquido, se alimenta a una secadora centrífuga en la que el líquido se separa de las partículas y las partículas se secan mientras están bajo una presión alta igual o superior a la presión de vapor del líquido, en la que las fuerzas centrífugas y/o fuerzas de impacto, preferentemente al menos las fuerzas centrífugas, se aplican a  
20 las partículas durante la separación y durante el secado. Las fuerzas centrífugas y/o las fuerzas de impacto pueden aplicarse durante una parte de la operación de separación y de secado, o durante todo el tiempo que el líquido esté siendo separado de las partículas y las partículas estén siendo secadas dentro de la secadora centrífuga. Si se desea, pueden usarse mecanismos adicionales explicados adicionalmente más adelante para potenciar el secado.

25 En otra realización, la temperatura de las partículas separadas y secadas en la zona de separación es próxima a la temperatura del líquido en la suspensión que entra en la zona de separación. En esta realización opcional, los presentes inventores han encontrado que es ventajoso producir una corriente descargada de partículas calientes secadas para reducir los requisitos de energía para recalentar las partículas en operaciones de procesamiento posteriores. Por el contrario, si se deja que la temperatura de la partícula disminuya significativamente durante el  
30 secado, se requiere más energía para recalentar las partículas en operaciones posteriores. Así, puede proporcionarse un sistema integrado con tasas de consumo de energía reducidas si no se permite que la energía térmica en las partículas escape a la atmósfera. Para minimizar la caída de temperatura de las partículas, la presión sobre las partículas durante el secado se mantiene por encima de la presión de vapor del líquido sobre o en las partículas. Como muchos líquidos tienen alto calor de vaporización y absorben mucha de la energía térmica en la partícula, el mantener la presión sobre las partículas para mantener la humedad sobre o en las partículas en el  
35 estado líquido previene que el líquido se evapore y se elimine la energía térmica almacenada sobre o en las partículas. Esta realización proporciona otro motivo para mantener la presión sobre las partículas por encima de la presión de vapor del líquido durante la separación y el secado.

40 Se espera alguna cantidad de pérdida de calor en la zona de separación, particularmente si se dirige un flujo de aire sobre las partículas. Sin embargo, tales caídas de temperatura serían más drásticas si se dejara una caída de presión a través de las partículas durante la separación y el secado. En esta realización, la temperatura de las partículas tras el desacoplamiento (inmediatamente después de reducir la presión por debajo de la presión de vapor del líquido) está dentro de 80 °C, o dentro de 60 °C, o dentro de 40 °C, o dentro de 20 °C, o dentro de 10 °C de la  
45 temperatura del líquido que entra en la zona de separación, preferentemente sin la aplicación de energía calorífica de una fuente distinta del líquido entre el momento en el que la suspensión entra en la zona de separación y el desacoplamiento. En realizaciones más preferidas, la temperatura del líquido en la suspensión alimentada a la zona de separación es al menos 120 °C, y la temperatura de las partículas desacopladas tras el desacoplamiento es al menos 70 °C, o al menos 90 °C, o superior a 100 °C, o al menos 110 °C, como se mide tras el desacoplamiento. En  
50 otra realización más, la temperatura del líquido en la suspensión alimentada a la zona de separación es al menos 140 °C, y la temperatura de las partículas desacopladas tras el desacoplamiento es al menos 80 °C, o superior a 100 °C, al menos 120 °C. En cada una de estas realizaciones, la temperatura de las partículas tras el desacoplamiento, independientemente de la caída de temperatura, es superior al punto de ebullición normal del líquido.

55 Una vez secadas al grado deseado de humedad, las partículas se desacoplan preferentemente de la zona de separación despresurizando las partículas a una presión baja por debajo de la presión de vapor del líquido a la temperatura del líquido mientras que se mantiene una presión alta sobre las partículas antes de la despresurización por encima de la presión de vapor del líquido a la temperatura del líquido. La presión dentro de la zona de

separación no debe disminuir y permanecer por debajo de la presión de vapor del líquido a la temperatura del líquido. Fluctuaciones de presión dentro de la secadora (o la zona de separación) son aceptables a condición de que la presión no disminuya continuamente o permanezca por debajo de la presión de vapor del líquido a la temperatura del líquido durante la separación o secado. Más preferentemente, las caídas de presión dentro de la zona de separación no se encuentran por debajo de la presión de vapor del líquido a la temperatura del líquido. Como se explica adicionalmente más adelante, sin embargo, se prefiere proporcionar un regulador y controlador de la presión para inyectar gas comprimido en el sistema en una localización conveniente para mantener una presión por encima de la presión de vapor del líquido y para mantener más preferentemente una presión constante +/- 20 psig dentro de la zona de separación o dentro de la secadora.

10 Así, se proporciona otra realización en la que las partículas de polímero termoplástico, preferentemente partículas de polímero de poliéster, que contienen un nivel de humedad líquida y a una presión superior a la presión atmosférica a una temperatura de al menos 130 °C, se desacoplan, que comprende despresurizar las partículas a una presión baja inferior a 50 psig, en la que la temperatura de la partícula tras el desacoplamiento es superior a 100 °C, 15 preferentemente al menos 110 °C.

Las partículas descargadas de la zona de separación se desacoplan de la zona de separación por equipo convencional conocido por mantener una presión alta sobre un lado de una zona y presión reducida en el otro lado de una zona. Por ejemplo, las partículas secadas pueden descargarse de la zona de separación en un conducto, 20 tanque de almacenamiento, tubería vertical, o cualquier recipiente adecuado para permitir que las partículas se acumulen a una altura, tras lo cual a intervalos medidos, una serie de válvulas, tales como compuertas o válvulas de bola, son activadas con una primera compuerta o bola que se abre para recibir las partículas secadas en un cámara de esclusa de aire mientras que una segunda compuerta línea abajo sigue cerrada. Una vez se llena la cámara de esclusa de aire a un nivel deseado, se cierra la primera compuerta o bola y se abre la segunda compuerta o bola, 25 desacoplándose así las partículas de la zona de separación mientras que se mantiene la presión en la zona de separación por encima de la presión de vapor de las partículas. Otras válvulas adecuadas incluyen válvulas giratorias en línea convencionales que operan al igual que una compuerta giratoria para recibir partículas en un cuadrante que gira y se sella contra una carcasa y continúa girando hacia el lado de baja presión de una tubería que suelta las partículas. La válvula giratoria está segmentada en varias cámaras y gira continuamente para recibir, sellar 30 y descargar rápidamente secuencialmente las partículas continuamente a las tasas correspondientes a las revoluciones del rotor.

Al menos una porción del líquido separada de la zona de separación se recircula preferentemente directamente o indirectamente como una alimentación para la fabricación de la suspensión en la que las partículas son arrastradas 35 en el líquido. El líquido recirculado puede alimentarse primero a través de un filtro para eliminar finos y partículas, y puede recalentarse o enfriarse.

Se espera que se experimente algo de pérdida de presión y fuga de presión alrededor de las juntas o en la zona de separación debido a los mecanismos de desacoplamiento, que no mantienen perfectamente la misma presión sobre cualquier lado del mecanismo. Por consiguiente, la presión dentro de la zona de separación puede mantenerse relativamente constante represurizando el líquido en cualquier punto, tal como en la línea de recirculación, en la zona de cristalización, en los medios usados para arrastrar las partículas en el líquido, o en la zona de separación. El proporcionar una bomba sobre la línea de recirculación de líquido es un método conveniente para represurizar el líquido. Alternativamente, el flujo de aire en la zona de separación también puede ser un flujo de aire de 45 presurización, proporcionando así los medios para represurizar el líquido. En el proceso de la invención, sin embargo, se requiere mucha menos energía para mantener la presión del líquido en la zona de separación por encima de la presión de vapor del líquido que en los métodos que permiten que la suspensión presurizada se ventile a la atmósfera antes de separar el líquido de las partículas.

50 La temperatura del líquido separado puede ser opcionalmente ligeramente recalentada, no calentarse en absoluto, o incluso enfriarse. Por ejemplo, si las partículas son arrastradas en la suspensión forzando a un fundido a pasar a través de una boquilla y cortando el fundido en partículas bajo el fluido, la temperatura del fundido puede superar muy bien la temperatura de cristalización deseada. En este caso, la temperatura del líquido que entra alimentado a la cortadora bajo el fluido debe ser menos que la temperatura del fundido para garantizar que las partículas fundidas 55 se corten bajo el fluido suficientemente frío a la temperatura de cristalización deseada. Así, las pérdidas de calor a través del sistema que reducen la temperatura del fluido recirculado alimentado a la cortadora bajo el fluido pueden ser adecuadas y la temperatura deseada correcta para enfriar el fundido a las temperaturas de cristalización. Alternativamente, la temperatura del fluido recirculado puede todavía ser demasiado caliente, a pesar de las pérdidas de calor a través del sistema, requiriendo que el fluido se enfríe para permitir la transferencia de calor del

polímero fundido cortado bajo el fluido que va a transferirse al líquido. En el supuesto caso de que se enfríe el líquido recirculado, puede proporcionarse un intercambiador de calor que transfiere algo del calor del fluido recirculado para proporcionar energía térmica para otros procesos en un entorno de planta.

5 Una secadora centrífuga se ilustra en la Figura 1. La suspensión bajo una presión superior a la presión de vapor del líquido se alimenta a través de la tubería 1 a un recipiente de secado centrífugo 10. La suspensión en la línea 1 puede opcionalmente desviarse a un receptor de aglomerados de la línea que elimina aglomerados grandes o pegotes de las partículas de policondensación u otra materia particulada grande. Durante el arranque, cuando los parámetros del sistema todavía no han alcanzado un estado estacionario de operación, es posible que algunos de  
10 los polímeros sintéticos termoplásticos puedan aglomerarse. El receptor de aglomerados puede consistir simplemente en un tamiz de poro grande que permite que pasen todos los aglomerados, excepto los de tamaño más grande. La suspensión continúa su trayectoria de nuevo a la línea 1 y entra en la secadora centrífuga 10.

Si el flujo de suspensión es grande, se prefiere separar el líquido de las partículas en dos etapas, una primera etapa  
15 de desagüe en la que un volumen del líquido se separa de las partículas sin el uso de fuerzas centrífugas y una segunda etapa en la que al menos las fuerzas centrífugas se aplican para separar el resto del líquido de las partículas. Como se ilustra en la Figura 1, se proporciona una primera etapa opcional en la que el volumen del agua se separa de las partículas en la zona de desagüe 5 mediante fuerzas gravitatorias. La zona de desagüe 5 es parte de y está dentro de la zona de separación, ya que la presión sobre las partículas en la zona de desagüe se mantiene  
20 por encima de la presión de vapor del líquido. La suspensión en la tubería entra en la zona de desagüe en la que el volumen del líquido 6 circula por gravedad a través de un tamiz 7 en un recipiente 8 sellado a la tubería 1, permitiendo así que el resto de las partículas circulen junto con el agua residual en la secadora centrífuga 10. Alternativamente, la zona de desagüe opcional puede omitirse completamente tanto si el flujo de la suspensión es grande como si no, y el flujo de suspensión entero puede dirigirse a la secadora centrífuga sin primero separar una  
25 porción del líquido de las partículas.

La suspensión que circula a través de la tubería 1 se alimenta a la secadora mediante una entrada de suspensión 9 convenientemente localizada en cualquier parte en comunicación fluida con la carcasa de secadora 12 orientada verticalmente, pero si se desea, puede estar orientada horizontalmente. En esta ilustración, la entrada de  
30 suspensión 9 está localizada próxima al fondo y como entrada lateral a la carcasa de secadora 12. Alternativamente, la suspensión puede alimentarse a través del fondo de la carcasa mediante la entrada de suspensión 11, y circular hacia arriba a través del núcleo del árbol de rotor 13 poroso longitudinalmente orientado de forma que la suspensión se distribuya tangencial al árbol de rotor y a lo largo de la longitud del árbol de rotor hueco. Es aceptable cualquier técnica convencional para alimentar la suspensión a la secadora.

35 La suspensión entra en la carcasa de secadora equipada con un rotor 13 longitudinalmente orientado, elevadores 14 unidos al rotor 13 y un tamiz cilíndrico 15 que forma una corona circular interna 16 definida como un espacio entre el árbol de rotor 13 y el tamiz 15, y una corona circular externa 17 definida como el espacio fuera del tamiz 15. El rotor 13 y los elevadores unidos al rotor giran a alta velocidad por una polea o garrucha 18. Puede proporcionarse más de  
40 un tamiz.

La suspensión entra en la corona circular interna 16 por cualquier medio convencional. El líquido se separa de las partículas por las fuerzas centrífugas ejercidas sobre la suspensión mediante la rotación de alta velocidad del rotor 13 y la acción de los elevadores 14 lanzan la suspensión contra el tamiz cilíndrico 15 que tiene poros de tamaño  
45 para contener las pellas mientras que se permite que el líquido pase a su través. El rotor puede girar a revoluciones que oscilan de 200 rpm a 4000 rpm. El líquido lanzado de las partículas es forzado a pasar a través del tamiz y en la corona circular externa, como se muestra por la flechas, drena al fondo de la carcasa 12, y se descarga mediante una cualquiera o más de las salidas 19. Opcionalmente, el líquido separado de las partículas en la carcasa, y el líquido separado de las partículas en una zona de desagüe 5 opcional, se combinan, 23, y se alimentan a un tanque  
50 de agua, 32. Si está presente, es preferentemente controlar el nivel del agua en el tanque, 35, por medios muy conocidos en la técnica. Se proporciona una línea de compensación de la presión, 34, entre el tanque de agua 32 y la entrada de gas a la carcasa 21. El líquido separado de las partículas en la carcasa, y el líquido separado de las partículas en una zona de desagüe 5 opcional, se combinan y opcionalmente se recirculan como una fuente de líquido en la suspensión alimentada a la secadora 10. Si el tanque de agua 32 está presente, la línea de salida 33 se  
55 recircula opcionalmente.

Las partículas dentro de la corona circular interna suben a la parte superior de un patrón de flujo impuesto por el diseño del elevador 14. Los elevadores son veletas o aspas configuradas para elevar las partículas hacia arriba, generalmente en un patrón helicoidal a medida que gira el rotor 13. Normalmente, las partículas son lanzadas hacia

adelante y hacia atrás entre el tamiz y los elevadores por fuerzas centrífugas y tienen una fuerza hacia arriba aplicada por la configuración de las aspas del elevador. A medida que las partículas suben mediante la corona circular interna, se descargan de la carcasa de secadora 12 mediante la salida de partículas 20.

5 Los elevadores 14 están opcionalmente formados hacia adentro hacia el rotor y su orientación y colocación están diseñadas para reducir la tendencia de las partículas a golpear el tamiz 15, de manera que la tendencia sea que las partículas se golpeen entre sí, el rotor, y las siguientes aspas de elevador sucesivas. Alternativamente, o además, las tiras del deflector pueden disponerse sobre el tamiz cilíndrico orientadas hacia la corona circular interna para rebotar las partículas de la superficie del tamiz y de nuevo sobre las aspas del elevador.

10

Un suministro de aire presurizado u otro gas para mantener la presión se alimenta deseablemente en la carcasa a través de una entrada de gas 21. Cualquier localización de entrada de gas es adecuada. La introducción del gas mantiene la carcasa presurizada a un nivel deseado y preferentemente constante por encima de la presión de vapor del líquido. La presión dentro del recipiente puede monitorizarse por una sonda dentro del recipiente que conduce a un controlador 24 para activar un compresor 25 para forzar a un flujo de gas en la carcasa 12 a través de la tubería 21. Como se desea un entorno de alta presión en la carcasa, la carcasa preferentemente no tiene ventiladores de escape o salidas dedicadas al escape de gas. Si se desea, la presión de la carcasa puede controlarse introduciendo gas en la tubería 1, tubería 23, o en cualquier parte en el sistema de bucle cerrado para represurizar y mantener la presión sobre la suspensión presurizada por encima de la presión de vapor del líquido a la temperatura del líquido.

20

Para acomodar un entorno de alta presión, secadoras convencionales, o para esa materia centrífugas también, se alojan en un recipiente a presión ASME (u otro código de recipiente a presión adecuado). Preferentemente, los puertos de acceso, diseñados según los códigos de recipientes a presión, se proporcionan para permitir la limpieza de los tamices, otro mantenimiento o inspecciones. Se proporciona un mecanismo de sellado del árbol adecuado para aislar el entorno a alta presión dentro de la secadora presurizada de los alrededores. Una junta mecánica lubricada con gas puede ser el diseño preferido, pero podrían usarse muchas disposiciones de sellado. El motor está dimensionado con potencia disponible suficiente para girar el rotor en la secadora o centrifuga presurizada.

25

Una vez las partículas se descargan de la secadora mediante la línea 20, se desacoplan de la zona de separación por, como se ilustra en la Figura 1, la esclusa de aire de la válvula de bola. Como se observa anteriormente, es adecuado cualquier sistema de dispensación de partículas convencional para mantener la presión en un lado de un recipiente o tubería y descargar las partículas a una presión más baja sobre el otro lado del dispensador. Como se ilustra, las partículas secadas presurizadas se alimentan a una primera válvula de bola 26 que tiene un paso 27 en la posición abierta para permitir que las partículas pasen a través del paso en la cámara de esclusa de aire 29. Aunque las partículas están llenando la cámara de esclusa de aire 29, la segunda válvula de bola 30 sigue en la posición cerrada para prevenir que la presión sobre las partículas secadas caiga por debajo de la presión de vapor del líquido separado en la secadora. A un nivel predeterminado, el tiempo, densidad, peso o cualquier otra medida, la primera válvula de bola 26 gira y se sella a la posición cerrada, cortando el flujo de partículas adicionales en la cámara de esclusa de aire y manteniendo la presión sobre las partículas secadas delante de la primera válvula de bola 26 por encima de la presión de vapor del líquido separado en la secadora. Después de sellar la primera válvula de bola 26, la segunda válvula de bola se abre y libera el contenido de la cámara de esclusa de aire a la atmósfera. En este momento o a partir de aquí, la presión sobre las partículas se reduce a por debajo de la presión de vapor del líquido separado en la secadora y se desacopla eficazmente de la zona de separación. Una vez se vacía el contenido de la cámara de esclusa de aire, la segunda válvula de bola gira a la posición cerrada, tras lo cual la primera válvula de bola 26 se abre de nuevo para permitir que más partículas llenen la cámara de esclusa de aire 29. Esta secuencia es continua.

45

El nivel de partículas en la cámara de esclusa de aire 29 no está limitado. Se desea llenar la cámara a una altura superior al 80 % de la altura de la cámara con el fin de reducir el volumen de aire que escapa del sistema una vez se abre la segunda válvula de bola 30.

50

Si se desea, puede proporcionarse un recipiente de contención 31 entre la salida de partículas 20 y la primera válvula de cualquier tipo usado para permitir que las partículas se acumulen y proporcionen un flujo continuo de partículas a la válvula de bola sin ninguna sobrecarga en el flujo de partículas o para regular la tasa a la que las partículas se desacoplan.

55

Se pierde una cierta cantidad de presión sobre las partículas durante cada evento de desacoplamiento en el que las partículas son recibidas en la esclusa de aire o la válvula y se sueltan a la atmósfera. Para compensar, un regulador de la presión como se observa anteriormente en el sistema garantiza que un flujo de gas comprimido se introduzca

en algún punto en el sistema, tanto a la línea 23, en la secadora 10, como a la línea 1, o en cualquier localización adecuada.

En el momento en el que las partículas se desacoplan de la zona de separación, se espera que la humedad que queda sobre o en las partículas se evapore o hierva vigorosamente, especialmente si las partículas están calientes. Esta evaporación o hervir vigorosamente es aceptable y se espera en al menos algunas realizaciones de la invención. A diferencia de un proceso en el que las partículas solo se separan bajo presión y se seca después de que la presión se reduzca a por debajo de la presión de vapor del líquido, un mayor volumen de humedad queda sobre las partículas durante la despresurización, requiriendo cualquiera de una etapa de secado posterior en la que se aplica energía térmica externa, normalmente un flujo convectivo de aire caliente. Además, en un proceso tal, se experimentan pérdidas de fluido a la atmósfera o se requiere equipo de recuperación de fluido. Y, como se ha mencionado anteriormente, cuanto más humedad sobre las partículas hierva vigorosamente, mayor es la pérdida de calor a la propia partícula, requiriendo así una cantidad correspondiente de energía térmica aplicada a las partículas para el procesamiento posterior.

En una realización preferida, la V.I. de las partículas en la zona de separación no aumenta. Las partículas obtenidas después del desacoplamiento están preferentemente en su peso molecular final. Así, se proporciona una realización en la que se proporcionan partículas de polímero termoplástico presurizadas que tienen un grado de cristalinidad de al menos el 20 %, una V.I. de al menos 0,70 dl/g, que contiene un nivel de humedad líquida, a una temperatura de al menos 130 °C, y bajo una presión por encima de la presión atmosférica, y las partículas presurizadas se desacoplan despresurizando las partículas a una presión inferior a 50 psig, y las partículas desacopladas se envasan en un recipiente de transporte, en el que las partículas no están polimerizadas en el estado sólido antes de ser envasadas en el recipiente de transporte. Preferentemente, la alta V.I. del polímero termoplástico en el intervalo de 0,70 a 1,15 dl/g se produce en la fase del fundido, y se pone en contacto en forma de partículas con un líquido durante un tiempo y a una temperatura del líquido suficiente para inducir la cristalinidad a las partículas bajo una presión igual o superior a la presión de vapor del líquido. El líquido se separa de las partículas y las partículas se secan bajo dicha presión en una zona de separación para producir una corriente de partículas secadas. Las partículas secadas se desacoplan de la zona de separación, preferentemente a aproximadamente presión atmosférica. Los recipientes de transporte son a partir de aquí transportados a un cliente o distribuidor. Con la excepción de la polimerización en estado sólido, las partículas pueden someterse a numerosas etapas de procesamiento adicionales entre cualquiera de las etapas expresadas, tales como entre la etapa de desacoplamiento y la etapa de envasado de las partículas en el recipiente de transporte.

Los recipientes de transporte son recipientes usados para el transporte por tierra, mar o aire. Ejemplos incluyen automotores, semi-recipientes, cajas de Gaylord y cascos de barco.

Las partículas son adecuadas para preparar una variedad de artículos, que incluyen fibras, tuberías, películas, hojas y artículos moldeados tales como botellas y bandejas, y en particular bidón de agua, botellas para bebidas carbonatadas.

#### **Ejemplo de trabajo**

Se llevó a cabo un experimento con el objetivo de separar centrífugamente y secar una mezcla de agua y aproximadamente partículas de poli(tereftalato de etileno) (PET) cristalizadas a aproximadamente el 34-37 %. La mezcla de PET-agua contuvo 0,75 % en volumen de pellas de PET y la mezcla se calentó a una temperatura de 165 °C bajo una presión de 1069 kPa (155 psia). Las partículas de PET fueron casi esféricas en forma con un diámetro de aproximadamente 2,8 mm y su viscosidad inherente fue 0,80.

El aparato consistió en una secadora centrífuga vertical del tipo representado en la Figura 1, funcionando a una velocidad de rotor de 1750 rpm. La mezcla de PET-agua se alimentó en la parte inferior lateral de la secadora. El agua se drenó de la secadora a un tanque conectado al fondo de la secadora por tubería. El espacio de vapor del tanque y el espacio de vapor de la secadora se conectaron por tubería con el fin de compensar la presión entre ambas piezas de equipo. En esta tubería de compensación de presión se inyectó aire a alta presión con el fin de controlar la presión del sistema a 1069 kPa (155 psia). Las pellas secadas salieron por la parte superior lateral de la secadora y fueron a un desacoplador en el que se dejó que la presión se redujera. El desacoplador consistió en una esclusa de aire giratoria (RAL). Las pellas de PET se descargaron de la RAL en un tambor a presión atmosférica y temperatura ambiente. La temperatura de las partículas esféricas descargadas se midió como 132 °C. Se supuso que la caída de temperatura para las pellas de 165 °C a 132 °C era debida a la evaporación del agua sin eliminar, y los presentes inventores concluyeron con que el % de agua sobre las pellas antes del desacoplamiento era de

máximo el 2,15 %.

**REIVINDICACIONES**

1. Un proceso que comprende proporcionar una suspensión presurizada que comprende partículas en combinación con un líquido a una temperatura del líquido superior al punto de ebullición normal del líquido y a una presión igual o superior a la presión de vapor del líquido a la temperatura del líquido, alimentando la suspensión presurizada a una zona de separación, y dentro de la zona de separación:
- 5 a. separar el líquido de las partículas, y
- 10 b. secar las partículas;
- mientras están bajo una presión alta igual o superior a la presión de vapor del líquido, **caracterizándose el proceso porque:** - las partículas son partículas de polímero sintético termoplástico; - el proceso de separar el líquido de las partículas se realiza en dos etapas, una primera etapa de desagüe en la que el volumen del líquido se separa de las
- 15 partículas sin el uso de fuerzas centrífugas y una segunda etapa en la que al menos fuerzas centrífugas se aplican para separar el resto del líquido de las partículas.
2. El proceso de la reivindicación 1, en el que las partículas comprenden polímeros de poliéster.
- 20 3. El proceso de la reivindicación 2, en el que las partículas comprenden:
- a. un componente de ácido carboxílico que comprende al menos 80 % en moles de los residuos de ácido tereftálico, derivados de ácido tereftálico, ácido naftaleno-2,6-dicarboxílico, derivados de ácido naftaleno-2,6-dicarboxílico, o mezclas de los mismos, y
- 25 b. un componente de hidroxilo que comprende al menos 60 % en moles de los residuos de etilenglicol o propanodiol, basado en el 100 por cien en moles de residuos de componente de ácido carboxílico y el 100 por cien en moles de residuos de componente de hidroxilo en el polímero de poliéster.
- 30 4. El proceso de la reivindicación 2, en el que el líquido comprende agua, y la temperatura del líquido es al menos 130 °C.
5. El proceso de la reivindicación 1, en el que la zona de separación comprende una centrifuga decantadora de tamiz o de recipiente, y en el que el líquido comprende agua a una temperatura de al menos 130 °C.
- 35 6. El proceso de la reivindicación 2, que comprende además desacoplar partículas de poliéster de la zona de separación despresurizando las partículas a una presión baja por debajo de la presión de vapor del líquido a la temperatura del líquido dentro de la zona de separación mientras que se mantiene una presión alta sobre las partículas antes de la despresurización por encima de la presión de vapor del líquido a la temperatura del líquido.
- 40 7. El proceso de la reivindicación 6, en el que las partículas se secan antes del desacoplamiento a un contenido de humedad del 2 % en peso o menos.
8. El proceso de la reivindicación 6, en el que las partículas se desacoplan de la zona de separación mediante una válvula, y en el que la válvula comprende válvulas de bola, válvulas de guillotina, válvulas de copa, válvulas de mariposa, o una válvula giratoria.
- 45 9. El proceso de la reivindicación 6, en el que la temperatura del líquido en la suspensión alimentada a la zona de separación es al menos 120 °C, y la temperatura de las partículas desacopladas es mayor de 100 °C.
- 50 10. El proceso de la reivindicación 2, en el que la zona de separación comprende una secadora centrífuga o una centrifuga, y en el que las fuerzas centrífugas se aplican a las partículas durante la separación y durante el secado.
- 55 11. El proceso de la reivindicación 10, en el que las partículas se secan a un nivel de humedad del 0,5 % en peso o menos.
12. El proceso de la reivindicación 10, que comprende además desacoplar las partículas secadas de la alta presión a una baja presión inferior a la presión de vapor del líquido mientras que se mantiene la presión de

vapor de las partículas antes del desacoplamiento igual o por encima de la presión de vapor del líquido a la temperatura del líquido dentro de la zona de separación.

13. El proceso de la reivindicación 10, en el que las partículas comprenden polímeros de poliéster, y el  
5 líquido comprende agua, y la viscosidad intrínseca de las partículas es al menos 0,70 dl/g.

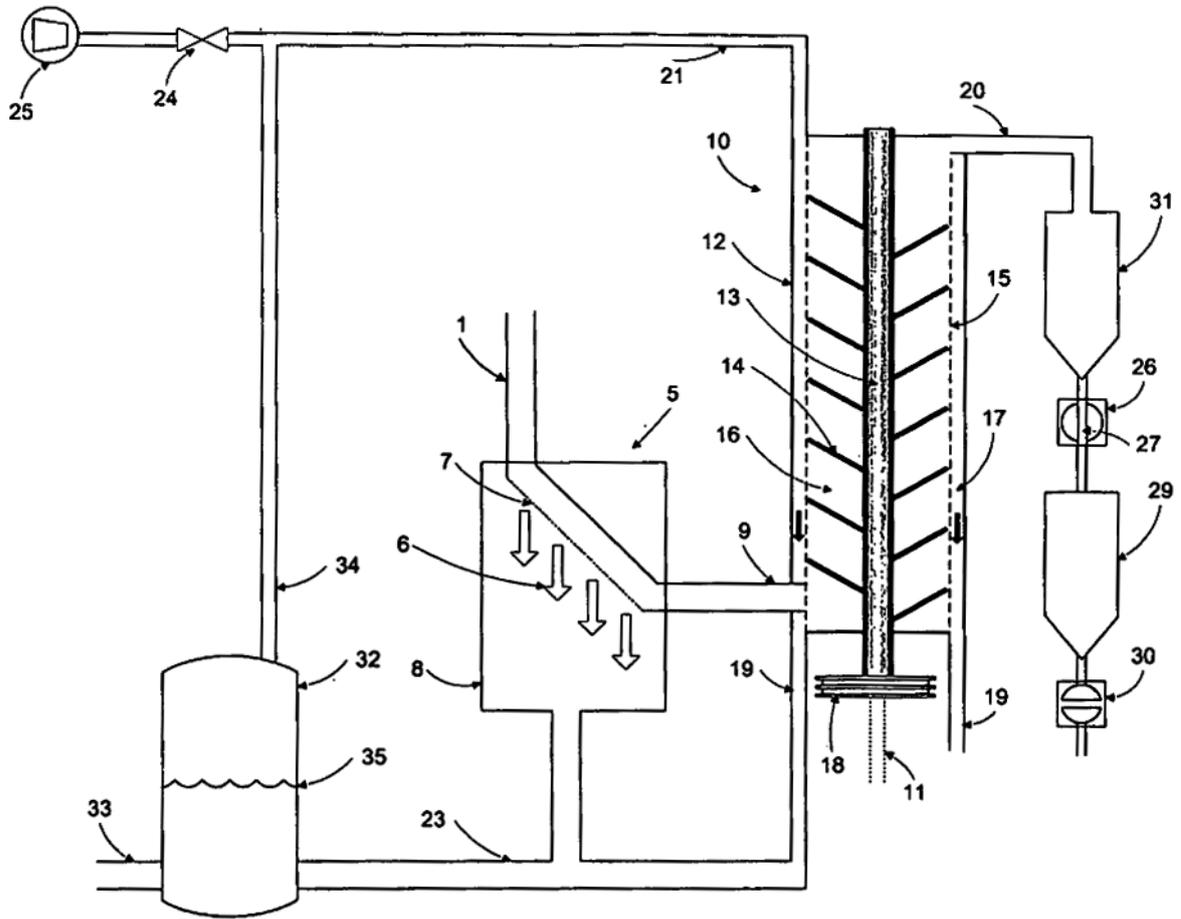


FIGURA 1