

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 811 774**

51 Int. Cl.:

B29B 7/88	(2006.01) B29K 67/00	(2006.01)
B29C 48/92	(2009.01) B32B 37/15	(2006.01)
B29C 48/08	(2009.01)	
B29C 48/21	(2009.01)	
B29C 69/00	(2006.01)	
C08G 63/183	(2006.01)	
C08G 63/78	(2006.01)	
B29C 43/24	(2006.01)	
B29C 43/28	(2006.01)	
B29K 267/00	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.11.2011 PCT/US2011/058873**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.01.2013 WO13009338**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2011 E 11785530 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.05.2020 EP 2731778**

54 Título: **Sistema de control avanzado y método para fabricar láminas y objetos de polietilentereftalato**

30 Prioridad:

13.07.2011 US 201113181882

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.03.2021

73 Titular/es:

**OCTAL SAOC FZC (100.0%)
PC 112, PO Box 3786
Muscat , OM**

72 Inventor/es:

**BARAKAT, NICHOLAS y
KARSZES, WILLIAM**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 811 774 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

Sistema de control avanzado y método para fabricar láminas y objetos de polietilenteraftalato

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un sistema y un método para fabricar láminas y objetos de polietilenteraftalato.

10 **Problema**

Como se describe en la patente de EE. UU. n.º 5.756.032, se sabe que los poliésteres como el polietilenteraftalato (PET) poseen una buena estabilidad química, resistencia física y mecánica, durabilidad y resistencia al calor. Por lo tanto, el poliéster se ha utilizado de forma generalizada en la fabricación de diversos artículos, incluidos dispositivos de envasado y etiquetado. El buen rendimiento del poliéster es muy importante y la capacidad de reducir el coste de los materiales con este polímero generalizará su uso en gran medida. El poliéster se divide en plásticos para fines generales y plásticos para ingeniería, y se ha demostrado que se utiliza en muchas aplicaciones. Los materiales de embalaje de poliéster en láminas se usan cada vez más y tienen tendencia a penetrar en aplicaciones con las que no se han asociado. Por consiguiente, los adelantos para reducir su coste de fabricación en aplicaciones con láminas de PET y potenciar sus atributos de rendimiento mecánico y óptico en una gran variedad de aplicaciones constituye un paso importante para solventar los obstáculos de coste y rendimiento frente a los polímeros competidores y de esta manera, aumentar el interés que suscita en nuevas aplicaciones. En particular, la rigidez y la resistencia al impacto de la lámina de PET es un atributo funcional importante, ya que permite que se reduzca el calibre de la lámina de PET. Estas láminas se pueden transformar en rollos de diferentes diámetros o cortarse directamente en láminas. El PET y la resina de polietilenteraftalato amorfo (APET) se utilizan de manera intercambiable como la resina utilizada para fabricar la película rígida de APET.

Según el proceso de fabricación tradicional, el producto final de PET o APET se produce mediante un proceso de múltiples etapas. Inicialmente, se prepara un polímero precursor de peso molecular relativamente bajo mediante técnicas de polimerización en fase fundida comúnmente conocidas en la técnica. Como se explica en la patente de EE. UU. n.º 5.736.621, la ruta habitual para la fabricación de resina de poliéster comprende la policondensación, llevándose a cabo el primer paso hasta un peso molecular moderado que corresponde a una viscosidad intrínseca o inherente (VI) promedio de aproximadamente 0,5-0,7 decilitros/gramo (dl/g) en el fundido y llevándose a cabo la condensación adicional en fase sólida. Para la condensación en la etapa sólida, las astillas de poliéster se calientan a una temperatura reducida hasta que alcanzan el peso molecular deseado.

A continuación, el precursor se enfría y se conforma en pelets, y luego posiblemente se cristaliza y se somete a una polimerización en fase sólida adicional a una temperatura más baja. Para eliminar los glicoles, aldehídos y otros subproductos de reacción de los pelets de PET se pueden usar gases, lo cual también contribuye a incrementar el valor de VI. A esto le sigue el almacenamiento de los pelets de PET normalmente en aire ambiental, donde los pelets higroscópicos absorben la humedad del aire, por lo tanto, siendo necesario secar los pelets antes de recalentarlos y fundirlos en un extrusor comunicado con un troquel. Normalmente, los pelets de PET se secan hasta alcanzar un contenido de humedad inferior al 0,025 %. Si la resina se seca antes del suministro a la planta de laminado, el material tendrá que almacenarse bajo nitrógeno seco.

Se sabe que los medios para preparar las láminas de PET a partir de diversas formas de PET con diversas viscosidades requieren el uso de pelets de PET. Cada calidad de las resinas de PET tiene sus propios problemas debido a la higroscopicidad del material de PET y a su deterioro durante el proceso de extrusión. Sin embargo, esta técnica requiere el uso de procesos de fabricación intermedios y de transporte. Los artículos producidos mediante el sistema de extrusión o el método del troquel giratorio producen piezas de calibres variados.

La resina se extruye a través de un extrusor, y el cilindro del extrusor puede tener una purga de vacío a fin de eliminar la humedad generada durante el proceso de extrusión. Se utiliza una bomba de fusión con el fin de lograr una producción de fusión uniforme a medida que se empuja hacia el troquel de extrusión. A continuación, la resina fundida se conforma en una lámina pasándola a través de un troquel de extrusión. En el caso del troquel giratorio, los objetos se fabrican directamente en el troquel giratorio y no pasan por la fase de laminado. A continuación, la lámina se pule en una pila de rodillos o se pasa a través de una pila de calandras, donde la lámina se dimensiona al espesor apropiado. La lámina se puede tratar superficialmente con silicona en uno o ambos lados. En el caso del material de fleje, la lámina normalmente se corta para producir material de fleje. Finalmente, a continuación, la lámina se enrolla en un rollo o se corta en láminas acabadas. En el caso de las láminas gruesas, las láminas normalmente no se enrollan, sino que se laminan. (El parámetro clave para mantener constante la presión que entra en el troquel. La variación de la presión debe ser inferior a +/-1 bar).

Estos diversos procesos afectan al rendimiento de los pelets de PET cuando a estos se les da forma de lámina o se inyectan en un troquel giratorio. En general, las propiedades físicas del PET, como su higroscopicidad en forma pelletizada, afectan negativamente a las propiedades ópticas del poliéster en el producto acabado si no se acondiciona adecuadamente. Cuando se extruye, las reacciones secundarias dan lugar a la degradación de la cadena de poliéster,

lo que afecta negativamente a las propiedades. Además, ha sido una práctica común el compensar algunos de los rendimientos negativos de los pelets de PET relativos a la higroscopicidad y la disminución de los grados de VI durante el proceso de extrusión.

Además, durante el procesamiento de poliésteres en fase fundida, se forman ciertos subproductos no deseados. Uno de estos productos es el acetaldehído, que se forma continuamente como subproducto durante la polimerización y el posterior procesamiento por fusión de poliésteres. Se sabe que el acetaldehído contamina los productos alimenticios o las bebidas cuando está presente en un envase para alimentos o bebidas. Por lo tanto, es conveniente producir envases de poliéster moldeados con un contenido de acetaldehído en concentraciones bajas o nulas. El tiempo de residencia a temperaturas elevadas es la causa principal de la formación de acetaldehído.

Además, existen métodos que describen la unión de un reactor a un sistema de ariete para inyectar el polímero en un molde. En otras patentes se alude a un sistema en continuo, pero no es posible la producción de piezas uniformes en corrientes múltiples.

La información pertinente a los intentos de abordar estos problemas se puede encontrar en las siguientes patentes de EE. UU.: n.º 5.656.719, concedida el 12 de agosto de 1997 a Stibal *et al.*; n.º 5.980.797, concedida el 9 de noviembre de 1999 a Shelby *et al.*; n.º 5.968.429, concedida el 19 de octubre de 1999 a Treec *et al.*; n.º 5.756.032, concedida el 26 de mayo de 1998 a Stibal *et al.*; n.º 6.099.778, concedida el 8 de agosto de 2000 a Nelson *et al.*; y la solicitud de patente publicada de EE. UU. n.º 10/996.352, presentada el 14 de octubre de 2004 por Otto *et al.*

En la patente de EE. UU. n.º 5.968.429 se describe un aparato y un método para producir artículos de poliéster moldeados con un bajo contenido de acetaldehído a partir de un fundido preparado mediante reacción en continuo de precursores de poliéster. Un controlador central asociado a la máquina de moldeo minimiza las temperaturas excesivas de la pared, proporciona condiciones de calentamiento uniforme y reduce el tiempo de residencia en el extrusor.

Solución

Los problemas descritos más arriba se resuelven y se logra un avance técnico por el presente sistema y método para fabricar láminas de polietilentereftalato («PET») de una sola capa o de múltiples capas («sistema para fabricar láminas de PET») a un coste más bajo y que presenta excelentes propiedades mecánicas y ópticas al eliminar determinados pasos del proceso de fabricación y al hacer pasar directamente el fundido de PET desde el reactor a través de un troquel y sobre una superficie, en lugar de fundir la resina de PET en pelets a través de un extrusor y luego sobre una superficie.

Según un primer aspecto, la presente invención proporciona un método para fabricar objetos de PET que comprende: hacer reaccionar un primer precursor de PET y un segundo precursor de PET para producir un fundido de PET; hacer fluir dicho fundido de PET hacia un sistema de distribución que tiene múltiples salidas; hacer fluir dicho fundido de PET desde el sistema de distribución que tiene múltiples salidas a un sistema de conformado por troquel y una corriente lateral de astillas; controlar de manera individual el flujo de masa del fundido de PET en el sistema de conformado por troquel y en la corriente lateral de astillas mediante un sistema de control combinado por retroalimentación y alimentación directa en el sistema de conformado por troquel y la corriente lateral de astillas, en donde dicho control individual del flujo de masa del fundido de PET comprende controlar la presión de dicho fundido de PET con bucles de control de presión antes de dicho conformado de dichos objetos de PET; conformar dichos objetos de PET a partir de dicho fundido de PET; y en donde el método además comprende: hacer fluir dicho PET desde una de las múltiples salidas a la corriente lateral de astillas para conformar pelets.

Según un segundo aspecto, la presente invención proporciona un sistema para fabricar objetos de PET que comprende:

- medios para hacer reaccionar un primer precursor de PET y un segundo precursor de PET a una temperatura en el intervalo de aproximadamente 200 °C a aproximadamente 330 °C para producir un fundido de PET;
- medios para hacer fluir dicho fundido de PET hacia un sistema de distribución que tiene múltiples salidas;
- medios para hacer fluir dicho fundido de PET desde al menos dos salidas de las salidas múltiples hasta al menos un sistema de conformado por troquel (121) y una corriente lateral de astillas para producir pelets;
- medios para controlar de manera individual el flujo de masa del fundido de PET en cada una de al menos dichas dos líneas de conformado independientemente de la otra de dichas líneas, en donde dichos medios para controlar de manera individual el flujo de masa del fundido de PET comprenden medios para controlar la presión de dicho fundido de PET con bucles para el control de la presión antes de dicho conformado de dichos objetos de PET; y
- medios para conformar dichos objetos de PET a partir de dicho fundido de PET.

Al evitar una serie de pasos de fabricación mediante los cuales el fundido de PET se acondiciona y se altera durante la preparación y el proceso de extrusión, las propiedades ópticas y mecánicas del fundido de PET original que sale del reactor no se deterioran, y este tampoco atrapa humedad. Estos son pasos muy importantes, ya que estos pasos intermedios de más arriba se eliminan a medida que la resina de PET ya está en fase fundida y, por lo tanto, no se tiene que fundir a través de un extrusor y también porque no se requiere transporte, lo que debido a la naturaleza

higroscópica del pelet requiere un tratamiento con nitrógeno. Además, el PET de múltiples capas se puede fabricar utilizando otros sustratos en una o más de las capas. El presente sistema para fabricar láminas de PET permite la preparación de láminas de PET de una calidad particularmente elevada en unas condiciones de reacción suaves, ya que el PET nunca se transforma en pelets ni se vuelve a fundir a través de un extrusor.

El presente sistema permite fabricar láminas de PET que se pueden termoconformar eficazmente en envases y cortar para producir material de fleje, y que cuando se preparan en láminas gruesas se pueden utilizar como material de exposición para señalización interior y exterior. Puesto que el presente sistema para fabricar láminas de PET atañe a la fabricación de artículos directamente desde el troquel extrusor sobre un sistema de conformado de láminas o un troquel giratorio, los resultados son los mismos, un producto superior a un calibre más bajo sin pasar por la etapa de pelets, por lo que mantiene su grado de VI y rigidez inherente, lo que se traduce en un rendimiento mecánico superior. El presente sistema para fabricar láminas de PET es un proceso mediante el cual un sistema de reactores en continuo para PET se acopla a una serie de subsistemas de conformado a la vez que se mantiene una presión constante en cada subsistema independientemente de las condiciones de funcionamiento de los otros subsistemas. De este modo, los cambios de velocidad, la puesta en marcha, las paradas y las averías se solventan todos por el presente sistema para la fabricación de láminas de PET. En un aspecto, el presente sistema para fabricar láminas de PET extruye productos como láminas u objetos con un troquel giratorio directamente a partir del fundido de PET preparado en el reactor de polimerización. La singularidad de este presente sistema para fabricar láminas de PET reside en el manejo de la corriente de fundido que va desde el reactor al troquel. Con el fin de extruir el fundido a través de un troquel y mantener el control del espesor de la pieza, se ha de mantener un control estricto de la presión que entra en cada uno de los troqueles a una presión fijada uniforme y dentro de un margen de tolerancia estrecho. El presente sistema para la fabricación de láminas de PET se aplica para controlar la presión que entra en el troquel o los troqueles que alimentan al dispositivo o los dispositivos de conformado. Se añade una corriente lateral de astillas a las múltiples líneas de conformado, así como una pluralidad de bombas antes del troquel o los troqueles. Estas nuevas adiciones permiten el conformado de una pieza uniforme.

El presente sistema para fabricar láminas de PET produce láminas de PET de alta calidad en formas continuas y discontinuas en donde el fundido de PET se obtiene directamente a partir de la esterificación y tras la etapa de polimerización en el reactor de PET usando ácido tereftálico puro (PTA) o dimetil tereftalato (DMT) y monoetilenglicol (MEG), y se pasa a través del troquel directamente sobre una superficie receptora sin ser transformado en pelets. En otro aspecto, se pueden usar otros tipos de glicoles, como dietilenglicol y similares. Las láminas de PET producidas por los métodos anteriores se fabrican a un coste más bajo, tienen una elevada homogeneidad estructural, propiedades ópticas mejoradas y una excelente resistencia mecánica. En el caso de la fabricación de artículos directamente desde el reactor a un troquel giratorio, los resultados son los mismos, a excepción de que los productos fabricados no se transforman previamente en láminas, sino que se conforman según su configuración final.

Además, el extrusor, cuando se acopla a un reactor de fusión y se controla adecuadamente, proporciona un material que no requiere preacondicionamiento y cuyo historial térmico es mínimo. Este acoplamiento simplifica el proceso y se traduce en un mejor producto acabado. La negación de los pasos intermedios del proceso, como la peletización y el secado, reduce el coste global de fabricación. Además, el presente sistema para fabricar láminas de PET simplifica el proceso de fabricación para fabricar láminas y artículos de PET en un troquel giratorio donde el polímero no se tiene que tratar antes de ser procesado a través del troquel de extrusión.

Asimismo, la falta de humedad en el fundido de PET potencia las propiedades ópticas de la resina de PET y el rendimiento en la etapa de fabricación de la película rígida. Ambas propiedades de uso final logradas por medio de este proceso de fabricación producen la calidad de las láminas, que es muy importante para los termoconformadores y los usuarios finales. Asimismo, los recortes y otros residuos generados en el proceso son de alta calidad en términos de las lecturas de VI y se pueden mezclar con resinas vírgenes de PET en el proceso de preparación.

Las láminas de PET producidas por los métodos de más arriba se fabrican a un coste más bajo, poseen una elevada homogeneidad estructural, propiedades ópticas mejoradas y una excelente resistencia mecánica. En el caso de la fabricación de artículos directamente desde el reactor a un troquel giratorio, los resultados son los mismos, a excepción de que los productos fabricados no se transforman previamente en láminas, sino que se conforman según su configuración final.

Sumario

Preferentemente, el sistema para fabricar objetos de PET incluye medios para hacer reaccionar un primer precursor de PET y un segundo precursor de PET con el fin de producir un fundido de PET; medios para hacer fluir el fundido de PET hacia un sistema de distribución que canaliza el fundido hacia el proceso final apropiado. El proceso final representa medios para conformar los objetos de PET a partir del fundido de PET. El sistema además incluye medios para hacer fluir el PET desde una de al menos dos salidas hasta una corriente lateral de astillas para formar pelets. Preferentemente, los medios para la reacción tienen lugar dentro de un intervalo de temperaturas de aproximadamente 200 °C a aproximadamente 330 °C.

Preferentemente, el primer precursor de PET se selecciona del grupo que consiste en ácido tereftálico puro (PTA) o

dietiltetereftalato (DMT) y el segundo precursor de PET es monoetilenglicol (MEG) o dietilenglicol (DEG). En otro aspecto de la presente invención, se pueden usar precursores secundarios, como ciclohexanodimetanol (CHDM) en combinación con los precursores primarios, como MEG. En este aspecto, el producto final es poliéster glicolizado (PETG). Preferentemente, el sistema además incluye medios para reducir el contenido de acetaldehído en el fundido de PET. Preferentemente, los medios para controlar de manera individual el flujo de masa del fundido de PET incluyen medios para controlar la presión del fundido de PET con bucles de control de presión antes del conformado de los objetos de PET. Preferentemente, los objetos de PET se seleccionan del grupo que consiste en artículos de PET, láminas de PET, flejes y artículos arquitectónicos. Preferentemente, los medios para formar objetos de PET además incluyen medios para añadir al menos un extrusor lateral con el fin de producir un objeto o lámina de PET de múltiples capas. Preferentemente, el sistema además incluye medios para producir una estructura laminada que se selecciona del grupo que consiste en una hoja y una estructura de EVOH. Preferentemente, el sistema además incluye medios para filtrar dicho fundido de PET antes del conformado de los objetos de PET.

Breve descripción de los dibujos

En la Figura 1 se ilustra un diagrama de bloques del sistema para fabricar láminas de PET según una realización de la presente invención;

En la Figura 2 se ilustra un diagrama de bloques en el que se detalla el bucle de control principal;

En la Figura 3 se muestra un esbozo del sistema de control detallado para la lámina y las líneas de cuchillas que producen el producto;

En la Figura 4 se ilustra un diagrama de bloques de un troquel y un coextrusor del sistema para fabricar láminas de PET según una realización de la presente invención;

En la Figura 5 se ilustra un diagrama de bloques de un troquel y un subsistema para láminas laminadas del sistema para fabricar láminas de PET según una realización de la presente invención;

En la Figura 6 se ilustra un diagrama de flujo de un proceso para fabricar láminas de PET según una realización de la presente invención.

Descripción detallada de los dibujos

Por el término películas de PET por lo general se entiende una película rígida de PET o APET de al menos 5 milésimas de pulgada (0,0254 mm). Esta lámina se puede transformar en rollos de distintos diámetros o se puede cortar directamente en láminas. La resina de PET y de APET se usan de manera intercambiable como la resina utilizada para fabricar la película rígida de APET. Números de referencia similares se utilizan para indicar las piezas similares en todos los dibujos. En la Figura 1 se ilustra una realización 100 de un sistema para fabricar láminas de PET. Los precursores o materias primas se alimentan al reactor 106 del sistema para fabricar láminas de PET 100. En una realización, los precursores incluyen una materia prima de ácido tereftálico puro («PTA») o dimetil tereftalato («DMT») 102 y una materia prima de monoetilenglicol («MEG») 104. En otra realización, se puede usar otro glicol, como DEG. En otro aspecto de la presente invención, se pueden usar precursores secundarios, como ciclohexanodimetanol (CHDM) en combinación con los precursores primarios, como MEG. En este aspecto, el producto final es poliéster glicolizado (PETG).

En una realización, las dos materias primas 102 y 104 producen un *bis*(2-hidroxietil)tereftalato intermedio, que se puede transformar en polietilentereftalato calentando a una temperatura por encima del punto de ebullición del etilenglicol o de la mezcla de reacción en condiciones que producen la eliminación del glicol o de agua. Las materias primas 102 y 104 se hacen reaccionar en el reactor 106 mediante esterificación y polimerización para producir el fundido de PET. Si se desea, el calentamiento en el reactor 106 puede tener lugar a una temperatura de hasta 325 °C. Durante el calentamiento, la presión se reduce para proporcionar una destilación rápida del exceso de glicol o agua. El polímero final de polietilentereftalato puede tener una VI, medida en ortoclorofenol a 25 °C, de más de 0,3 dl/g. Más preferentemente, la VI del polímero se encuentra en el intervalo que va de aproximadamente 0,4 a aproximadamente 1,0 dl/g, medida en ortoclorofenol a 25 °C. Todavía más preferentemente, el polietilentereftalato empleado en el presente sistema para fabricar láminas de PET 100 tiene una VI de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 0,7 dl/g, medida en ortoclorofenol a 25 °C. Los polímeros termoplásticos que contienen poliéster de este presente sistema para fabricar láminas de PET 100 tienen un punto de fusión preferido en el intervalo que va de aproximadamente 200 °C a aproximadamente 330 °C, o más preferentemente, de aproximadamente 220 °C a aproximadamente 290 °C, y aún más preferentemente, de aproximadamente 250 °C a aproximadamente 275 °C.

En un aspecto del presente sistema se fabrica la lámina de PET. En otro aspecto, el presente sistema para fabricar láminas de PET 100 se usa para producir todos los tipos de productos, con inclusión de láminas, con todos los demás tipos de polímeros fundidos. Otro ejemplo de polímero fundido es un polímero de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE). Además de los homopolímeros, el presente sistema para fabricar láminas de PET 100 se puede usar con

copolímeros de PET, como mediante la adición de ciclohexanodimetanol (CHDM) en lugar de etilenglicol o ácido isoftálico en lugar de algunas de las unidades de tereftalato. Estos son ejemplos de copolímeros en suspensión que no forman parte de la reacción de base y que se pueden usar en este proceso de fabricación.

5 También se pueden añadir muchas clases distintas de aditivos al fundido de PET, dependiendo del tipo de propiedades deseadas en el artículo acabado. Dichos aditivos pueden incluir, entre otros, colorantes, antioxidantes, agentes reductores del acetaldehído, estabilizantes, por ejemplo, estabilizantes de la radiación UV y del calor, potenciadores de la resistencia al impacto, desactivadores de catalizadores de polimerización, potenciadores de la resistencia a la fusión, extendedores de cadena, agentes antiestáticos, lubricantes, agentes nucleantes, disolventes, rellenos, plastificantes y similares. Preferentemente, estos aditivos se añaden al reactor 106, pero se pueden añadir a otras ubicaciones del presente sistema para fabricar láminas de PET 100.

15 El fundido de PET a continuación se alimenta por medio de la tubería 108 a una bomba maestra 110 donde se bombea a un filtro 114 por medio de la tubería 112. En esta realización, la bomba principal 110 alimenta el fundido de PET por todo el sistema de distribución. El fundido de PET se pasa a través del filtro 114 para eliminar del fundido de PET cualquier partícula foránea introducida a través de la corriente de alimentación o producida por la reacción. Preferentemente, el filtro 114 se usa para tamizar cualquier gel grande, partículas degradadas o material foráneo que puedan perjudicar las bombas de fusión posteriores o el producto final. Se puede utilizar un medio o medios de filtración de diversos grados (tamices mecánicos, arena, metal sinterizado, etc.). El diseño adecuado (volumen, caída de presión y tiempo de residencia) del filtro 114 es importante para mantener la presión adecuada en todo el presente sistema para fabricar láminas de PET 100.

25 El fundido de PET a continuación se alimenta a una bomba de descarga del proceso con el recipiente de distribución 118 por medio de la tubería 116. En esta realización particular, la bomba de descarga del proceso con el recipiente de distribución 118 tiene una caja de distribución con múltiples salidas. Preferentemente, el recipiente de distribución 118 puede tener cualquier número de salidas para adaptarse a una aplicación deseada. Como se muestra, dos corrientes 119 y 120 producen pellets de PET 126. Este material se puede vender directamente para botellas o utilizarse en un proceso de coextrusión (Figura 2) para producir una película de múltiples capas. De manera adicional, el sistema de bombas de descarga del proceso 118 también alimenta el fundido de PET a tres procesos de producción de láminas o unidades de conformado por troquel, 121, 122 y 123. Aunque solo se indican tres líneas de laminado, se podrían añadir múltiples líneas. Para mantener el control máximo se requieren dos líneas de cuchillas. Las dos cuchillas están dimensionadas de manera que estas cuchillas puedan manejar la salida máxima del reactor 106. El diseño del sistema es tal que el flujo del fundido se minimiza de manera que la degradación y el acetaldehído no son un problema. Todos los procesos individuales tienen válvulas de control que se usan en la corriente de control final, además de que permiten parar por completo una rama.

40 En una realización, el sistema para fabricar láminas de PET 100 es un proceso en continuo que no se para una vez se pone en marcha. Una manera de controlar el flujo de masa del fundido de PET que circula a través del presente sistema para fabricar láminas de PET 100 es ajustando el flujo de masa de las materias primas 102 y 104 que entra en el reactor 106. Se puede usar un bucle de retroalimentación por presión para controlar la bomba de retroalimentación por presión 118. Como se muestra en la Figura 1, la bomba 118 que va a la corriente de astillas lateral o de derivación 119 se puede abrir más o menos para modular el fundido de PET que va a cada tramo del proceso de todo el sistema. Las bombas 110 y 118 se controlan por retroalimentación continua del flujo calculado necesario para mantener la presión en cada una de las ramas del sistema. Estos valores se recopilan de las ramas, se retroalimentan al PLC principal y a continuación se usan como control de la velocidad principal. Los bucles de presión dentro del sistema recortan las velocidades. De esta manera, se distribuye suficiente flujo hacia el interior del sistema. Las bombas en cada subsistema a continuación modularán la presión al valor final. En el sistema siempre se introduce un exceso de flujo a fin de permitir el funcionamiento de una línea de cuchillas. A medida que el flujo en los sistemas de laminado se disminuye o se aumenta, el sistema de cuchillas reacciona para mantener el flujo y la presión que entra en las líneas de laminado dentro de los parámetros de funcionamiento.

55 En la Figura 2 se representa el bucle de control para las bombas 110 y 118. Las bombas de fusión funcionan según la teoría del volumen constante en cada revolución de la bomba. Cuando se usan bombas de fusión para fundidos de plástico, la compresibilidad del material pasa a ser un factor. Para cualquier polímero dado, a una temperatura dada, y configuración de la presión de entrada/salida, se puede calcular la producción correspondiente a una bomba determinada. Con el fin de controlar con precisión la producción en las líneas de laminado en el proceso, hemos desarrollado un sistema de control en el que se usa el flujo calculado de todas las bombas como parámetro de control.

60 Como se representa en la Figura 2, si tenemos tres líneas de laminado en funcionamiento, también tendríamos al menos una de las líneas de cuchillas en funcionamiento. Los parámetros de flujo calculados (501) se calcularían en cada una de las líneas en funcionamiento y se retroalimentarían al control del sistema principal (502, 503 y 504). Los controladores del sistema principal a continuación controlarían la bomba de descarga del producto principal (118) y la bomba (110) para descargar suficiente fundido de polímero en el sistema a fin de mantener el lado de succión de todas las bombas en funcionamiento. La presión se puede recortar mediante válvulas de presión en funcionamiento dentro de los bucles. Este bucle de control principal se controla constantemente para compensar cualquier cambio de velocidad en cualquiera de las líneas de laminado. A medida que las líneas cambian de velocidad, se dirige más o

menos material al proceso de corte. El sistema principal recorta continuamente las velocidades de las cuchillas (506) con el fin de mantener una calidad óptima de los pelets a través de las cuchillas.

En la Figura 3 se detallan los bucles individuales que se usan para controlar la salida de la última bomba a fin de mantener la calidad tanto en el bucle de cuchillas como en el bucle de la línea de laminado. La entrada en cada uno de los bucles se controla por el bucle principal, mientras que la velocidad de salida de los bucles individuales se usa para mantener la presión dentro del valor especificado de 1 bar mediante los controles de velocidad 525 y las velocidades del motor 526. Las velocidades de la línea de laminado dependen de la velocidad de la línea de laminado y de la anchura y separación del troquel. El espesor de la lámina es el parámetro importante. A medida que la velocidad de la línea de laminado aumenta o disminuye, la velocidad de la última bomba debe seguir los cambios para mantener la precisión en el espesor.

La bomba de proceso principal alimenta material al sistema en función de los valores de flujo calculados. Los valores dentro del sistema ayudan a dirigir el flujo apropiado a cada una de las ramas. El flujo procedente de la bomba principal se dirige a la bomba de la línea de laminado principal (507). La velocidad de esta bomba la controla el bucle de retroalimentación, el cual comprende principalmente la presión de entrada (508) a la bomba de salida (509). Para controlar eficazmente los flujos y la presión, el sistema además incluye numerosos controladores e indicadores de flujo 527, indicadores de flujo 528, indicadores de presión 529, indicadores y controladores de presión 531, indicadores de velocidad 530 y controladores de velocidad 525. La presión de succión que entra en la bomba de salida se mantiene a una presión constante. Si se modifica la velocidad de la línea de laminado, entonces el bucle se diseña para retroalimentar a las tres bombas, la bomba principal, la primaria y la de salida. Si la línea de laminado se ralentiza sustancialmente, entonces el material se puede desviar a la línea de cuchillas para evitar que la línea de laminado se inunde de manera masiva. De manera similar, si la línea de laminado se acelera a partir de ahí, el material procedente de la cuchilla se puede desviar de regreso a la línea de laminado. El uso de esta corriente de control de orden superior permite que el sistema mantenga una presión constante y un margen de tolerancia para el espesor inferior al 1 %. Preferentemente, las múltiples bombas proporcionan un control del espesor sumamente dependiente con una presión constante que entra en los procesos de producción de láminas o las unidades de conformado por troquel 121, 122 y 123. La primera bomba modulará cualquier variación grande en la presión. La segunda bomba y cada una de las bombas posteriores reducirán más cualquier modulación a menos de +1-1 bar que sale de la bomba final. Esto permite que las líneas de conformado (salidas) permanezcan independientes, de manera que se puedan ralentizar, poner en marcha, parar o acelerar independientemente de las otras unidades de conformado por troquel. Los bucles de control de presión con la corriente de astillas lateral o de derivación 119 proporcionarán esta función.

El bucle de cuchillas depende del caudal. La línea de cuchillas puede acomodar una producción mínima, así como una producción máxima. Existen dos líneas de cuchillas disponibles, de manera que a medida que una línea se acerca al caudal máximo la segunda línea se puede poner en línea. El flujo y la velocidad se controlan de manera que las cuchillas mantengan uniforme la dimensión de los pelets. El material procedente de la bomba de proceso principal se bombea al colector; las válvulas colocadas apropiadamente permiten que el flujo se desvíe a la bomba de la cuchilla primaria (510). En una realización, el presente sistema para fabricar láminas de PET 100 produce láminas de PET en continuo a partir de PTA y MEG directamente desde la fase fundida del reactor 106 hasta un troquel de extrusión sin pasar por un tratamiento con nitrógeno, un extrusor y otros pasos, y enrolladas o no en dirección longitudinal. En otra realización, el presente sistema para fabricar láminas de PET 100 hace fluir el fundido de PET directamente desde el reactor 106 y un troquel extrusor sobre troqueles giratorios para la fabricación de material de embalaje y otros artículos.

En una realización, los procesos de producción de láminas o las unidades de conformado por troquel 121, 122 y 123 son una pila de tres rodillos o un sistema de cuchillos de aire. Más preferentemente, las unidades de conformado por troquel son un sistema de una pila de tres rodillos horizontales. Normalmente, tras la pila de rodillos hay sistemas auxiliares, como recubridores, tratadores, dispositivos de corte, etc., que se alimentan a una bobinadora. Estas unidades se especifican adecuadamente al tramo individual del sistema y a la capacidad global del reactor 106.

En otra realización, otro tipo de unidad sería un troquel giratorio de baja tracción que forma piezas como tapas o tapones de botellas directamente en el troquel giratorio a partir de la lámina conformada. En una realización, hay una bomba 110 que alimenta los sistemas 119 a 123. Preferentemente, en el extremo de cada tramo, antes del troquel y la lámina o el troquel giratorio, hay una o dos bombas individuales 507 y 509, respectivamente. Preferentemente, la bomba 118 mantiene la presión en el sistema. Esta bomba 118 la controla el PLC principal que usa información del flujo en continuo procedente de las bombas de ramificación del sistema. Si la presión disminuye, la bomba 118 aumentará la presión. Si la presión aumenta, entonces la bomba 118 se ralentiza o el material de fusión de PET se desvía a la corriente de astillas lateral o de derivación 119. Preferentemente, si cualquiera de los sistemas va a tener una producción inferior durante un período de tiempo prolongado, como durante varias horas, entonces se proporcionará una señal de valor del sistema de flujo a la bomba principal 110 y al reactor 106 para ralentizar la alimentación a fin de compensar la producción inferior. Cuando las bombas 507 y 509 incluyen dos bombas en serie, la primera bomba del conjunto de bombas múltiples se usa para modular la presión en el sistema total. En esta disposición, la primera bomba en la serie de bombas que comprende las bombas 507 y 509 mantiene una carga de presión constante que entra en la segunda bomba de la serie de bombas. Preferentemente, las bombas múltiples proporcionan un control del espesor sumamente dependiente con una presión constante en las corrientes laterales de astillas y las unidades de conformado por troquel 119 a 123. La primera bomba modulará cualquier variación grande

en la presión. La segunda bomba y cada una de las bombas posteriores además reducirán cualquier modulación a menos de ± 1 bar que sale de la bomba final y entra en el troquel de conformado. Esto permite que las líneas de conformado (salidas) permanezcan independientes, de manera que se puedan ralentizar, poner en marcha, parar o acelerar independientemente de las otras unidades de conformado por troquel. Los bucles de control de presión con la corriente de astillas lateral o de derivación 119 proporcionarán esta función. En una realización, las bombas son bombas volumétricas como las descritas en la presente memoria.

La lógica de control de presión controla el reactor en continuo 106, cuyo tiempo de respuesta es por lo general mayor en magnitud que en los extremos de salida en las corrientes laterales de astillas y las unidades de conformado por troquel 119 a 123, para controlar el espesor del producto final o la lámina. En una realización, esto se logra mientras cada tramo de salida permanece independiente de los otros tramos de salida. En una realización, el bucle de control permite que haya perturbaciones repentinas del proceso, como la puesta en marcha o la parada de uno de los tramos de salida. En esta realización, una corriente de astillas lateral o de derivación 119 permite que la producción de astillas aumente o disminuya dependiendo de cualquier perturbación del proceso. La perturbación puede ser una perturbación planeada, como parar una línea para mantenimiento, etc., o una perturbación no planeada, como el mal funcionamiento de los equipos.

Además de lo anterior, el bucle de control compensa preferentemente el aumento o la disminución de la velocidad en un tramo a la vez que continúa el sistema global para fabricar las láminas de PET 100 en condiciones estacionarias. La bomba 118 y las válvulas asociadas (no se muestran) reaccionarán desviando a la corriente de astillas lateral o desde esta. Esto puede provocar una subida breve o un cambio en la presión a los que las bombas 507 y 509 al final de cada rama del sistema reaccionarán. En esta realización, las bombas individuales que comprenden las bombas 507 y 510 experimentarán la subida de presión y reaccionarán a esta mientras que la segunda bomba en la serie 509 y 511 experimentará la modulación de la magnitud de la perturbación, que será lo suficientemente baja como para ser modulada en un orden de magnitud inferior a un segundo. En otra realización, cada configuración de líneas va a ser distinta, de manera que los esquemas individuales se aplicarán a ese sistema.

En la Figura 4 se muestra una realización 200 de un subsistema de coextrusión para producir una lámina de múltiples capas mediante la adición de un coextrusor 204 al fundido de PET contenido en la tubería 138 o 150. El material coextruido se alimenta desde el coextrusor 204 a un bloque de alimentación 212 por medio de la tubería 202 junto con el fundido de PET procedente de los canales de flujo tal y como se describe más arriba. El bloque de alimentación 212 a continuación extiende los materiales adecuadamente hacia el interior del troquel plano 208. Este bloque de alimentación 212 orienta las corrientes que producen una corriente de capas múltiples, que se alimenta a un troquel plano 208 por medio de la tubería 206 donde se extruye formando la sección que forma la lámina o la lámina de PET 210. El coextrusor 204 puede utilizar pelets de resina 126 procedentes de la corriente de astillas lateral o de derivación 119 o ser un material diferente, como una capa de unión adhesiva o una resina de barrera, pero no se limita a estos ejemplos. Este proceso de coextrusión se puede añadir a cualquiera de los procesos o a todos los procesos de producción de láminas o unidades de conformado por troquel 121, 122 o 123. En una realización, el tamaño del coextrusor 204 está diseñado según la producción de kilogramos requerida. Cuando se usa un coextrusor 204 en el presente sistema para fabricar láminas de PET 100, preferentemente se ha de tener en cuenta los kilogramos de material añadidos al sistema para proporcionar la capacidad de enfriamiento requerida en el tramo del presente sistema para fabricar láminas de PET 100.

En la Figura 5 se muestra una realización, 300, de un subsistema para generar una estructura laminada de múltiples capas o una lámina de PET. El fundido de PET (ya sea de una sola capa o de múltiples capas coextrudidas) se alimenta a través del troquel plano 208 por medio de la tubería 206 a los rodillos conformadores 310 y 312. En una realización, una película adicional 304 se alimenta a los rodillos conformadores 308 y 310. El calor procedente de la corriente del fundido de PET une la película adicional 304 formando una estructura laminada coherente 316. Los rodillos adicionales 306 y 308 pueden emplearse para guiar la película adicional desde el carrete de alimentación 302 a los rodillos conformadores 312. En otra realización, se pueden añadir al proceso de laminado otros materiales, como hojas metálicas o película de EVOH. En otra realización más, se pueden añadir otros tipos de materiales al proceso de laminado. Cada una de estas estructuras únicas se pueden a continuación utilizar para aplicaciones finales específicas.

Preferentemente, los criterios de diseño para 300, el subsistema para crear una estructura laminada de múltiples capas o una lámina de PET, son para proporcionar una lámina de la mayor calidad a partir de la inversión de capital más baja. La elevada producción de fundido de PET a través del sistema para fabricar láminas de PET 100 requiere un buen diseño de rodillos de enfriamiento para que no se produzcan desviaciones. Es importante la capacidad de vigilar y controlar el espesor de las láminas de PET durante el enfriamiento. Además, la posibilidad de cambiar los tamaños y espesores de las láminas de PET también es importante. Otras operaciones posteriores, como el enrollado y el corte, también se consideran cuando se usa la estructura laminada de múltiples capas o la lámina de PET.

Como se ha demostrado, el producto resultante o la lámina de PET está determinado por los procesos de producción de láminas o las unidades de conformado por troquel 121 a 123. El presente sistema para fabricar láminas de PET 100 controla los procesos de producción de láminas o las unidades de conformado por troquel 121 a 123 con tal precisión (así como un sistema de extrusión) que los objetos producidos por este sistema están limitados únicamente

por la creatividad del fabricante. De manera similar, el número de unidades de conformado por troquel puede variar de los tres representados a cualquier número que no exceda la capacidad del reactor 106.

5 En una realización, el presente sistema para fabricar láminas de PET 100 controla la presión que va de un reactor en continuo 106 a múltiples canales de flujo. Cada canal está unido a una sección de conformado que produce diferentes objetos. Cada canal de flujo actúa como un extrusor individual sin un extrusor. En otra realización, se puede usar una sola bomba si la dinámica de la bomba se tiene en cuenta en el algoritmo de control del proceso.

10 En una realización, el presente sistema para fabricar láminas de PET 100 afecta favorablemente a las propiedades mecánicas y ópticas de la lámina de PET que se está fabricando, lo que permitirá que la lámina de PET se fabrique con un calibre más bajo cuando se fabrica para embalaje u otra aplicación como láminas, flejes o artículos arquitectónicos.

15 El presente sistema para fabricar láminas de PET 100 produce objetos y artículos de PET que tienen calidad de recortes, y otros residuos generados en el proceso de fabricación serán de alta calidad, de manera que se pueden mezclar en porcentajes elevados con el fundido de PET virgen sin afectar negativamente a la calidad de la lámina final y sin que sea necesario aumentar el calibre.

20 Además de las realizaciones y los aspectos mencionados anteriormente del presente sistema para fabricar láminas de PET 100, la presente invención además incluye métodos para fabricar estas láminas de PET.

25 En la Figura 6 se ilustra un diagrama de flujo de una realización 400 de un proceso como este. En el paso 402, un primer precursor de PET y un segundo precursor de PET como los descritos más arriba se hacen reaccionar en un reactor para producir un fundido de PET. Preferentemente, en este paso se determina la capacidad del reactor conocida y una mezcla determinada de productos con varios espesores y anchuras de lámina. A partir de esta información se determina el número de tramos teniendo en cuenta la capacidad de enfriamiento de cada una de las unidades de conformado por troquel. La capacidad de enfriamiento determina preferentemente la producción máxima de cada tramo posterior. En un aspecto, se puede introducir una corriente de astillas lateral o de derivación 119 en el reactor 106 en este paso. En otro aspecto, una corriente lateral de retazos procedentes de la operación anterior se puede introducir en el reactor 106 en este paso.

35 En el paso 404, el fundido de PET se filtra para eliminar impurezas del fundido de PET. En el paso 406, el fundido de PET se hace fluir a través de un aparato de desplazamiento positivo o negativo, como una bomba, hasta una válvula que preferentemente tiene múltiples salidas. En el paso 408, el fundido de PET se hace fluir desde las salidas de la válvula hasta la salida de la válvula individual. Los tramos de salida están conectados a sistemas individuales de conformado por troquel, adicionalmente un tramo de distribución está conectado a un sistema (peletizado) de cuchillas. En el paso 410, se controla la presión o el flujo de masa del fundido de PET. El flujo y la presión se controlan mediante un sistema combinado de retroalimentación y alimentación directa. El sistema de alimentación directa usa el parámetro de flujo calculado a partir de cada uno de los sistemas individuales para calcular un caudal total que se alimenta hacia adelante a la bomba de descarga del proceso y los tramos de cuchillas. A continuación, en cada uno de los tramos del sistema se usa un sistema de retroalimentación entre dos bombas de fusión para mantener la presión de salida dentro de +/-1 bar. Posteriormente, esto se alimenta a un extrusor de fabricación de artículos (troquel de conformado de PET) 412.

45 Aunque se ha descrito lo que en la actualidad se consideran las realizaciones preferidas del sistema para fabricar láminas de PET, se entenderá que el presente sistema para fabricar láminas de PET se puede incorporar en otras formas específicas. Por ejemplo, se podrían utilizar bombas adicionales o diferentes combinaciones de bombas, distintas de las descritas en la presente memoria. Por lo tanto, las presentes realizaciones se han de considerar ilustrativas en todos los aspectos y no son restrictivas. El alcance del presente sistema para la fabricación de láminas de PET está indicado por las reivindicaciones anexas y no por la descripción anterior.

50

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar objetos de PET que comprende:
 - hacer reaccionar un primer precursor de PET y un segundo precursor de PET para producir un fundido de PET;
 - hacer fluir dicho fundido de PET hacia un sistema de distribución (118) que tiene múltiples salidas;
 - hacer fluir dicho fundido de PET desde el sistema de distribución que tiene múltiples salidas hasta un sistema de conformado por troquel (121) y una corriente lateral de astillas (119);
 - controlar de manera individual el flujo de masa del fundido de PET en el sistema de conformado por troquel y en la corriente lateral de astillas mediante un sistema de control combinado por retroalimentación y alimentación directa en el sistema de conformado por troquel y la corriente lateral de astillas,
 - en donde dicho control individual del flujo de masa del fundido de PET comprende controlar la presión de dicho fundido de PET con bucles de control de presión antes de dicho conformado de dichos objetos de PET;
 - formar dichos objetos de PET a partir de dicho fundido de PET;
 - y en donde el método además comprende:
 - hacer fluir dicho PET desde una de dichas salidas múltiples hasta la corriente lateral de astillas para formar pelets.
2. El método de la reivindicación 1, en donde dicha reacción tiene lugar en un intervalo de temperaturas de aproximadamente 200 °C a aproximadamente 330 °C.
3. El método de la reivindicación 1, en donde dicho primer precursor de PET se selecciona del grupo que consiste en ácido tereftálico puro (PTA) y dimetil tereftalato (DMT).
4. El método de la reivindicación 1, en donde dicho segundo precursor de PET se selecciona del grupo que consiste en monoetilenglicol (MEG), dietilenglicol (DEG) y ciclohexanodimetanol (CHDM).
5. El método de la reivindicación 1, en donde los objetos de PET se seleccionan del grupo que consiste en artículos de PET, láminas de PET, flejes y artículos arquitectónicos.
6. El método de la reivindicación 1, en donde dicho conformado de objetos de PET además comprende: añadir al menos un extrusor lateral para producir un objeto o lámina de PET con múltiples capas.
7. El método de la reivindicación 6, que además comprende: producir una estructura laminada que se selecciona del grupo que consiste en una hoja y una estructura de EVOh.
8. El método de la reivindicación 1, que además comprende: filtrar dicho fundido de PET antes de dicho conformado de dichos objetos de PET.
9. Un sistema para fabricar objetos de PET que comprende:
 - medios (106) para hacer reaccionar un primer precursor de PET y un segundo precursor de PET a una temperatura en el intervalo de aproximadamente 200 °C a aproximadamente 330 °C para producir un fundido de PET;
 - medios (110) para hacer fluir dicho fundido de PET a un sistema de distribución (118) que tiene múltiples salidas;
 - medios (118) para hacer fluir dicho fundido de PET desde al menos dos salidas de las salidas múltiples hasta al menos un sistema de conformado por troquel (121) y una corriente lateral de astillas (119) para producir pelets;
 - medios para controlar individualmente el flujo de masa del fundido de PET en cada una de al menos dichas dos líneas de conformado independientemente de la otra de dichas líneas, en donde dichos medios para controlar individualmente el flujo de masa del fundido de PET comprenden medios para controlar la presión de dicho fundido de PET con bucles de control de presión antes de dicho conformado de dichos objetos de PET; y
 - medios para formar dichos objetos de PET a partir de dicho fundido de PET.
10. El sistema de la reivindicación 9, en donde los objetos de PET se seleccionan del grupo que consiste en artículos de PET, láminas de PET, flejes y artículos arquitectónicos.

Figura 1

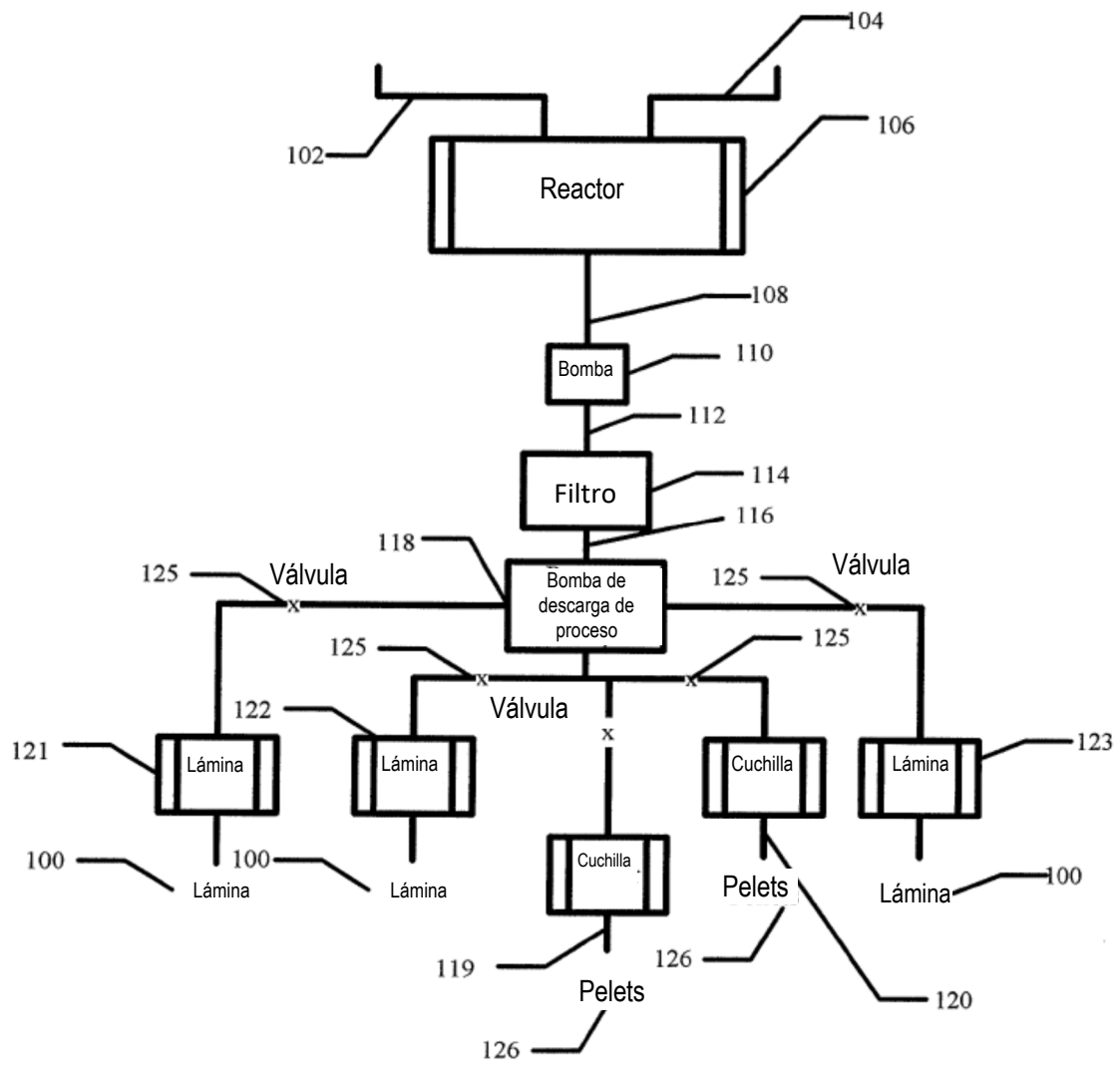


Figura 2

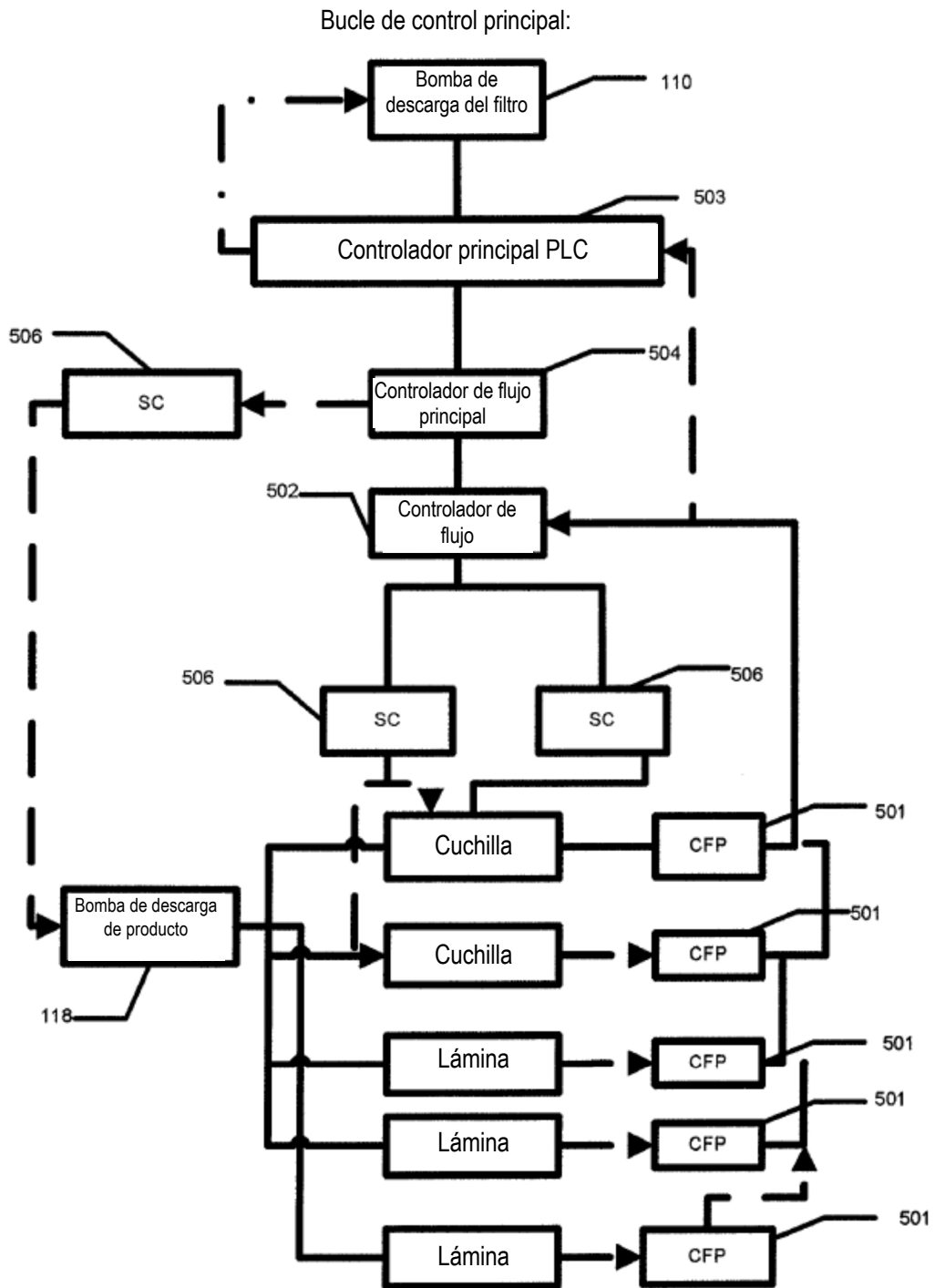
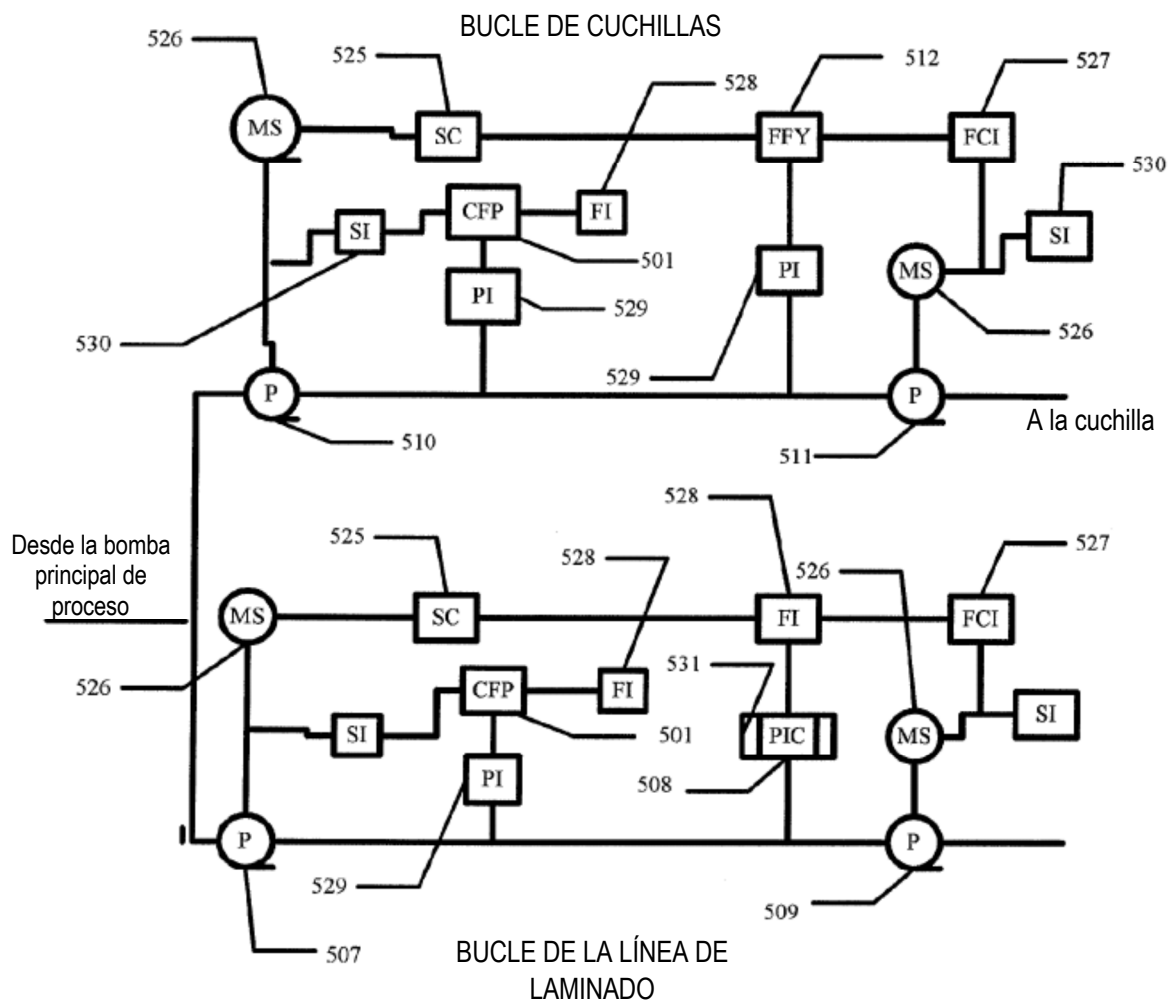


Figura 3

Bucles de control de la línea



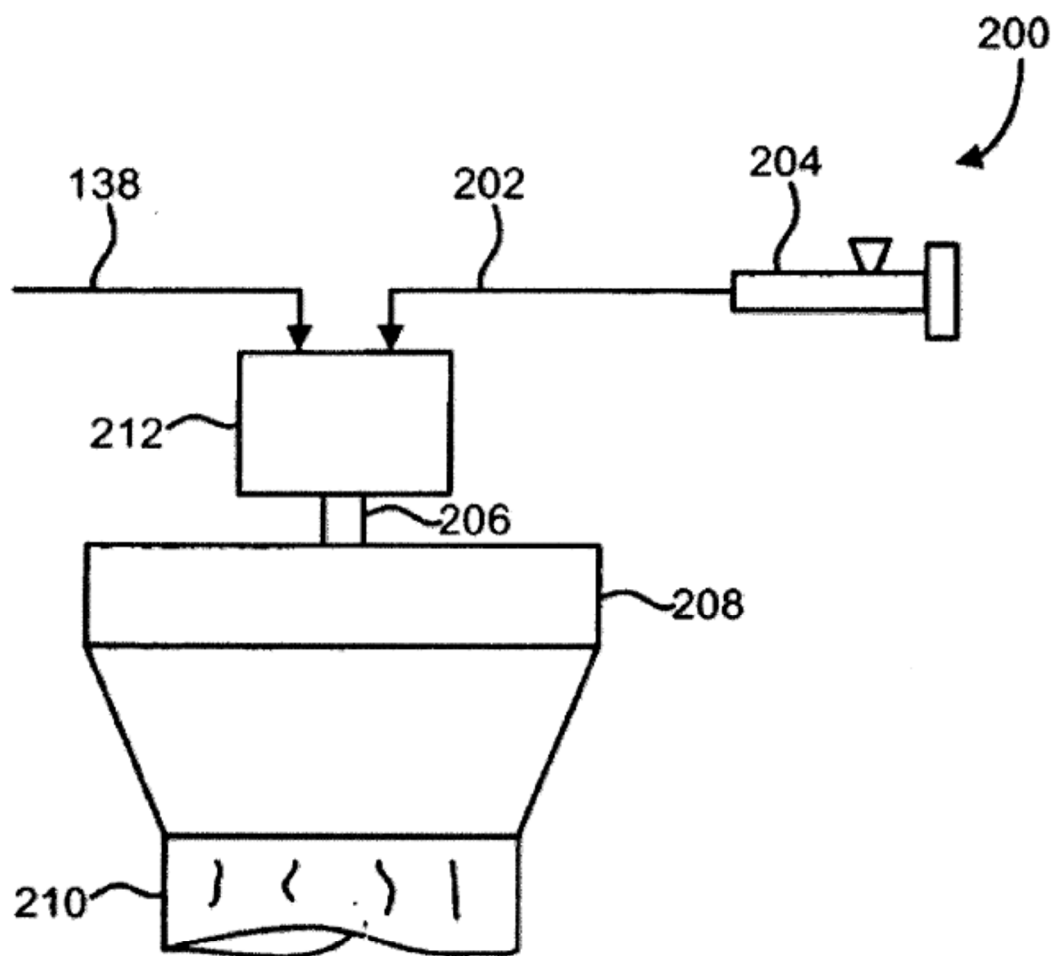


Figura 4

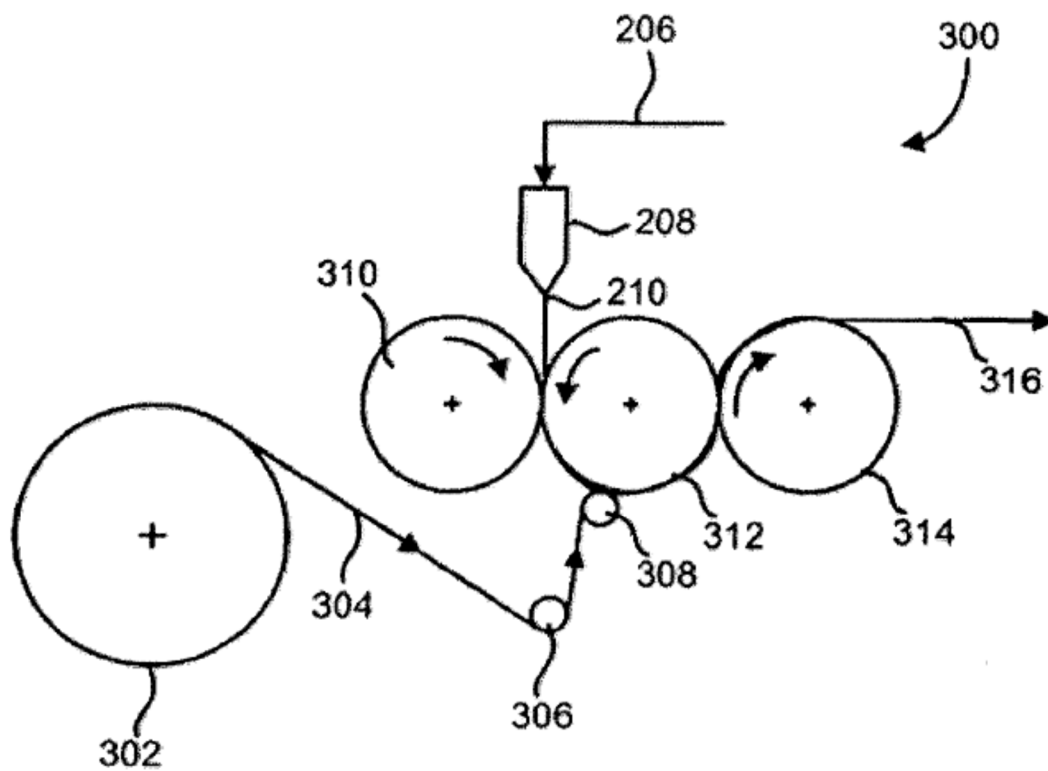


Figura 5

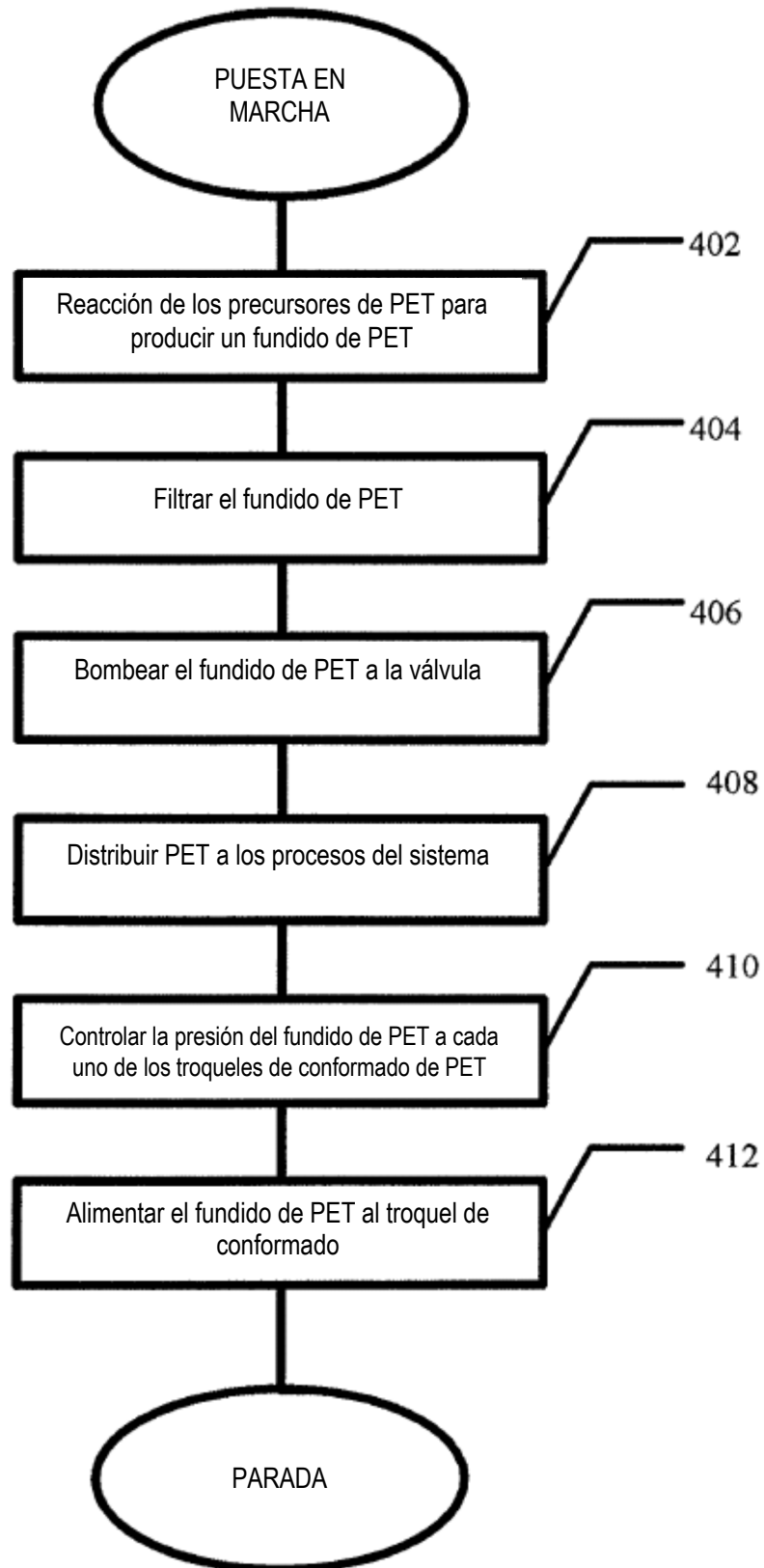


Figura 6