

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 475 724**

51 Int. Cl.:

C08F 10/00 (2006.01)

C08F 2/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.05.2011 E 11724839 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.03.2014 EP 2571905**

54 Título: **Técnica de extracción en continuo y control de presión de reactores de polimerización**

30 Prioridad:

21.05.2010 US 78533310

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

11.07.2014

73 Titular/es:

**CHEVRON PHILLIPS CHEMICAL COMPANY LP
(100.0%)
10001 Six Pines Drive
The Woodlands, Texas 77380, US**

72 Inventor/es:

HOTTOVY, JOHN D.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 475 724 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

Técnica de extracción en continuo y control de presión de reactores de polimerización

Antecedentes

5 La presente descripción se refiere generalmente a la producción de poliolefinas y, más específicamente, a técnicas y sistemas que emplean dos o más reactores de polimerización en un sistema reactor de poliolefinas.

10 Esta sección trata de introducir al lector en los aspectos de la técnica que pueden estar relacionados con aspectos de la presente descripción, que se describen y/o reivindican a continuación. Esta discusión se cree que es útil para proporcionar al lector información de los antecedentes para facilitar una mejor comprensión de los diversos aspectos de la presente descripción. Por consiguiente, se debe entender que estas declaraciones se deben leer de esta manera, y no como una introducción de la técnica anterior.

15 A medida que las tecnologías química y petroquímica han avanzado, los productos procedentes de estas tecnologías se han vuelto cada vez más frecuentes en la sociedad. En particular, a medida que han avanzado las técnicas para unir bloques moleculares simples en cadenas más largas (o polímeros), los productos polímero, típicamente en forma de plásticos diversos, se han incorporado cada vez más en diversos objetos de uso cotidiano. Por ejemplo, los polímeros de poliolefinas, tales como polietileno, polipropileno y sus copolímeros, se usan para envase de productos farmacéuticos y de venta al por menor, envase de alimentos y bebidas (tales como botellas de zumos y de refrescos), recipientes para el hogar (tales como cubos y cajas), artículos para el hogar (tales como electrodomésticos, muebles, alfombras y juguetes), componentes de automóviles, tuberías, conductos y diversos productos industriales.

20 Las poliolefinas se pueden producir a partir de diversos monómeros, tales como etileno, propileno, buteno, penteno, hexeno, octeno, deceno, y otros bloques constituyentes. Si para la polimerización se usa un monómero, el polímero se refiere como un homopolímero, mientras que la incorporación de diferentes monómeros crea un copolímero o terpolímero, y así sucesivamente. Los monómeros se pueden añadir a un reactor de polimerización, tal como un reactor de fase líquida o a un reactor de fase gaseosa, donde se convierten a polímeros. En el reactor de fase líquida, se puede usar un hidrocarburo inerte, tal como isobutano, propano, n-pentano, i-pentano, neopentano, y/o n-hexano, como un diluyente para llevar los contenidos del reactor. También se puede añadir un catalizador al reactor para facilitar la reacción de polimerización. Un ejemplo de tal catalizador es un óxido de cromo que contiene cromo hexavalente sobre un soporte de sílice. A diferencia de los monómeros, los catalizadores generalmente no se consumen en la reacción de polimerización.

30 A medida que las cadenas de polímero se desarrollan durante la polimerización, se producen partículas sólidas conocidas como "copo" o "escama" o "polvo". El copo puede poseer una o más propiedades de fluidez, físicas, reológicas y/o mecánicas de interés, tales como densidad, índice de fluidez (MI, del inglés melt index), caudal de fluidez (MFR, del inglés melt flow rate), contenido de copolímero, contenido de comonómero, módulo, y cristalinidad. Para los copos pueden ser deseables diferentes propiedades dependiendo de la aplicación a la que se van destinar los copos de poliolefina o los copos posteriormente granulados. El control de las condiciones de reacción dentro del reactor, tales como la temperatura, la presión, las concentraciones de los productos químicos, la velocidad de producción del polímero, el tipo de catalizador, etc., pueden afectar a las propiedades de los copos.

40 En algunas circunstancias, con el fin de lograr ciertas características del polímero deseado, las condiciones de polimerización globales pueden exigir que se emplee más de un reactor, teniendo cada reactor su propio conjunto de condiciones. Tales polímeros pueden ser polímeros multimodales, donde al menos dos polímeros, cada uno con una fracción de peso molecular diferente, se combinan en un producto polímero. En un sentido general, una poliolefina producida en cada reactor estará suspendida en un diluyente para formar una suspensión de producto. Los reactores pueden estar conectados en serie, de tal manera que la suspensión de producto de un reactor se puede transferir a un reactor posterior, y así sucesivamente, hasta que se produce un polímero con el conjunto de características deseadas. Por ejemplo, se puede producir un polímero bimodal mediante dos reactores en serie; un polímero trimodal puede necesitar tres, y así sucesivamente.

50 En algunos casos, el flujo de la suspensión que se transfiere desde un reactor al siguiente se puede ser inestable (por ejemplo, una distribución no uniforme de los sólidos a lo largo de la suspensión), lo que tiene como resultado la "precipitación salina" de los sólidos del diluyente. Tal situación puede causar el taponamiento durante la transferencia, o puede causar que un reactor se obstruya, lo que tiene como resultado el ensuciamiento del reactor. En la medida que la obstrucción puede tener como resultado desviaciones de un conjunto de condiciones de reacción deseadas, el producto polímero producido dentro de un reactor puede no cumplir con las especificaciones deseadas; es decir, el producto puede estar "fuera de especificaciones". Como se puede apreciar, el ensuciamiento de uno o más de los reactores dentro de una serie puede causar que la poliolefina última producida por el sistema esté significativamente fuera de especificaciones. En situaciones extremas de ensuciamiento o fuera de control, el control del proceso se puede perder por completo, y una parte del sistema que emplea los reactores en serie se puede llegar a taponar con el polímero, lo que requiere de un tiempo de inactividad significativo (por ejemplo, una a tres semanas) para su limpieza. Desafortunadamente, durante este tiempo, el sistema de polimerización no se

puede hacer funcionar y no se puede producir la poliolefina. De este modo, puede ser deseable evitar el ensuciamiento al prevenir la obstrucción del reactor y manteniendo las suspensiones estables durante la transferencia. La racionalización de tal proceso que emplea múltiples reactores en serie puede tener como resultado una mayor eficiencia, un menor tiempo de inactividad del sistema, y una capacidad global aumentada del producto.

Breve descripción de los dibujos

Las ventajas de la presente descripción pueden ser evidentes al leer la siguiente descripción detallada y con referencia a los dibujos en los que:

La Figura 1 es un diagrama de flujo de bloques que representa un sistema de fabricación de poliolefinas para la producción en continuo de poliolefinas según una realización de las técnicas de la presente invención;

La Figura 2 es una vista de conjunto esquemática de un sistema de reactor doble según una realización de las técnicas de las técnicas de la presente invención;

La Figura 3 es una ilustración de un dispositivo de extracción en continuo de un sistema de reactor doble según una realización de las técnicas de la presente invención;

La Figura 4 es una ilustración de las características de las tuberías de un sistema de reactor doble según una realización de las técnicas de la presente invención;

La Figura 5 es una ilustración de una línea de evaporación súbita para la recuperación de poliolefinas y el reciclaje del diluyente según una realización de las técnicas de la presente invención; y

La Figura 6 es un diagrama de flujo de bloques de un método de funcionamiento de un sistema de reactor doble según una realización de las técnicas de la presente invención.

Descripción detallada de realizaciones específicas

A continuación se describen una o más realizaciones específicas de la presente descripción. En un esfuerzo para proporcionar una descripción concisa de estas realizaciones, no todas las características de una implementación real se describen en la especificación. Debe tenerse en cuenta que en el desarrollo de cualquier implementación real, tal como en cualquier proyecto de ingeniería o de diseño, se deben tomar numerosas decisiones específicas relativas a la implementación para lograr los objetivos específicos de los diseñadores, tales como el cumplimiento de las limitaciones relacionadas con los aspectos económicos y las relacionadas con el sistema, que pueden variar de una implementación a otra. Por otra parte, se debe apreciar que tal esfuerzo de desarrollo podría ser complejo y consumir mucho tiempo, pero no obstante, sería una tarea rutinaria de diseño, fabricación, y producción para aquellos habituados con la técnica para el beneficio de esta descripción.

I.- Proceso de producción de poliolefinas - Una visión general

Los productos hechos a partir de poliolefinas se han vuelto cada vez más predominantes en la sociedad como productos plásticos. Uno de los beneficios de estas poliolefinas es que generalmente no son reactivas cuando se ponen en contacto con diversos bienes o productos. En particular, los productos plásticos a partir de poliolefinas se usan para el envasado de productos farmacéuticos y de venta al por menor (tales como bolsas de visualización, botellas y envases de medicamentos), envasado de alimentos y bebidas (tales como botellas de zumos y de refrescos), contenedores industriales y para el hogar (tales como baldes, bidones y cajas), artículos para el hogar (tales como electrodomésticos, muebles, alfombras y juguetes), componentes de automóviles, productos para la conducción de fluidos, gases y de la electricidad (tales como la envoltura de cables, tuberías y conductos), y varios otros productos industriales y de consumo. La amplia variedad de usos residenciales, comerciales e industriales para las poliolefinas se ha traducido en una considerable demanda de poliolefinas como materia prima que se pueda extrudir, inyectar, soplar o conformar de otra forma en un producto o componente de consumo final.

En la producción de poliolefinas, los reactores de polimerización, que polimerizan los monómeros en poliolefinas, y las extrusoras, que convierten las poliolefinas en granulados de poliolefina, son típicamente componentes de los sistemas de polimerización que están sometidos a un funcionamiento en continuo. Sin embargo, a lo largo del proceso de poliolefinas se puede emplear una variedad de ambos sistemas en continuo y por lotes. Volviendo ahora a los dibujos, y haciendo referencia inicialmente a la Figura 1, un diagrama de bloques representa un proceso de fabricación ilustrativo 10 para producir poliolefinas, tal como un homopolímero, copolímero, y/o terpolímero de polietileno. Varios proveedores 12 pueden proporcionar las materias primas para el reactor 14 al sistema de fabricación 10 a través de tuberías, camiones, cilindros, o bidones. Los proveedores 12 pueden comprender instalaciones externas y/o in situ, que incluyen plantas de olefinas, refinerías y plantas de catalizadores. Ejemplos de posibles materias primas 14 incluyen monómeros y comonómeros de olefinas (tales como etileno, propileno, buteno, hexeno, octeno, y deceno), diluyentes (tales como propano, isobutano, n-hexano, y n-heptano), agentes de transferencia de cadena (tales como hidrógeno), catalizadores (tales como catalizadores de Ziegler, catalizadores de Ziegler-Natta, catalizadores de cromo y catalizadores de metaloceno), co-catalizadores (tales como alquilo de

trietilaluminio, trietilborano, y aluminóxano de metilo), y otros aditivos. En el caso del monómero de etileno, la materia prima de etileno ilustrativa se puede suministrar a través de la tubería a 56,2-101,9 atm (800-1.450 libras por pulgada cuadrada (psig)) a 7,2-18,3 °C (45-65 °F). La materia prima de hidrógeno ilustrativa también se puede suministrar a través de tuberías, pero a 63,2-75,3 atm (900-1.000 psig) a 32,2-43,3 °C (90-110 °F). Por supuesto, puede existir una variedad de condiciones de suministro para el etileno, el hidrógeno y para otras materias primas 14.

A. Sistema de alimentación

Los proveedores 12 típicamente proporcionan las materias primas 14 a un sistema de alimentación de reactor 16, donde se pueden almacenar las materias primas 14, tales como tanques de la alimentación y de almacenamiento del monómero, recipientes del diluyente, tanques del catalizador, y cilindros y tanques del co-catalizador. En el sistema de alimentación 16, las materias primas 14 se pueden tratar o procesar antes de su introducción como corrientes de alimentación 18 a los reactores de polimerización de un sistema de reactor 20. Por ejemplo, las materias primas 14, tales como el monómero, el comonómero, y el diluyente, se pueden enviar a través de lechos de tratamiento (por ejemplo, lechos de tamices moleculares, rellenos de aluminio, etc.) para eliminar venenos de catalizador en el sistema de alimentación 16. Tales venenos de catalizador pueden incluir, por ejemplo, agua, oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, y compuestos orgánicos que contienen azufre, oxígeno, o halógenos. El monómero y los comonómeros de olefinas se pueden líquidos, gaseosos, o un fluido supercrítico, dependiendo del tipo de reactor o de reactores dentro del sistema reactor 20 al que se están alimentando. Además, durante el funcionamiento, el sistema de alimentación 16 también puede almacenar, tratar, y medir el efluente reciclado del reactor para reciclarlo al sistema de reactor 20. De hecho, en funcionamiento el sistema de alimentación 16 generalmente recibe tanto la materia prima 14 como las corrientes efluentes del reactor recuperadas. Cabe señalar que típicamente sólo se usa una cantidad relativamente pequeña de diluyente de reposición fresco como materia prima 14, con una mayoría del diluyente alimentado al (a los) reactor(es) de polimerización recuperado del efluente del reactor.

El sistema de alimentación 16 también puede preparar o acondicionar otras materias primas 14, tales como catalizadores, para su adición a los reactores de polimerización. Por ejemplo, se puede activar un catalizador, como se describe a continuación, y luego mezclarlo con un diluyente (por ejemplo, isobutano o hexano) o con aceite mineral en los tanques de preparación del catalizador. Como se describió anteriormente, también se puede recuperar el catalizador del efluente del reactor. En total, las materias primas 14 y el efluente recuperado del reactor se procesan en el sistema de alimentación 16 y se alimentan como corrientes de alimentación 18 (por ejemplo, corrientes de monómero, comonómero, diluyente, catalizadores, co-catalizadores, hidrógeno, aditivos, o combinaciones de los mismos) al sistema del reactor 20. Además, el sistema de alimentación 16 se prevé para medir y controlar la velocidad de adición de las materias primas 14 en el sistema de reactor 20 para mantener la estabilidad deseada del reactor y/o para lograr las propiedades de la poliolefina o la tasa de producción deseadas.

B. Sistema de reactor

El sistema de reactor 20 puede tener uno o más tanques reactor, tales como reactores de fase líquida, reactores de fase gaseosa, o una combinación de los mismos. Los reactores múltiples se pueden disponer en serie, en paralelo, o en cualquier otra combinación o configuración adecuada. En los tanques reactor de polimerización, se polimerizan uno o más monómeros de olefinas para formar un producto que contiene las partículas de polímero, típicamente llamadas gránulos o copos. Los copos pueden poseer una o más propiedades en estado fundido, físicas, reológicas, y/o mecánicas de interés, tales como densidad, índice de fluidez (MI, del inglés melt index), caudal de fluidez (MFR, del inglés melt flowrate), contenido de copolímero o de comonómero, módulo, y cristalinidad. Las condiciones de reacción, tales como temperatura, presión, caudal, agitación mecánica, extracción de producto, concentraciones de componentes, y velocidad de producción del polímero, se pueden seleccionar para lograr las propiedades deseadas de los copos.

Además de los uno o más monómeros de olefinas, típicamente se añade al reactor un catalizador que facilita la polimerización del monómero. El catalizador se puede una partícula suspendida en el medio fluido dentro del reactor. En general, se pueden usar catalizadores de Ziegler, catalizadores de Ziegler-Natta, metalocenos y otros catalizadores de poliolefinas bien conocidos, así como co-catalizadores. Un ejemplo de un catalizador es un catalizador de óxido de cromo que contiene cromo hexavalente sobre un soporte de sílice. El aumento de la conversión del catalizador en el sistema de alimentación 16 también puede permitir un mayor potencial MI en el sistema de reactor 20.

Además de la materia prima 14 descrita anteriormente, se puede alimentar un diluyente a un reactor de fase líquida. El diluyente puede ser un hidrocarburo inerte que es un líquido o un fluido supercrítico en las condiciones de reacción, dependiendo de las propiedades deseadas de los copos del material polímero o de la suspensión. El diluyente puede incluir isobutano, propano, n-pentano, i-pentano, neopentano, n-hexano, ciclohexano, ciclopentano, metilciclopentano y etilciclohexano, o combinaciones de los mismos. El propósito del diluyente es generalmente suspender las partículas del catalizador y del polímero dentro del reactor. Cabe señalar que la temperatura y la presión dentro del reactor pueden afectar a las propiedades de solubilidad del diluyente. Por ejemplo, a determinadas temperaturas y/o presiones, el diluyente puede ser un líquido o un fluido supercrítico. De hecho, en

algunas realizaciones, el reactor se puede mantener a o por encima de una temperatura crítica, de una presión crítica, o de una combinación de ambas, del contenido del reactor. Por ejemplo, las condiciones del reactor pueden ser tales que el diluyente y la totalidad de los otros componentes de la polimerización (tales como las materias primas 14) dentro del reactor sean fluidos supercríticos. Bajo tales condiciones supercríticas, puede haber una ausencia substancial de una transición termodinámica entre la fase líquida y la fase gaseosa de los componentes de la polimerización. Las condiciones supercríticas a las que se mantiene uno o más reactores del sistema de reactor 20 pueden permitir velocidades de mezcla más altas, caudales más altos y una dispersión más rápida dentro del reactor en comparación con las condiciones en las que el diluyente es un líquido.

Como un ejemplo, en una implementación, el reactor puede usar propano como diluyente, y se puede hacer funcionar a o por encima del punto crítico del contenido total del reactor. Por consiguiente, por ejemplo, el diluyente de propano y otros componentes de la polimerización se mantienen como un fluido supercrítico. Cabe señalar que una variedad de factores puede afectar a la temperatura y presión crítica del contenido del reactor. Tales factores pueden incluir, pero no se limitan a las concentraciones relativas de los componentes de la polimerización, la cantidad de impurezas presentes dentro de los componentes de la polimerización, tales como la cantidad de hidrocarburos no ramificados en un diluyente de hidrocarburo ramificado, otros venenos de catalizador tales como agua, CO₂ y O₂. De este modo, puede ser deseable controlar la naturaleza del contenido del reactor para determinar si el reactor está funcionando en condiciones supercríticas. En otras realizaciones, el reactor se puede hacer funcionar en condiciones semi-supercríticas, tal como por debajo de la presión crítica, pero a o por encima de la temperatura crítica, o por debajo de la temperatura crítica pero por encima de la presión crítica del contenido del reactor.

En el sistema de reactor 20 puede estar presente un dispositivo motriz dentro del reactor. Por ejemplo, dentro de un reactor de fase líquida, tal como un reactor de suspensión de circuito cerrado, un impulsor puede crear una zona de mezcla turbulenta dentro del medio fluido. El impulsor puede estar accionado por un motor para propulsar el medio fluido, así como cualquier catalizador, copos de poliolefina, u otras partículas sólidas suspendidas dentro del medio fluido, a través del circuito cerrado del reactor. Del mismo modo, dentro de un reactor de fase gaseosa, tal como un reactor de lecho fluidizado o un reactor de flujo pistón, se pueden usar una o más paletas o agitadores para mezclar las partículas sólidas dentro del reactor.

C. Tratamiento de efluentes y recuperación del alimento

Una descarga 22 de los reactores dentro del sistema reactor 20 puede incluir los copos de material polímero así como los componentes no poliméricos, tales como el diluyente, el monómero/comonómero que no ha reaccionado, y el catalizador residual. Después de abandonar el sistema reactor 20, la descarga 22 se puede procesar posteriormente, tal como mediante un sistema de tratamiento de efluentes 24, para separar los componentes no poliméricos 26 (por ejemplo, el diluyente, el monómero sin reaccionar, y el catalizador) de los copos de polímero 28.

Los componentes no poliméricos recuperados 26 se pueden procesar, tal como mediante un sistema de fraccionamiento 30, para eliminar los componentes pesados y ligeros no deseados. Las corrientes de producto fraccionado 32 luego se pueden devolver al sistema reactor 20 a través del sistema de alimentación 16. Además, alguno o la totalidad de los componentes no poliméricos 26 se pueden reciclar más directamente al sistema de alimentación 16 a través de una corriente de producto no fraccionado 34, sin pasar por el sistema de fraccionamiento 30. Además, en algunas realizaciones, el sistema de fraccionamiento 30 puede realizar el fraccionamiento de las materias primas 14 antes de su introducción en el sistema de alimentación 16. Por ejemplo, los componentes monoméricos se pueden separar de los componentes del diluyente, de tal modo que uno cualquiera o una combinación de componentes de la polimerización se pueden alimentar de forma controlada al sistema reactor 20.

Los copos de polímero 28 se pueden procesar adicionalmente dentro del sistema de tratamiento de efluentes 24 y/o en un sistema de extrusión/carga 36, tal como se describe a continuación. Aunque no se ilustra, los gránulos de polímero y/o el intermedio de catalizador residual activo presente en el sistema de tratamiento de efluentes 24 se pueden devolver al sistema reactor 20 para su polimerización adicional, tal como en un tipo de reactor diferente o bajo condiciones diferentes de reacción.

D. Sistema de extrusión/carga

En el sistema de extrusión/carga 36, los copos del polímero 28 típicamente se extruden para producir gránulos de polímero 38 con las características mecánicas, físicas y de fusión deseadas. La alimentación de la extrusora puede contener aditivos, tales como inhibidores de UV y peróxidos, que se añaden a los copos de polímero 28 para impartir las características deseadas a los gránulos de polímero extrudido 38. Una extrusora/granuladora dentro del sistema de extrusión/carga 36 recibe la alimentación de la extrusora, que contiene los copos de polímero 28 y cualesquiera que sean los aditivos que se han añadido. La extrusora/granuladora caliente y funde la alimentación de la extrusora que luego se puede extrudir (por ejemplo, a través de una extrusora de doble husillo) a través de un troquel formador de gránulos del sistema de extrusión/carga 36 bajo presión para formar los gránulos de poliolefina 38. Tales gránulos 38 se pueden enfriar en un sistema de agua dispuesto en o cerca de la descarga de la extrusora/granuladora.

En general, los gránulos de poliolefina entonces se pueden transportar a una zona de carga de producto donde los gránulos se pueden almacenar, mezclar con otros gránulos, y/o cargar en vagones de ferrocarril, camiones, y bolsas para su distribución a los clientes 40. En el caso del polietileno, los gránulos 38 enviados a los clientes 40 pueden incluir polietileno de baja densidad (LDPE, del inglés low density polyethylene), polietileno lineal de baja densidad (LLDPE, del inglés lineal low density polyethylene), polietileno de densidad media (MDPE, del inglés medium density polyethylene), polietileno de alta densidad (HDPE, del inglés high density polyethylene), y polietileno mejorado. Los distintos tipos y grados de gránulos de polietileno 38 se pueden comercializar, por ejemplo, bajo los nombres de marca polietileno Marlex® o polietileno MARFLEX™ de Chevron-Phillips Chemical Company, LP, de The Woodlands, Tejas, EE.UU.

La partes de la polimerización y del tratamiento de efluentes del proceso de fabricación de poliolefinas 10 se pueden llamar extremo "húmedo" 42 o zona de "reacción" del proceso 10, mientras que la parte de extrusión/carga del proceso de poliolefinas 10 se puede llamar extremo "seco" 44 o lado "de acabado" del proceso de poliolefinas 10.

E. Clientes, aplicaciones y usos finales

Los gránulos de poliolefina (por ejemplo, polietileno) producidos 38 se pueden usar en la fabricación de una variedad de productos, componentes, artículos para el hogar y otros artículos, que incluyen adhesivos (por ejemplo, aplicaciones de adhesivos de fusión en caliente), cable e hilo eléctrico, películas agrícolas, película retráctil, película de estiramiento, películas de envasado de alimentos, envase flexible para alimentos, recipientes de leche, envases para alimentos congelados, revestimientos de latas y cubos, bolsas, sacos para cargas pesadas, botellas de plástico, equipo de seguridad, revestimientos, juguetes y una variedad de contenedores y productos de plástico. En última instancia, los productos y componentes formados a partir de los gránulos 38 se pueden procesar adicionalmente y ensamblarse para su distribución y venta al consumidor. Por ejemplo, una botella de polietileno para leche se puede llenar con leche para su distribución al consumidor, o el depósito de combustible se puede montar en un automóvil para su distribución y venta al consumidor.

Para formar los componentes o productos finales a partir de los gránulos 38, los gránulos 38 generalmente se someten a un procesamiento adicional, tal como moldeado por soplado, moldeado por inyección, moldeado por moldes giratorios, película soplada, película colada, extrusión (por ejemplo, extrusión en láminas, de tuberías y de corrugados, extrusión de laminado/revestimiento). El moldeado por soplado es un proceso usado para producir piezas de plástico huecas. El proceso típicamente emplea equipos de moldeado por soplado, tales como máquinas de tornillo de movimiento alternativo, o máquinas de cabezal de acumuladores. El proceso de moldeado por soplado se puede adaptar para satisfacer las necesidades del cliente, y para fabricar productos que varían desde las botellas de plástico para leche a los tanques de combustible para automóviles antes mencionados. Del mismo modo, en el moldeado por inyección, los productos y componentes se pueden moldear para una amplia gama de aplicaciones, que incluyen recipientes, envases para alimentos y productos químicos, juguetes, automoción, cajas, tapas y cierres.

También se pueden usar los procesos por extrusión. La tubería de polietileno, por ejemplo, se puede extrudir a partir de resinas de gránulos de polietileno y se usa en una variedad de aplicaciones debido a las ventajas de su resistencia química, relativa facilidad de instalación, durabilidad y costes. De hecho, las tuberías de plástico de polietileno han logrado un uso significativo para las redes de agua, la distribución de gas, las redes de alcantarillado de saneamiento y de escurritía, las tuberías para interiores, las conducciones eléctricas, los conductos de energía y de comunicaciones, las tuberías de agua helada o para los recubrimiento de pozos. En particular, el polietileno de alta densidad (HDPE), que generalmente constituye el volumen más grande del grupo de las poliolefinas de plásticos usados para tubos, es duro, resistente a la abrasión y flexible (incluso a temperaturas bajo cero). Además, el tubo de HDPE se puede usar en tuberías de pequeño diámetro y en tubos de hasta más de 8 pies de diámetro. En general, los gránulos de polietileno (resinas) se pueden suministrar a los mercados de tuberías de presión, tales como en la distribución del gas natural, y para los mercados de tuberías sin presión, tales como para conducto y tubería corrugada.

El moldeado en moldes giratorios es un proceso de baja presión y alta temperatura usado para formar partes huecas a través de la aplicación de calor a moldes que giran biaxialmente. Las resinas de gránulos de polietileno generalmente aplicables en este proceso son aquellas resinas que fluyen juntas en ausencia de presión cuando se funden para formar una pieza libre de burbujas. Los gránulos 38, tales como ciertas resinas MDPE y HDPE Marlex®, ofrecen tales características de flujo, así como una amplia ventana de procesamiento. Además, estas resinas de polietileno adecuadas para el moldeado en moldes giratorios pueden exhibir una deseable resistencia al impacto a baja temperatura, buenas propiedades de soporte de carga, y una buena estabilidad a la luz ultravioleta (UV). Por consiguiente, aplicaciones para las resinas Marlex® de moldeado por rotación incluyen tanques agrícolas, tanques para agentes químicos industriales, tanques para almacenamiento de agua potable, contenedores de residuos industriales, equipos de recreo, productos marinos, además de muchos más.

La extrusión en lámina es una técnica para fabricar láminas de plástico planas a partir de una variedad de resinas de gránulos 38. Las láminas de calibre relativamente delgado generalmente se termo-forman en aplicaciones para embalaje, tales como tazas para bebidas, envases para delicatessen, bandejas para productos, recipientes de toallitas para bebe y envases para margarina. Otros mercados para el moldeado por extrusión en lámina de las poliolefinas incluyen los que usan láminas relativamente gruesas para aplicaciones industriales y recreativas, tales

como revestimientos para camión, palets, material para embalaje para el sector del automóvil, equipamiento recreativo, y barcos. Un tercer uso para la lámina extruida, por ejemplo, es en las geo-membranas, donde el material de polietileno en forma de lámina plana se suelda en grandes sistemas de contención para aplicaciones de minería y de eliminación de residuos municipales.

5 El proceso de película soplada es un sistema de conversión relativamente diverso usado para el polietileno. La American Society for Testing and Materials (ASTM) define películas como menos de 0,254 milímetros (10 milésimas de pulgada) de espesor. Sin embargo, el proceso de película soplada puede producir materiales tan gruesos como 0,5 milímetros (20 milésimas de pulgada), y más gruesos. Por otra parte, el moldeado por soplado en conjunto con las tecnologías de coextrusión monocapa y/o multicapa proporciona la base para varias aplicaciones. Propiedades
10 ventajosas de los productos de moldeado por soplado pueden incluir su claridad, resistencia, capacidad de desgarro, propiedades ópticas, y tenacidad. Las aplicaciones pueden incluir envases para alimentos y de venta al por menor, envase industrial, y aplicaciones no relacionadas con el envasado, tales como películas agrícolas y películas para higiene.

15 El proceso de película colada puede diferir del proceso de película soplada por el rápido enfriamiento y la virtual capacidad de orientación unidireccional. Estas características permiten que una línea de película colada, por ejemplo, pueda funcionar a mayores velocidades de producción, mientras se producen ópticas beneficiosas. Las aplicaciones en los envases para alimentos y de venta al por menor se aprovechan de estas resistencias. Finalmente, los gránulos de poliolefina 38 también se pueden suministrar para la industria del revestimiento por extrusión y de laminación.

20 II.- Control de la presión de reactores múltiples de polimerización

Los gránulos 38 se pueden conformar usando una amplia variedad de técnicas tales que los productos resultantes exhiban características que se consideran deseables para algunas de las aplicaciones antes mencionadas. Por ejemplo, en algunos casos, los gránulos 38 se pueden multimodales. Es decir, los gránulos 38 pueden exhibir una amplia gama de características que resultan de la combinación de uno o más procesos de polimerización. Para citar
25 unos pocos ejemplos, los polímeros bimodales a menudo tienen éxito en diversas aplicaciones de tuberías, así como en envases para alimentos, en el moldeado por soplado y en la laminación. De hecho, los polímeros bimodales tienen muchos usos en donde el procesamiento de un polímero consiste en el moldeado y la extrusión.

Los métodos para producir gránulos bimodales pueden implicar un proceso en donde se polimeriza un primer monómero o monómeros, bajo un conjunto dado de condiciones, para producir un primer polímero. Típicamente, el
30 primer polímero que se produce es una partícula sólida de polímero que se suspende en un líquido o diluyente supercrítico, lo que forma una primera suspensión. La primera suspensión también puede contener al primer monómero o monómeros sin reaccionar, y al catalizador usado originalmente para polimerizar al primer monómero, además de diversos aditivos (por ejemplo, co-catalizadores, activadores, agentes reductores). Para eliminar la primera suspensión producida por el primer reactor, algunas de las técnicas existentes prevén para la primera
35 suspensión a eliminar el uso de bifurcaciones de sedimentación dispuestas a lo largo de la longitud del primer reactor. Por ejemplo, en un reactor de circuito cerrado, las bifurcaciones de sedimentación pueden estar dispuestas a lo largo de una o más de las longitudes horizontales del reactor de circulación cerrada y/o en los codos inferiores del reactor. Una vez que las bifurcaciones de sedimentación están llenas, se abre una válvula lo que permite que se retire la primera suspensión.

40 La formación del polímero bimodal puede requerir que se forme un segundo polímero en un segundo reactor de polimerización separado, donde se introduce una suspensión de transferencia (es decir, la primera suspensión retirada) junto con un segundo monómero, que puede o no puede ser el mismo que el primer monómero. Por ejemplo, el primer monómero se puede etileno, mientras que el segundo se puede butileno o propileno. En algunas realizaciones, ambos monómeros pueden ser etileno. Sin embargo, el segundo monómero se polimeriza para formar
45 un segundo polímero, que se puede incorporar con el primer polímero. El segundo polímero se puede producir de una manera tal que incorpore diferentes aditivos y/o muestre un conjunto diferente de propiedades al del primer polímero. De hecho, el segundo reactor de polimerización puede tener un diferente conjunto de catalizadores, monómeros, aditivos, co-catalizadores, diluyentes, y condiciones de reacción al del primer reactor de polimerización, lo que permite la producción de polímeros con diferencias de sutiles a drásticas. Por ejemplo, en algunas
50 realizaciones, puede ser deseable que el primer polímero y el segundo polímero, producidos a partir del mismo monómero, tengan diferentes densidades, o de tal manera que el primer polímero (poliolefina) tenga una primera distribución de peso molecular que difiera de una segunda distribución de peso molecular del segundo polímero. Las distribuciones de pesos moleculares se pueden considerar diferentes en realizaciones donde las distribuciones se miden mediante los pesos moleculares promedios, o mediante sus respectivas relaciones de peso molecular promedio en peso a peso molecular promedio en número (M_w/M_n), y las mediciones son diferentes por lo menos en 5
55 %, 10 %, 15 %, 20 % o más.

Al igual que con la primera suspensión, el primero y segundo polímero se pueden suspender por un diluyente líquido o supercrítico como parte de una segunda suspensión. Las técnicas existentes, como antes, pueden prever que la
60 segunda suspensión se elimine mediante bifurcaciones de sedimentación dispuestas a lo largo de la longitud del segundo reactor (mucho en la manera en que se retira la primera suspensión del primer reactor). Típicamente, las

bifurcaciones de sedimentación están dispuestas próximas a un impulsor y/o a una tangente de una curvatura del reactor. La posición de las bifurcaciones de sedimentación generalmente se elige de tal manera que la suspensión que se captura por las bifurcaciones de sedimentación haya tenido un tiempo de residencia suficiente en el reactor para producir una poliolefina con las propiedades deseadas.

5 Generalmente, las características usadas para introducir la primera suspensión del primer reactor de polimerización en el segundo reactor de polimerización pueden permitir que los dos reactores (aunque puede haber más de dos reactores) estén conectados en serie, por ejemplo, para aumentar el rendimiento. En algunos sistemas ya existentes, la primera suspensión se puede hacer pasar a través de una de las varias bifurcaciones de sedimentación y de una válvula de extracción de producto (PTO, del inglés product take-off) en una línea de derivación. Las válvulas PTO se pueden disparar (abrir) como resultado de superar un umbral de presión, permitiendo así que la suspensión pase a través de la línea. En algunos sistemas tradicionales, la línea de derivación se inicia en el segundo reactor, forma un circuito cerrado bajo las bifurcaciones de sedimentación del primer reactor y válvulas PTO, y regresa al segundo reactor. De esta manera, un diferencial de presión suministrado mediante una bomba dispuesta en el segundo reactor puede suministrar la fuerza motriz para hacer circular algo de la suspensión del segundo reactor a través de la línea. A medida que la suspensión del segundo reactor circula a través de la línea, ésta incorpora la suspensión del primer reactor siempre que esté abierta una válvula PTO. A menudo, con el fin de facilitar la transferencia de la suspensión de transferencia en el segundo reactor, se hace funcionar el primer reactor a una presión más alta. Dicho diferencial de presión típicamente se crea usando un punto de consigna en las válvulas PTO mayor que la presión del segundo reactor. El diferencial de presión también puede servir para inducir una velocidad de la suspensión a través de la línea, de tal manera que no precipiten los sólidos de la suspensión. De este modo, la línea de derivación de los sistemas existentes puede tener una velocidad de suspensión de aproximadamente 7 metros por segundo y usa aproximadamente el 10 por ciento del flujo total de la suspensión en el segundo reactor.

Las bifurcaciones de sedimentación a menudo se emplean en los sistemas tradicionales debido a su capacidad, como su nombre implica, para permitir la sedimentación por gravedad en varias posiciones dentro de un reactor, lo que puede tener como resultado una suspensión con una concentración promedio de sólidos mayor que la concentración promedio de sólidos de la suspensión restante que fluye en el reactor. De este modo, como a menudo es deseable para la formación de un polímero multimodal usando procesos continuos, las suspensiones que se retiran de las bifurcaciones de sedimentación típicamente alcanzan una concentración promedio de sólidos de más del 37 por ciento. Sin embargo, a pesar del éxito internacional de los procesos continuos similares, con miles de millones de libras de polímeros basados en etileno así producidas, ahora se reconoce que las bifurcaciones de sedimentación actualmente presentan dificultades asociadas con el funcionamiento en continuo y con el aumento de escala de los reactores de polimerización. Por ejemplo, la imposición de una técnica por "lotes", tal como el uso de las bifurcaciones de sedimentación en un proceso en continuo puede afectar al rendimiento de un sistema. Cada vez que una bifurcación de sedimentación libera suspensión (por ejemplo, una válvula PTO que se abre), se perturba el flujo de la suspensión en ambas partes aguas arriba y aguas abajo del reactor, aumentando el riesgo de ensuciamiento del reactor y/o de producto fuera de especificaciones. Además, las bifurcaciones de sedimentación, comúnmente conocidas en la técnica por ser de 15,27 a 20,3 cm (6 a 8 pulgadas) de diámetro, requieren un mantenimiento frecuente debido a las grandes válvulas y a los cierres herméticos necesarios para el adecuado funcionamiento del sistema. De hecho, el diámetro de los reactores típicos, comúnmente conocidos en la técnica por ser de 50,8 a 76,2 cm (20 a 30 pulgadas), y no permiten las técnicas verdaderas de extracción en continuo que usan cilindros o bifurcaciones de sedimentación con dimensiones similares, ya que pueden drenar eficazmente el reactor y no permitir un suficiente tiempo de residencia de la suspensión que circula.

Las técnicas actuales que emplean bifurcaciones de sedimentación intentan alcanzar el comportamiento de tipo continuo de los sistemas mediante el uso de múltiples bifurcaciones de sedimentación, de tal manera que se minimice el tiempo entre cada abertura de una bifurcación de sedimentación (por ejemplo, una válvula PTO que se abre). En otras palabras, cuantas más bifurcaciones de sedimentación se emplean en un proceso, el proceso más puede llegar a ser del tipo continuo, al menos en teoría. Sin embargo, en la práctica, ahora se reconoce que, debido a las relativamente grandes dimensiones de cada bifurcación de sedimentación y al gran tamaño de los reactores a escala mundial, el número de bifurcaciones de sedimentación necesarias comienza rápidamente a exceder el espacio físico disponible en un reactor dado. De por sí, ahora se reconoce que puede ser deseable la utilización de otras características distintas a las bifurcaciones de sedimentación para los procesos de polimerización en continuo, en particular aquellos que emplean una pluralidad de reactores en serie o en paralelo, o una combinación de ambos. Tales características pueden usar una o más extracciones en continuo (CTO del inglés, continuous take-off) en un número de técnicas. Ahora se reconoce que los dispositivos CTO proporcionan un número de ventajas sobre las bifurcaciones de sedimentación, que incluyen un menor número de válvulas y bridas en un sistema reactor, más pequeñas líneas de transferencia entre los reactores en serie, un menor número de líneas obstruidas, y un más sencillo sistema de tuberías. Además, los dispositivos CTO también pueden eliminar la necesidad de una línea de derivación.

60 A. Reactores en serie que usan dispositivos CTO

Haciendo referencia ahora a la Figura 2, se muestra una realización de un sistema de polimerización en serie 100 que emplea dos reactores de polimerización en serie usando dispositivos CTO. En otras realizaciones, se pueden

incluir reactores adicionales de polimerización en serie o en paralelo. Durante el funcionamiento del sistema 100, un primer reactor 102 produce una suspensión que, por encima de ciertas presiones de funcionamiento, se retira de forma continua a través de un dispositivo CTO 104. En algunas realizaciones, el dispositivo CTO 104 puede contener un número de válvulas (por ejemplo, 2) que están configuradas para modular la extracción y el flujo de la suspensión del primer reactor 102. Las válvulas pueden ser, como se muestra en la realización ilustrada, una válvula de tipo "pistón" 106 y una válvula de bola conformada en v 108. La válvula de pistón 106 del dispositivo CTO 104 puede o no puede tener una extensión en el primer reactor 102 y puede o no puede estar en ángulo para mejorar la extracción de los sólidos, dependiendo de la colocación del dispositivo CTO 104 en el reactor 102 y de las características deseadas de la suspensión retirada. Un dispositivo CTO se puede referir como un "concentrador de sólidos" porque el funcionamiento de un dispositivo CTO puede tener como resultado una concentración promedio de sólidos superior de una suspensión retirada con respecto a la concentración promedio de sólidos de la suspensión que circula en el reactor 102. Además, algunos dispositivos CTO (concentradores de sólidos), como se ha señalado anteriormente, pueden tener extensiones en la suspensión que circula dentro del reactor para mejorar la extracción de sólidos y la concentración de sólidos. A continuación se describen con más detalles tales realizaciones de la extensión. En algunas realizaciones, la válvula de pistón 106 puede estar orientada a un ángulo entre 15 a 60 grados (por ejemplo, de 30 a 45 grados) de la perpendicular a la tangente sobre el radio exterior de un codo del primer reactor 102 y estar inclinada en el ángulo de orientación en la dirección hacia el flujo aguas abajo de la suspensión. El dispositivo CTO 104 puede dirigir, usando la válvula de pistón 106, una parte de la suspensión para que salga del primer reactor 102 como una suspensión de transferencia. El dispositivo CTO 104 puede entonces controlar, usando la válvula de bola conformada en v 108, el flujo de la suspensión de transferencia a través de un conducto (por ejemplo, una línea de transferencia) 110 que acopla de manera fluida el primer reactor 102 con un segundo reactor 112. Un extremo de la línea de transferencia 110 puede acoplarse al segundo reactor 112 a través de, por ejemplo, una válvula de pistón 114 para permitir que la suspensión entre en el segundo reactor 112. En algunas realizaciones, la válvula de pistón 114 (o punto de entrada) en el segundo reactor 112 está en el lado superior de la sección reactor de circuito cerrado o en la parte interior de un codo del segundo reactor 112 de tal modo que se minimizan los sólidos en la zona de entrada al segundo reactor 112. En tal configuración, esto puede reducir la obturación en situaciones de bajo flujo, ausencia de flujo o flujo inverso. En funcionamiento, la introducción de la suspensión de transferencia desde el primer reactor 102 al segundo reactor 112 facilita la producción de una segunda suspensión dentro del segundo reactor 112, que se puede retirar de manera continua a través de un dispositivo CTO 116 (que también contiene una válvula de pistón 118 y en algunas realizaciones una válvula de bola conformada en v 120) que conduce a un aparato de evaporación súbita en línea 122. Durante el funcionamiento, el aparato de evaporación súbita en línea 122 puede separar un medio líquido de la segunda suspensión de un producto polimero de la segunda suspensión. El medio líquido se puede entonces reciclar y dirigirse de vuelta, a través de la línea de recirculación 124, al primer reactor 102 o, en algunas realizaciones, al segundo reactor 112 para su uso en el proceso de polimerización en continuo. Además, las líneas de alimentación de monómero/comonómero, diluyente de reposición, y de catalizador 126 se pueden alimentar a la línea de recirculación 124 que va desde el aparato de evaporación súbita en línea 122 al primer reactor 102.

Para aumentar la eficacia del proceso de polimerización en continuo, en algunas realizaciones, el dispositivo CTO 104 puede estar colocado y orientado de forma precisa para aumentar la concentración de sólidos de la suspensión retirada del primer reactor 102 y se puede referir como un concentrador de sólidos, tal como se señaló anteriormente. En algunas de estas realizaciones, como se muestra en la Figura 2, el dispositivo CTO 104 puede tener la válvula de pistón 106 colocada sobre una curvatura del primer reactor 102. En algunas realizaciones, la válvula de pistón 106 (y de este modo el dispositivo CTO 104) puede estar dispuesta sobre el primer reactor 102 en un segmento aguas abajo del primer reactor. En estos casos, puede ser deseable que el dispositivo CTO 104 se coloque delante de un dispositivo motriz 128 que, durante el funcionamiento, sirva para hacer circular y mezclar el grueso de la suspensión dentro del primer reactor 102. La colocación de la válvula de pistón 106 de esta manera puede permitir al dispositivo CTO 104 recoger la suspensión de un estrato del grueso de la suspensión que circula que tiene una concentración relativamente más alta de sólidos, sustancialmente sin el uso de sedimentación por gravedad. Por ejemplo, en algunas realizaciones, a determinadas velocidades de circulación, la suspensión puede mostrar estratos con diferentes concentraciones de sólidos de la concentración promedio de sólidos presente en el primer reactor global 102 y/o en el segundo reactor 112. En algunos de estos casos, los estratos son el resultado de la combinación de la gravedad y de la disminución de la velocidad de la suspensión. Es decir, a una menor velocidad de circulación de la suspensión, las partes más pesadas de la suspensión (por ejemplo, los sólidos) se pueden transportar a lo largo de una parte de la suspensión próxima a una superficie inferior del primer reactor 102 (y/o del segundo reactor 112), mientras que las partes más ligeras (es decir, el diluyente y las pequeñas partículas) se transportan a lo largo de una parte de la suspensión distal de la superficie inferior del primer reactor 102 (y/o del segundo reactor 112). Sin embargo, mientras que la estratificación puede ser al menos parcialmente un resultado de la gravedad, hay que señalar que no se permite que los sólidos sedimenten, como con los sistemas convencionales que incorporan PTOs. Por consiguiente, el dispositivo CTO 104, dispuesto y orientado con precisión y con la válvula de pistón 106 con una extensión en el primer reactor 102, puede ser particularmente ventajoso en determinadas realizaciones de funcionamiento del sistema 100 al limitar la cantidad de materiales (por ejemplo, diluyente, monómero y co-monómero sin reaccionar) diferentes al producto poliolefina (es decir, sólidos) presentes dentro de la suspensión retirada (transferida).

En realizaciones donde la válvula de pistón 106 tiene una extensión en el primer reactor 102, la extensión puede extenderse dentro de la suspensión que fluye próxima a una superficie inferior del primer reactor 102. En tales realizaciones, la extensión puede ser una protuberancia de la válvula de pistón 106, de manera tal que los sólidos dentro del flujo de la suspensión que fluyen a través del reactor 102, se pueden poner en contacto con la protuberancia y ser recogidos en la superficie de la protuberancia que está orientada hacia la dirección del flujo de la suspensión. Por consiguiente, los sólidos recogidos se pueden retirar a través de la válvula de pistón 106, teniendo la suspensión una concentración de sólidos mayor que la concentración promedio de sólidos de la suspensión que fluye a través del reactor 102. De este modo, en la medida que los dispositivos CTO con tales extensiones aumentan las concentraciones de sólidos en las suspensiones retiradas, un dispositivo CTO con una protuberancia en la suspensión que circula dentro del reactor también se puede referir como un concentrador de sólidos. En algunas realizaciones, la protuberancia puede ser una protuberancia curva, tal como una pala, que permite la recogida eficaz de los sólidos.

En la medida que la extensión y la válvula de pistón 106 permiten a la suspensión retirada que tenga una mayor concentración de sólidos que la concentración promedio de sólidos de la suspensión que circula dentro del primer reactor 102, la extensión (protuberancia) y la válvula de pistón 106 se pueden considerar como un concentrador de sólidos. Además, debe tenerse en cuenta que el segundo reactor 112 también puede incluir uno o más concentradores de sólidos. Por ejemplo, la válvula de pistón 118 puede tener una extensión o protuberancia en la suspensión que circula dentro del segundo reactor 112. De este modo, cabe señalar que mientras que la extensión de la válvula de pistón 106 en el primer reactor 102 se discute actualmente en el contexto de la retirada de la suspensión del primer reactor 102, las realizaciones descritas en el presente documento son sustancialmente igualmente aplicables a la retirada de suspensión del segundo reactor 112. Como tal, la suspensión retirada del segundo reactor 112 puede tener una concentración de sólidos mayor que la concentración promedio de sólidos que circula dentro del segundo reactor 112 debido a la presencia de uno o más concentradores de sólidos.

En otra realización, la válvula de pistón 106 puede tener una extensión en la forma de un tubo que se extiende en la suspensión que fluye a través del reactor 102. En esta realización, el tubo puede estar curvado hacia el flujo de la suspensión que circula a través del reactor con una abertura para recibir una parte de la suspensión. En una realización según este aspecto, la extensión puede estar dispuesta cerca de una superficie exterior (por ejemplo, una superficie inferior) del reactor 102 y de ese modo recoger los sólidos de un estrato que contiene un mayor contenido de sólidos que el contenido promedio de sólidos de la suspensión global que circula a través el reactor 102. En algunas de estas realizaciones, la abertura puede ser de forma ovalada o en forma de pala.

Por consiguiente, en algunas configuraciones que usan un aspecto de la técnica actual, un reactor de polimerización puede producir un polímero con un alto peso molecular y una baja densidad y el otro reactor de polimerización puede producir un polímero con peso molecular inferior y una densidad mayor. Cabe señalar que la técnica actual proporciona, ya sea para el primer reactor 102 o para el segundo reactor 112 llevar a cabo cualquiera de las tareas anteriores. Sin embargo, por simplicidad, en el presente documento se describe una realización particular. Por ejemplo, en una realización, el primer reactor 102 puede producir polietileno de alto peso molecular al usar cantidades relativamente altas de reactivos en base a líquidos (por ejemplo, 1-hexeno) y bajas cantidades de agente de transferencia de cadena de hidrógeno. En algunas de estas realizaciones, la primera suspensión en el primer reactor 102 puede tener niveles relativamente bajos de etileno monómero (por ejemplo, 0,5 a 5,0 % en peso, ó 0,5 % en peso, ó 1,0 % en peso, ó 1,5 % en peso, ó 3,0 % en peso) y concentraciones relativamente altas de 1-hexeno (por ejemplo, 3 % en peso a 12 % en peso, ó 4 % en peso), que pueden producir un polímero de alto peso molecular con una baja densidad de polímero. Sin embargo, puede ser igualmente deseable producir un polímero de menor peso molecular con una alta densidad en el segundo reactor 112 y limitar sustancialmente la cantidad de 1-hexeno presente mientras se tienen altas cantidades de hidrógeno en el segundo reactor 112. Por ejemplo, el contenido de monómero en el segundo reactor 112 puede estar entre 3 % en peso y 12 % en peso (por ejemplo, 4, 4,5, 5, 6, 7, 8, 9, ó 10 % en peso). De hecho, el dispositivo CTO 104 puede servir para limitar sustancialmente la cantidad de 1-hexeno transferida al segundo reactor 112 al retirar una suspensión con un alto contenido de sólidos (es decir, un bajo contenido de 1-hexeno), facilitando así la producción de un polímero de alta densidad y menor peso molecular en el segundo reactor 112. Por supuesto, al facilitar la producción de polímeros con las características deseables, el proceso multimodal general puede beneficiarse del uso de dispositivos CTO.

B. Diseño de la línea de transferencia-CTO

Además, el uso de la válvula de pistón 106 como una válvula de salida del primer reactor 102 puede proporcionar la ventaja de un menor riesgo de ensuciamiento del reactor. Esto se puede deber a un modo de funcionamiento de la válvula de pistón 106, donde la entrada de la línea de transferencia 110 puede permanecer abierta y no obturarse debido al mecanismo "obturante" de la válvula 106 cuando ésta se cierra periódicamente. La válvula de pistón 106, en una realización, proporciona la ventaja sobre otros tipos de válvulas que en otras válvulas, tales como las válvulas de bola, permiten a una parte de la línea 110 mantenerse abierta al reactor de polimerización 102, y esto requeriría una limpieza en continuo mediante arrastre con diluyente para evitar el ensuciamiento del reactor. En una realización adicional, la válvula de pistón 106 puede estar automatizada. Si durante el curso del funcionamiento se detecta una fuga u otro factor de funcionamiento negativo por un sensor (tal como un sensor de presión 130 y/o un sensor de flujo 132), la válvula de pistón 106 se puede cerrar mediante un controlador en comunicación con el sensor, tal como un sistema de control distribuido (DCS, del inglés distributed control system) 134, el cual a su vez

puede aislar sustancialmente el primer reactor 102 de la línea de transferencia 110 y del segundo reactor 112. La automatización de las válvulas de pistón dentro del sistema 100 también puede permitir otras condiciones deseables de funcionamiento, tales como el funcionamiento en paralelo al cerrar ambos extremos de la línea de transferencia 110, a la vez de aislar el primer reactor 102, la línea de transferencia 110 y el segundo reactor 112 del otro. A continuación se describen realizaciones y técnicas adicionales relativas a las operaciones en paralelo.

Como se discutió anteriormente, la línea de transferencia 110 puede facilitar la transferencia de la suspensión producida en el primer reactor 102 al segundo reactor 112 a través de la válvula de pistón 106. Para evitar la precipitación salina del sólido de la suspensión de transferencia dentro de la línea de transferencia 110, se puede mantener una velocidad mínima de tal manera que la velocidad sea suficiente para suspender a las partículas dentro del diluyente. Por consiguiente, para evitar potencialmente la obturación de la línea de transferencia 110 y el ensuciamiento del sistema reactor 100, el diseño de un sistema de polimerización multimodal CTO, como el representado por el sistema 100, puede permitir una alta velocidad del flujo de la suspensión de transferencia a través de la línea de transferencia 110. En el diseño de tales sistemas, puede ser útil predeterminar la velocidad adecuada para prevenir la precipitación salina dentro de la línea de transferencia 110. Por consiguiente, en algunos aspectos, la velocidad adecuada para evitar precipitación salina dentro de la línea de transferencia 110 se puede modelar, teniendo en cuenta la concentración de los sólidos, el tamaño de partícula, y las dimensiones del conducto, entre otros parámetros, usando las ecuaciones conocidas en la técnica (por ejemplo, la ecuación de Durand, la ecuación de Darcy, y las modificaciones de las mismas).

De hecho, para alcanzar una velocidad deseada a través de la línea de transferencia 110, diversas consideraciones de diseño pueden incluir la longitud y el diámetro de la línea de transferencia 110, así como las dimensiones (por ejemplo, longitud y diámetro) de cada reactor. Según las presentes realizaciones, al usar los dispositivos CTO para facilitar el flujo de la suspensión a través de la línea de transferencia 110, pueden ser posibles distancias más largas entre cada reactor en comparación con otras técnicas, tales como las que usan válvulas de extracción por presión y/o bifurcaciones de sedimentación. De hecho, las mayores velocidades de flujo y la mayor caída de presión ofrecida por los dispositivos CTO pueden permitir velocidades suficientes para las suspensiones de transferencia, incluso en longitudes de línea de transferencia que sobrepasan aproximadamente 30,48 m (100 pies), 60,96 m (200 pies), 91,44 m (300 pies), 121,92 m, (400 pies) o más. Cabe señalar, sin embargo, que las dimensiones apropiadas de la línea de transferencia 110 pueden depender del tamaño de cada reactor y de la distancia horizontal entre los reactores.

En algunas realizaciones, la distancia total que recorre la suspensión de transferencia entre el primer reactor 102 y el segundo reactor 112 puede ser una consideración de diseño al determinar una velocidad adecuada de la suspensión de transferencia y su relación con la longitud de la línea de transferencia 110. Además, la longitud de la línea de transferencia 110 puede no ser necesariamente igual a la longitud horizontal que separa al primer reactor 102 y al segundo reactor 112. Para abarcar una longitud horizontal de, por ejemplo, a 30,48 m (100 pies), la línea de transferencia 110 puede tener aproximadamente 67,06 m (220 pies), 134,11 m (440 pies) o más de longitud de línea, al tener en cuenta los codos, curvas, circuitos cerrados, y curvaturas de la línea de transferencia 110. En otras palabras, el fluido que fluye a través de la línea de transferencia 110 recorrería una distancia de aproximadamente 67,06 m (220 pies), 134,11 m (440 pies) o más a través de la tubería con el fin de pasar entre los reactores 102, 112, que pueden estar espaciados a 30,48 m (100 pies) de distancia.

La longitud real de línea (por ejemplo, los 73,15 m (240 pies), 134,11 m (440 pies) o más) se puede referir como la "longitud equivalente de línea" de la distancia horizontal entre los reactores (por ejemplo, 30,48 m (100 pies)). Del mismo modo, el primer reactor 102 y segundo reactor 112 también tienen longitudes equivalentes de línea. Es decir, el fluido que fluye a través de los reactores 102, 112 puede recorrer una distancia mayor que la mera distancia entre la entrada y la salida de cada reactor. Por ejemplo, el primer reactor 102 y segundo reactor 112 pueden tener longitudes equivalentes de línea de al menos 60,96 m (200 pies). Específicamente, como ejemplo, la longitud equivalente de línea de cada reactor 102, 112 puede ser aproximadamente 268,22 m (880 pies) o más. De este modo, puede ser posible representar la relación de la longitud equivalente de línea de la línea de transferencia 110 a las longitudes equivalentes de línea del primer reactor 102 y/o del segundo reactor 112 en la determinación de, por ejemplo, la velocidad apropiada de la suspensión de transferencia. En configuraciones donde la longitud equivalente del primer reactor 102 y/o del segundo reactor 112 son aproximadamente 268,22 m (880 pies) con 30,48 m (100 pies) de distancia horizontal entre ellos, la longitud equivalente de la línea de transferencia 110 sería de aproximadamente 67,06 m (220 pies) a una relación de aproximadamente 25 % o aproximadamente 134,11 m (440 pies) a una relación de aproximadamente 50 %. De hecho, tales relaciones pueden ser apropiadas cuando se usan dispositivos CTO para facilitar la transferencia de la suspensión, mientras que otras configuraciones, tales como las que usan válvulas PTO, pueden no ser capaces de proporcionar una velocidad suficiente de suspensión a tales relaciones, lo que puede tener como resultado la precipitación salina de los sólidos u otras características no deseadas de flujo.

Además de la longitud, el diámetro de la línea de transferencia 110 es una consideración de diseño para las velocidades adecuadas de las suspensiones de transferencia. Si bien puede ser adecuada una amplia gama de diámetros para la línea de transferencia 110, en un sentido general, el diámetro de la línea de transferencia 110 puede ser menor que el diámetro de una bifurcación de sedimentación (es decir, menos de 20,3 m (8 pulgadas)). La línea de transferencia 110 se puede diseñar para mostrar un diámetro en el intervalo de 2,5 a 10,2 cm (1 a 4

pulgadas), lo que puede tener como resultado velocidades de diseño que varían de 1,2 m/s (4 pies/s) a 9,1 m/s (30 pies/s), dependiendo de las necesidades específicas de la implementación. Por ejemplo, la línea de transferencia puede estar diseñada para tener un diámetro de exactamente 2,5, 5,1, 7,6, ó 10,2 cm (1, 2, 3, ó 4 pulgadas), o cualquier diámetro entre los mismos. De hecho, en algunas realizaciones, la línea de transferencia 110 puede ser igual a o menos de 7,6 cm (3 pulgadas) de tal manera que se pueden evitar las válvulas de tamaño más grande (por encima de 15,2 cm (seis pulgadas)), que requieren más mantenimiento. Además, se puede apreciar que al usar una línea con un diámetro relativamente pequeño, los riesgos de funcionamiento, tales como las roturas de línea, pueden suponer un menor peligro que las técnicas existentes que emplean líneas con diámetros mayores.

Se puede calcular que la línea de transferencia 110 se debería diseñar para una velocidad mínima, para una concentración de sólidos del 50 %, de entre 1,2 m/s (4 pies/s) para una resina de polietileno de alto peso molecular y baja densidad. De este modo, en realizaciones donde se emplea un dispositivo CTO (tal como el dispositivo CTO 104), que puede alcanzar de forma consistente concentraciones de sólidos en este intervalo, la línea de transferencia 110 puede estar diseñada para una velocidad de 6,1 a 9,1 m/s (20 a 30 pies/s) (por ejemplo, 8,5 m/s (28 pies/s)). En otras realizaciones, por ejemplo, a una menor concentración de sólidos dentro de una línea de transferencia de 5,1 cm (2 pulgadas) (un ejemplo de un diámetro de una línea de transferencia según las presentes realizaciones), 8,6 t/h (19.000 libras/h) de diluyente isobutano, o una velocidad calculada de 2,7 m/s (8,7 pies/s), puede ser la velocidad requerida para evitar la precipitación salina de los sólidos de la suspensión bajo las condiciones del reactor. Por consiguiente, la línea de transferencia puede tener una velocidad de diseño que varía entre 1,2 m/s (4 pies/s) y 9,1 m/s (30 pies/s) (por ejemplo, entre 1,5 m/s (5 pies/s) y 8,5 m/s (28 pies/s), aproximadamente 2,4 m/s (8 pies/s) y 7,6 m/s (25 pies/s), 3,0 m/s (10 pies/s) y 6,1 m/s (20 pies/s), 4,0 m/s (13 pies/s) y 5,5 m/s (18 pies/s). Como se puede apreciar, un diseño dirigido a permitir una velocidad dada de la suspensión que fluye a través de la línea de transferencia 110 puede incluir características para modular el flujo de la suspensión desde el primer reactor 102 al segundo reactor 112. Tales características pueden incluir la válvula de bola conformada en v 108 del dispositivo CTO 104.

C. Control de presión usando dispositivos CTO

En algunos aspectos del funcionamiento del sistema en continuo 100, el diferencial de presión entre los reactores puede ser crucial para el rendimiento del sistema en continuo 100 y las propiedades resultantes del producto de poliolefina. De este modo, puede ser deseable incluir características dentro de la línea de transferencia 110 que conecten los reactores en serie para controlar la presión del primer reactor 102. Esto se puede, en ciertas realizaciones, al menos parcialmente realizar mediante la válvula de bola conformada en v 108 del dispositivo CTO 104 dentro de la línea de transferencia 110. Por ejemplo, al controlar el caudal de la primera suspensión a través de la línea de transferencia 110, la válvula de bola conformada en v 108 puede esencialmente controlar la presión del primer reactor 102. En algunos aspectos, al abrir la válvula de bola conformada en v 108, la presión dentro del primer reactor 102 puede disminuir permitiendo que un mayor flujo de la suspensión salga del primer reactor 102. En tal realización, el funcionamiento inverso puede servir para aumentar la presión dentro del primer reactor 102. El sensor de presión 130 y el sensor de flujo 132 dispuestos a lo largo de la longitud de la línea de transferencia 110 pueden controlar, respectivamente la presión y el caudal de la suspensión que pasa a través de la línea de transferencia 110. Los sensores 130 y 132 pueden transmitir la información del flujo y de la presión al DCS 134, que puede ajustar automáticamente la válvula de bola conformada en v 108 para que la presión y el flujo estén dentro de un intervalo de funcionamiento deseado.

Además de controlar al menos parcialmente el flujo de la suspensión a través de la línea de transferencia 110, el ajuste de la válvula de bola conformada en v 108 también puede controlar al menos parcialmente el caudal de la suspensión que entra al segundo reactor 112. En algunas realizaciones, ésta puede controlar al menos parcialmente otros aspectos, tal como la presión del segundo reactor 112. Es decir, la válvula de bola conformada en v 108, cuando se modula correctamente, puede al menos parcialmente aumentar o disminuir el flujo de la suspensión que entra en el segundo reactor 112, y, de este modo, al menos controlar parcialmente la presión en el segundo reactor 112. Por consiguiente, la válvula de bola conformada en v 108 puede regular al menos parcialmente el flujo de la suspensión en, y de este modo la presión de, el segundo reactor 112. En algunas realizaciones, el ajuste mediante la válvula de bola conformada en v 108 puede ser capaz de controlar la velocidad de la suspensión dentro de un pequeño intervalo, por ejemplo, a dentro de 0,15 m/s (0,5 pies/s). A la inversa, en algunas de estas realizaciones, la válvula de pistón 106 en el primer reactor 102 puede iniciar o detener por completo el flujo de la suspensión que sale del primer reactor 102. Se puede apreciar que, en los casos donde la presión del segundo reactor 112 está controlada mediante la válvula de bola conformada en v 108, la válvula de pistón 114 que conduce al segundo reactor 112 puede estar abierta de forma continua.

Haciendo referencia ahora a la Figura 3, se muestra una realización donde se excluye la válvula de bola conformada en v 108, lo que puede permitir un flujo continuo entre el primer reactor 102 y el segundo reactor 112 a través de la línea de transferencia 110. En tales realizaciones, la presión dentro del primer reactor 102 se puede controlar al menos parcialmente al conectar de forma fluida el primer reactor 102 y el segundo reactor 112 en un estado en continuo. Por ejemplo, durante el curso del funcionamiento cuando la válvula de pistón 106 en el primer reactor 102 y la válvula de pistón 114 en el segundo reactor 112 están completamente abiertas, el primer reactor 102 puede oscilar por encima de la presión del segundo reactor 112. Es decir, un nivel mayor de presión en el primer reactor 102 que en el segundo reactor 112 hará que la suspensión producida en el primer reactor 102 fluya a través de la

línea de transferencia 110 al segundo reactor 112. En tales realizaciones, el control de la presión del segundo reactor 112 con las válvulas de salida (por ejemplo, usando el dispositivo CTO 116) puede mantener la presión del segundo reactor 112 a un nivel sustancialmente fijo. Por extensión, la presión del primer reactor 102 se puede al menos parcialmente controlar por el flujo de la suspensión que sale del segundo reactor 112. De hecho, cabe señalar que en algunas realizaciones, la presión del primer reactor 102 y la del segundo reactor 112 (y de este modo el caudal de la suspensión de transferencia a través de la línea de transferencia 110) se puede controlar usando sólo el dispositivo de extracción en continuo 116 que está dispuesto en el segundo reactor 112 junto con la entrada de los componentes de la polimerización en el primer reactor 102 (por ejemplo, monómero, comonómero, diluyente, y así sucesivamente). Por consiguiente, de una manera similar a la válvula de pistón 106 que está abierta de forma continua, se puede excluir por completo el dispositivo de extracción en continuo 104 dispuesto en el primer reactor 102.

En algunas realizaciones, puede ser deseable calcular la velocidad de la suspensión necesaria para prevenir la precipitación salina dentro del primer reactor 102 y del segundo reactor 112. Los expertos habituados con la técnica reconocerán que algunos parámetros importantes a considerar pueden incluir la viscosidad de la suspensión (que se puede calcular, por ejemplo, usando una ecuación de Gay-Nelson-Armstrong), el número de Reynolds de la suspensión, la rugosidad de la superficie de los sólidos dentro de la suspensión, y el diámetro de la tubería del reactor de circuito cerrado. Además, el factor de fricción de la suspensión se puede calcular usando una ecuación de Colebrook. La velocidad de circulación de la suspensión se puede ajustar aún más para tener en cuenta una caída de presión, tal como una caída de presión calculada con las ecuaciones de Darcy y/o de Durand. La velocidad se puede ajustar a una especificación de un dispositivo motriz, tal como un dispositivo motriz 136 (por ejemplo, una curva de la bomba). En ciertas realizaciones, también será importante mantener el flujo en continuo en los apéndices de extracción continua de los reactores 102, 112. Esto se puede lograr al mantener una velocidad mínima en la línea de transferencia 110 para evitar la obturación y/o precipitación salina de los sólidos. Esta velocidad se puede calcular usando los métodos conocidos en la técnica, tal como se mencionó anteriormente.

En la realización ilustrada en la Figura 3, la válvula de pistón 114 está dispuesta en un segmento aguas arriba del segundo reactor 112 próximo y antes del dispositivo motriz 136, que incluye un impulsor 138 y un motor 140. Tal configuración puede permitir que se reduzca la presión dentro del primer reactor 102. Por ejemplo, tal localización puede reducir la presión total en el primer reactor 102 a medida que la línea 110 descarga en el punto de presión más bajo en el segundo reactor 112. Esta localización también puede proporcionar la dispersión de la suspensión de transferencia concentrada procedente de la línea 110 mediante la acción de turbulencia y de mezcla del impulsor de la bomba 138. Además, la válvula de pistón 114 puede estar situada en la parte superior o en el radio interior de un codo del segundo reactor 112 para reducir las tendencias de obturación durante situaciones de bajo flujo, ausencia de flujo, o flujo inverso. En funcionamiento, la realización tal como se ilustra debería de este modo permitir el flujo continuo de la suspensión desde el primer reactor 102, a través de la línea de transferencia 110, y al segundo reactor 112. En tal realización, el dispositivo CTO 116 dispuesto en un segmento aguas abajo del segundo reactor 112 sería la característica principal responsable de permitir que la suspensión saliera del sistema global 100. Por el contrario, la alimentación 126 en el primer reactor 102 sería la característica principal responsable de permitir que los materiales entrasen en el sistema 100. Como se puede apreciar, la yuxtaposición de estas dos características puede permitir el control de las presiones del primer reactor 102 y del segundo reactor 112. Por supuesto, habrá un gradiente de presión presente entre los dos reactores, de tal manera que la presión dentro del primer reactor 102 es mayor que la presión dentro del segundo reactor 112, suministrando de manera efectiva la fuerza motriz para que la suspensión de transferencia fluya desde el primer reactor 102 al segundo reactor 112.

Así, a medida que la alimentación 126 entra al primer reactor 102, la presión puede aumentar dentro del primer reactor 102 hasta que su presión sea suficiente para que fluya un volumen igual de suspensión al segundo reactor 112 (si los reactores son sustancialmente del mismo tamaño o similares en tamaño). De hecho, si aumenta la velocidad de la alimentación, la presión del primer reactor 102 puede aumentar, y si disminuye la velocidad de la alimentación, la presión del primer reactor 102 puede disminuir. En tales realizaciones, los caudales a través de la línea de transferencia 110 están de este modo controlados sustancialmente por el diferencial de presión entre los reactores (por ejemplo, el primer reactor 102 y el segundo reactor 112) en serie. Además, como se señaló anteriormente, la relación del tamaño de un reactor al otro puede afectar al menos parcialmente al diferencial de presión, a la cantidad de suspensión de transferencia que fluye a través de la línea de transferencia 110, y/o a la cantidad de suspensión retirada de cada uno o de ambos reactores 102, 112. En algunas realizaciones, los reactores se pueden ser sustancialmente del mismo tamaño (es decir, volúmenes sustancialmente iguales) o similares en tamaño (es decir, volúmenes similares) para hacer frente a cuestiones como grandes diferencias de presión, diferenciales de volumen de suspensiones, etc. Según las realizaciones de la presente invención, los reactores 102, 112 se pueden referir que son similares en tamaño si sus volúmenes difieren en no más de aproximadamente 20 %, o en no más de aproximadamente 10 %.

D. Líneas múltiples de transferencia

El sistema 100 también puede tener características en el lugar de tal manera que una línea de transferencia obstruida no afectará de forma sustancial al rendimiento de los reactores en serie. Tal como se realiza en la Figura 2, puede ser deseable tener más de una línea de transferencia (por ejemplo, entre 2 y 5 líneas de transferencia, inclusive) dispuestas en cada reactor. Tales características pueden incluir un dispositivo CTO adicional 142 que

incluye una válvula de pistón 144 y una válvula de bola conformada en v 146 configuradas para retirar la suspensión desde el primer reactor 102 y transferir la suspensión, a través de una línea de transferencia adicional 148, al segundo reactor 112. Al igual que con la primera línea de transferencia 110, la línea de transferencia adicional 148 puede acoplarse al segundo reactor usando una válvula de pistón 150. Por ejemplo, en situaciones donde se obstruye una línea de transferencia, tal como la línea de transferencia 110, el sensor de presión 130 dispuesto a lo largo de la longitud de la línea de transferencia 110 puede transmitir ciertos datos indicativos de un tapón al controlador 134. El controlador 134 puede indicar a una válvula, tal como la válvula de bola conformada en v 108 y/o la válvula de pistón 106 (siendo la combinación el dispositivo CTO 104) que se cierre, y casi simultáneamente que se abra la válvula de pistón 144 y/o la válvula de bola conformada en v 146 (siendo la combinación el dispositivo adicional CTO 142) que conducen a la línea de transferencia 148. Los dispositivos CTO 104 y 142 pueden estar dispuestos a lo largo de diferentes posiciones de extracción en el reactor 102 de tal manera que ciertas características de la suspensión retirada (por ejemplo, velocidad de la suspensión, contenido de sólidos estratificados) sean sustancialmente las mismas. En algunas realizaciones, las válvulas de pistón 106 y 144 de los dispositivos CTO 104 y 142, respectivamente, pueden estar dispuestas en el primer reactor 102 en puntos en los codos del reactor de tal manera que la suspensión experimenta estratificación como resultado de una velocidad aumentada y localizada de la suspensión. De hecho, en algunas realizaciones, las válvulas de pistón 106 y 144 de los dispositivos CTO 104 y 142 pueden estar configuradas para retirar la suspensión desde aproximadamente la misma área en el primer reactor 102. Del mismo modo, las líneas de transferencia 110 y 148 pueden estar configuradas para enviar la suspensión de transferencia al segundo reactor 112 a aproximadamente la misma posición. En otras realizaciones, las líneas de transferencia 110 y 148 pueden estar configuradas para enviar suspensión desde el primer reactor 102 al segundo reactor 112 a diferentes posiciones. En ciertos aspectos, puede ser deseable para cada línea de transferencia enviar la suspensión desde el primer reactor 102 al segundo reactor 112 de tal manera que la suspensión del primer reactor 102 que entra en el segundo reactor 112 experimente una fuerte fuerza motriz al entrar en el segundo reactor 112. Como tal, el punto en el que las líneas de transferencia 110 y 148 se unen de forma fluida con el segundo reactor 106 se puede disponer próximo del dispositivo motriz 136 y próximo a un radio interior de una curvatura del segundo reactor 112. Por supuesto, las líneas de transferencia 110 y 148 pueden compartir o tener sistemas de control y de valvulería similares de tal manera que el controlador 134 pueda automatizar sustancialmente todo el proceso de conmutación entre las líneas de transferencia y controlar el flujo a través de cada línea. Se puede apreciar que en algunas realizaciones, las líneas de transferencia 110 y 148 pueden funcionar simultáneamente o aproximadamente simultáneamente. Es decir, en algunas realizaciones, las válvulas dentro de la línea de transferencia 110 y de la línea de transferencia 148 pueden estar abiertas de tal manera que la suspensión producida por el primer reactor 102 se retira de forma continua y fluye a través de líneas de transferencia 110 y 148 y entra en el segundo reactor 112. En algunas realizaciones, por ejemplo, durante un procedimiento de arranque del sistema de reactor 100, el controlador 134 actuará para mantener la velocidad mínima en las líneas de transferencia 110 y 148 al abrir inicialmente una de las líneas, en lugar de ambas, para evitar bajas velocidades de línea y la precipitación salina de sólidos durante los tiempos de bajas velocidades de alimentación. En realizaciones donde se aumenta suficientemente la velocidad de producción y la alimentación del reactor, el controlador 134 abrirá la segunda línea de transferencia (la que no se abre en el procedimiento de arranque mencionado anteriormente) para evitar que se sobrepase un umbral de presión del primer reactor 102.

40 E. Puesta en servicio de la línea

Haciendo referencia ahora a la Figura 4, se muestra una ilustración de un diagrama de tuberías del sistema 160, que es una modificación del sistema 100. El Sistema 160 incluye características para la puesta en servicio de forma independiente de las líneas de transferencia y/o para hacer funcionar el primer reactor 102 y el segundo reactor 112 independientemente el uno del otro. Se puede apreciar que el sistema modificado 160 puede incluir muchas de las características descritas con respecto al sistema 100. Como muchas de las características incorporadas para el sistema de 100 según la presente técnica, estas características se identifican actualmente usando los mismos números de referencia. En el caso de que una o más de las líneas de transferencia entre los reactores en serie experimenten una obturación, el sistema de polimerización 160 proporciona características que no sólo facilitan el intercambio entre las líneas de transferencia, sino que también facilitan la puesta en servicio de cada línea de forma independiente. Como se ilustra, las características para la puesta en servicio de forma independiente de una línea de transferencia, tal como la línea de transferencia 110, pueden incluir una línea de suministro de diluyente 162 que sea capaz de limpiar mediante arrastre con líquido la línea de transferencia 110, así como una línea principal 164. Cabe señalar que en la realización ilustrada, la línea principal 164 puede conducir a la línea de transferencia 110 o a una línea 168 que conduce al aparato de evaporación súbita en línea 122. En estas realizaciones, una válvula de desvío 166 se puede configurar para desviar la suspensión retirada del primer reactor 102 al segundo reactor 112 o al aparato de evaporación súbita en línea 122. La línea de suministro de diluyente 162 puede incluir características que permiten al diluyente (por ejemplo, isobutano, propano, propano supercrítico) fluir a una velocidad que es suficiente para limpiar mediante arrastre con líquido las partículas de polímero restantes de las líneas 110 y 164. Tales características pueden incluir una bomba de suministro de diluyente 170 que suministra múltiples corrientes de limpieza mediante arrastre con diluyente. Una de estas corrientes de limpieza mediante arrastre con líquido se controla mediante la válvula de control 172 que controla el flujo del diluyente a través de una línea de limpieza mediante arrastre con líquido 174 que conduce a la línea principal 164. La línea de limpieza mediante arrastre con diluyente 162 también puede tener una válvula de control 176 para controlar el flujo de diluyente a través de una línea de limpieza mediante arrastre con líquido 178 que conduce a la línea de transferencia 110. Las válvulas de

control 172 y 176 se pueden configurar para cerrar sus respectivas líneas de limpieza mediante arrastre con líquido. Las características para la puesta en servicio de forma independiente de las líneas de transferencia también pueden incluir una válvula de drenaje 182 dispuesta a lo largo de la longitud de la línea de transferencia 110, la válvula de drenaje 182 que conduce a una línea de drenaje 184 que proporciona los componentes de limpiados mediante arrastre por líquido (por ejemplo polímero obstruido, diluyente) a un tanque que puede manejar sólidos, por ejemplo, un tanque de separación 186. Por supuesto, la línea de transferencia 110 debe, como se muestra con respecto a la Figura 2, tener monitores de presión y de flujo 128 y 132, de tal manera que el proceso se pueda configurar para hacerlo funcionar manualmente o de forma automatizada por el DCS 134.

Durante el funcionamiento, si la línea de transferencia 110 se llega a obturar, la válvula de pistón 114 puede estar cerrada y la válvula de desvío 166 puede cerrar la abertura a la línea de transferencia 110 de tal manera que la línea de transferencia 110 se aísla de ambos reactores. En algunos de estos casos, la suspensión se puede drenar desde la línea de transferencia 110 abriendo la válvula de drenaje 182 y permitiendo que el contenido de la línea de transferencia 110 fluya a través de la línea de drenaje 184 hacia el tanque de separación 186. La línea de limpieza mediante arrastre con diluyente 162 puede permitir que el diluyente, tal como isobutano, se controle mediante la válvula 176 a través de línea de limpieza mediante arrastre con líquido 178 y a la línea de transferencia 110 de modo que el diluyente limpia mediante arrastre la línea de transferencia 110 dejándola libre de partículas de polímero restantes y similares. La válvula de drenaje 182 y la línea de drenaje 184 también pueden facilitar el drenaje del contenido del primer reactor 102 al tanque de separación 186. Cabe señalar que el funcionamiento de drenaje de la suspensión y así sucesivamente hasta el tanque de separación 186 puede comprender la limpieza mediante arrastre con líquido del reactor 102 y del contenido de la línea principal 164 usando un diluyente (por ejemplo, isobutano) desde la línea de suministro de diluyente 162 para forzar la salida de cualesquiera partículas de polímero restantes. Específicamente, la línea de suministro de diluyente 162 puede recibir diluyente de una fuente de diluyente (por ejemplo, un depósito de diluyente), y la bomba 170 puede suministrar la fuerza motriz para limpiar mediante arrastre con diluyente a través de la línea de limpieza mediante arrastre por líquido 174 y de este modo, de la línea principal 164. La válvula de desviación 166, en esta realización, debe desviar los contenidos limpiados mediante arrastre con líquido a través de la línea de transferencia 110, a través de la válvula de drenaje 182 y de la línea de drenaje 184, al tanque de separación 186. Por supuesto, las líneas de suministro de diluyente 174 y 178 pueden servir como puntos de limpieza mediante arrastre con líquido para las diversas líneas que salen del primer reactor 102. Se debe apreciar que el número total de líneas que salen del primer reactor 102 puede ser igual o superior al número total de líneas de limpieza mediante arrastre con líquido. Como se ha mencionado, los sensores 130 y 132 pueden comunicar información de la presión y del flujo, respectivamente, a la característica DCS 134, permitiendo a un operador determinar varios aspectos de la línea de transferencia 110, tales como la integridad de la línea y la operabilidad futura.

Cabe señalar que el segundo reactor 112 puede tener características similares con respecto a limpiar mediante arrastre con líquido una línea 188 que sale del segundo reactor de 112 (y de este modo limpia mediante arrastre con líquido el contenido del segundo reactor 112). Es decir, el dispositivo CTO 116 puede retirar de forma continua la suspensión en la línea 188, que se puede poner en servicio usando características que incluyen una línea de suministro de diluyente 190. La línea de suministro de diluyente 190 puede incluir características similares a la línea de suministro de diluyente 162 descrita con respecto al primer reactor 102 y a la línea de transferencia 110 que incluye una válvula de control 192, y una línea de limpieza mediante arrastre con líquido 194. Una vez más, el número de líneas que salen del segundo reactor 112 puede ser igual o superior al número de líneas de limpieza mediante arrastre con líquido de la línea de suministro de diluyente 190. Se puede configurar una válvula de cierre 196 para forzar al diluyente de la línea de suministro de diluyente 190 que pase a través del segundo reactor 112 (limpiando mediante arrastre con líquido de ese modo al segundo reactor 112) y salga a través de un dispositivo CTO diferente, tal como un dispositivo CTO 198. En algunas realizaciones, el dispositivo CTO 198 puede conducir a un segundo aparato de evaporación súbita en línea 200 para la recuperación del producto y del diluyente.

F. Funcionamiento en serie y en paralelo

En la Figura 4 se ilustran de forma adicional las características que pueden permitir al sistema 160 que se intercambie de forma fiable a un funcionamiento con un solo reactor (ambos reactores operan de forma independiente). De hecho, el sistema 160 se puede configurar de tal manera que a discreción de un operador y/o en el caso de una obturación en la línea de transferencia, el primer reactor 102 y el segundo reactor 112 se pueden hacer funcionar en paralelo (es decir, no en serie). En tales realizaciones, la suspensión retirada mediante el dispositivo CTO 104 en la línea principal 164 que sale del primer reactor 102 se puede desviar a la línea 168, y de este modo al aparato de evaporación súbita en línea 122, mediante la válvula de desvío 166. Como se ha mencionado con respecto al sistema 100 (Figura 2), el segundo reactor 112 puede tener un dispositivo CTO 116 que permite que la segunda suspensión se retire de manera continua a la línea 188 que conduce al aparato de evaporación súbita en línea 122. Para mantener la línea 168 que lleva la suspensión producida en el primer reactor 102 separada de la línea 188 que lleva la suspensión producida en el segundo reactor 112, el sistema 160 puede tener una válvula de desvío 202 que está configurada para permitir selectivamente que la línea entre en el aparato de evaporación súbita en línea 122.

Durante el funcionamiento en paralelo, en algunas realizaciones, la presión del primer reactor 102 se puede controlar sustancialmente a través del dispositivo CTO 104 dentro de la línea principal 164 y/o con otras válvulas

5 dispuestas dentro de la línea 168 que conducen a la evaporación súbita en línea 122 al controlar el flujo de la suspensión que sale del primer reactor 102. En algunas realizaciones, la alimentación en el primer reactor 102 también puede jugar un papel en el control de la presión del primer reactor 102. En algunas de estas realizaciones, el producto polímero procedente del primer reactor 102 se puede recoger de forma continua y el diluyente de la suspensión se puede reciclar de forma continua al primer reactor 102. La línea 168 que conduce al aparato de evaporación súbita en línea 122 puede tener características que son capaces de controlar el flujo de la suspensión al aparato de evaporación súbita en línea 122, que incluye, por ejemplo, una válvula de diafragma 204 y/o una válvula de bola conformada en v 206. Otras características posibles pueden incluir una línea de limpieza mediante arrastre con diluyente 208 con una válvula de una vía 210, que se puede usar para limpiar mediante arrastre con líquido la línea 168 con diluyente en el caso de que la línea 168 se obstruyese y/o si se requiere mantenimiento. Se debe apreciar que la válvula de diafragma 204 y la válvula de bola 206 pueden estar dispuestas a cada lado de la zona donde la línea de limpieza mediante arrastre con diluyente 208 se junta con la línea 168, lo que permite que cada lado de la línea 168 se limpien mediante arrastre con líquido selectivamente. La línea 168 procedente del primer reactor 102 también puede tener una unidad de control compartido/visualización compartida 212, de tal manera que el proceso de transferencia de la suspensión y de limpieza mediante arrastre con líquido de la línea 168 se pueda al menos parcialmente controlar en una ubicación.

20 Además de las líneas procedentes del primer reactor 102, el dispositivo CTO 116 dispuesto en la parte aguas abajo del segundo reactor 112 puede conducir al aparato de evaporación súbita en línea 122. De hecho, la línea 188 que se aleja del segundo reactor 112 a través de la CTO 116 puede incluir características similares a las que se alejan del primer reactor 102. Por ejemplo, la suspensión que sale del segundo reactor 112 puede fluir a través de la línea 188. El caudal de la suspensión que sale del segundo reactor 112 se puede al menos parcialmente controlar mediante la válvula de pistón 118, mediante la válvula de bola conformada en v 120, o por ambas, de los dispositivos CTO 116. Una válvula de diafragma 214, también puede controlar al menos parcialmente el flujo de la suspensión a través de la línea 188. La suspensión se puede dirigir a la válvula de desvío 202, que puede dirigir el flujo de la segunda suspensión al aparato de evaporación súbita en línea 122. Al igual que con la línea 168, un controlador/pantalla compartida 216 puede permitir a un operador controlar al menos parcialmente la eliminación continua de la suspensión, la puesta en servicio de la línea y los procesos de limpieza mediante arrastre con líquido relacionados con el segundo reactor 106 en una sola ubicación.

30 En algunos aspectos, los controladores 134, 202 y 216 pueden estar en comunicación el uno con el otro. En estos aspectos, los controladores pueden cambiar de forma fiable el sistema 160 entre el funcionamiento en paralelo y en serie. Por ejemplo, si se desea el funcionamiento en paralelo, el controlador 134 puede hacer funcionar las válvulas de desvío 166 y 202 para dirigir la suspensión que sale del primer reactor 102 a la línea 168 que conduce al aparato de evaporación súbita en línea 122. En una forma casi simultánea, la válvula de pistón 114 se puede cerrar, aislando la línea de transferencia 110. La línea de suministro del diluyente 162 puede comenzar a limpiar mediante arrastre con líquido la línea de transferencia 110 según el proceso descrito anteriormente, drenando eventualmente el contenido de la línea de transferencia 110 en el tanque de separación 186. El controlador 212 puede, en respuesta, comenzar a controlar el flujo de la suspensión a través de la línea 168 con las válvulas 204 y 206, cambiando de este modo las presiones de funcionamiento, los caudales de la suspensión, y factores similares dentro de la línea 168 para adaptarse a cualquier número de nuevos parámetros que puedan resultar del cambio al funcionamiento en paralelo. Del mismo modo, el controlador 216 puede entonces realizar operaciones que incluyen dirigir la válvula de diafragma 214 para controlar el flujo de la segunda suspensión a través de la línea 188. La válvula de desvío 202 se puede controlar por uno o ambos de los controladores 212 y 216, de tal manera que la primera y la segunda suspensiones de las líneas 168 y 188, respectivamente, no se mezclen. En algunas realizaciones, por ejemplo, durante el funcionamiento en paralelo, el flujo de la suspensión desde el segundo reactor 112 puede fluir desde el dispositivo CTO 198, la línea 188 o un dispositivo CTO secundario 218, al segundo aparato de evaporación súbita en línea 200 para recuperar el polímero del reactor 112 separado del polímero procedente del primer reactor 102 y del aparato de evaporación súbita en línea 122. A la inversa, si se desea el funcionamiento en serie durante el funcionamiento en paralelo, el controlador 134 puede conmutar la válvula de desvío 166 para dirigir el flujo de la primera suspensión desde el primer reactor 102 a la línea principal 164, y a continuación a la línea de transferencia 110, mientras se cierra sustancialmente de forma simultánea la válvula de drenaje 182. Cabe señalar que la línea de transferencia 110 puede estar llena de diluyente antes de que la suspensión se dirija a la línea de transferencia 110, de tal manera que el segundo reactor no experimente una caída de presión cuando la válvula de pistón 114 se abra por el controlador 134. El controlador 212 puede entonces dirigir la línea de limpieza mediante arrastre con diluyente 208 a la línea de limpieza mediante arrastre con líquido 168, y el controlador 216 puede cambiar las condiciones de funcionamiento de la válvula de diafragma 214. Como antes, el controlador 212 o el controlador 216 puede dirigir la válvula de desvío 202 para permitir que la suspensión que fluye desde la línea 188 fluya hacia el aparato de evaporación súbita en línea 122.

G. Evaporación súbita en línea y reciclaje del diluyente

60 Según la presente técnica, los sistemas 100 y 160 usan un aparato de evaporación súbita en línea 122 para el aislamiento del producto y el reciclaje del diluyente. La Figura 5 representa un aparato de evaporación súbita en línea típico 122 que incorpora estas características. El aparato de evaporación súbita en línea puede incluir características para aislar el producto de polímero de la suspensión de producto retirada de forma continua procedente del segundo reactor 112 (en el caso de funcionamiento en serie) o del primer reactor 102 y del segundo

reactor 112 en el caso de funcionamiento en paralelo. Independientemente del modo de funcionamiento, la suspensión, ya sea la procedente del primer reactor 102 o la procedente del segundo reactor 112, debe pasar a través de un conducto común 220 a una cámara evaporación súbita de alta presión 222. El conducto 220 incluye un conducto circundante 224 que está provisto con un fluido caliente que proporciona calentamiento indirecto al material en suspensión en el conducto de la línea de evaporación súbita 220. El diluyente vaporizado sale de la cámara de evaporación súbita 222 a través del conducto 226 para su posterior procesamiento, que puede incluir la condensación mediante intercambio de calor simple usando el condensador del reciclado 228. El diluyente a continuación, se devuelve al sistema 100 (por ejemplo, a un área próxima al dispositivo motriz 128 dentro del primer reactor 102), sin la necesidad de compresión, a través de la línea 124 y de la bomba del líquido de reciclaje 230. El condensador de reciclaje 228 puede usar cualquier fluido de intercambio de calor adecuado conocido en la técnica en cualesquiera condiciones conocidas en la técnica. En algunas realizaciones, se puede usar un fluido a una temperatura que se puede proporcionar económicamente. Un intervalo de temperatura adecuado para este fluido es de 4,4 °C a 54,4 °C (40 °F a 130 °F). Las partículas de polímero se retiran de la cámara de evaporación súbita de alta presión 222 a través de la línea 232 para su posterior procesamiento usando técnicas conocidas en la técnica. En algunos aspectos, se pasan a la cámara de evaporación súbita de baja presión 234 y posteriormente se recuperan como producto de polímero a través de la línea 236. El diluyente separado pasa a través del compresor 238 a la línea 226. En algunas realizaciones, las extracciones en continuo usadas por un sistema que emplea reactores en serie (tal como el sistema 100) no sólo permite una mayor concentración de sólidos aguas arriba en el primer reactor 102, sino que también permite un mejor funcionamiento de la evaporación súbita de alta presión, permitiendo de ese modo que la mayoría del diluyente retirado se evapore de forma instantánea y se recicle sin compresión. De hecho, del 50 al 99 por ciento (por ejemplo, del 70 al 92 por ciento) del diluyente generalmente se puede recuperar de esta manera.

H. Funcionamiento del sistema de múltiples reactores

Según las realizaciones así descritas, en la Figura 6 se representa un diagrama de flujo de bloques de un método 300 de funcionamiento de un sistema de polimerización con un reactor doble, por ejemplo el sistema 100. Además, cabe señalar que el presente método se puede aplicar a reactores en serie múltiples (es decir, más de dos) y que las presentes realizaciones están dirigidas al funcionamiento de dos reactores para facilitar la discusión. Como se representa y se describe en la Figura 1, en un sentido general, un sistema de alimentación 16 puede alimentar al sistema de reactor 20. Como se muestra en la Figura 6, sin embargo, puede ser necesario determinar las condiciones de funcionamiento deseadas 302, tales como, por ejemplo, determinar si el sistema funcionará en serie o en paralelo. En el caso de funcionamiento en serie, el proceso general puede incluir una etapa 304 de alimentación al y la polimerización dentro del primer reactor 102. En el caso de funcionamiento en paralelo, en adición a la etapa 304, se puede llevar a cabo otra etapa 306 de alimentación a y de polimerización en el segundo reactor de polimerización 112. En ambas realizaciones operativas, el primer reactor 102 y el segundo reactor 112 polimerizan sus respectivos monómeros para formar suspensiones, y pueden tener las etapas 308 y 310, respectivamente, de control de la velocidad a la que se extraen de forma continua sus respectivas suspensiones. Estas etapas pueden incluir el uso de características tales como CTO 104 dispuestas en el primer reactor 102 para controlar el flujo de la primera suspensión 312 y un CTO 116 dispuesto en el segundo reactor 112 para controlar el flujo de la segunda suspensión 314.

Haciendo referencia al flujo de proceso según el primer reactor de polimerización 102, la primera suspensión 312 se puede retirar de forma continua desde el primer reactor de polimerización 102 a un conducto, tal como, por ejemplo, la línea de transferencia 110 o a la línea principal 164 descrita en la Figura 4. Se debe apreciar que el flujo de la primera suspensión 312 a través de la línea de transferencia 110 o de la línea principal 164 se puede seguir de un modo continuo, según el bloque 316. Como se ha mencionado, una importante ventaja de hacer funcionar un sistema de polimerización de reactor doble según la presente técnica es que el sistema se puede conmutar entre el funcionamiento en serie y el funcionamiento en paralelo usando las características de las etapas 308 y 310 y las características descritas en la Figura 4. De este modo, según una determinación intraoperatoria 318 de funcionamiento en serie o en paralelo (por ejemplo, si un operador decide conmutar el modo de operación), o si se detecta una fuga u otro factor de funcionamiento negativo, el flujo de la primera suspensión 312 se puede dirigir a un número de diferentes vías. Por ejemplo, si se desea el funcionamiento en paralelo, el flujo de la primera suspensión 312 se puede dirigir, como se indica por la etapa 320, a una evaporación súbita en línea (por ejemplo, la evaporación súbita en línea 122). En otra realización, si se detecta una fuga u otra condición de funcionamiento negativa, la primera suspensión 312 se puede dirigir, según la etapa 322, a un tanque de separación, tal como el tanque de separación 186 que se describe en la Figura 4. Por el contrario, si se está realizando el funcionamiento en serie, la primera suspensión 312 como se indica por el bloque 324, puede continuar a través de la línea de transferencia 110 hacia el segundo reactor 112.

Se debe apreciar que durante el funcionamiento en paralelo, la alimentación y la etapa de polimerización 306 se pueden producir sustancialmente de forma simultánea en la etapa 304, donde la alimentación se suministra a y la polimerización se produce en el primer reactor 102. Sin embargo, durante el funcionamiento en serie, la etapa 306 puede seguir a la etapa 324. Es decir, la primera suspensión 312 se puede dirigir al segundo reactor 112 según la etapa 324, seguido por la introducción de la alimentación en y la polimerización de un monómero en el segundo reactor 112, según la etapa 306. En este punto, el segundo reactor de polimerización 112 puede comenzar a incorporar una nueva poliolefina en la primera suspensión 312, formando la segunda suspensión 314. Sin embargo,

se debe apreciar que en el curso del funcionamiento en paralelo, la segunda suspensión 314 no puede incorporar la primera suspensión 312.

5 Como se ha mencionado, el procedimiento según el segundo reactor 112 puede incluir la etapa 310 para controlar el flujo de la segunda suspensión 314 que sale del reactor 112. En ciertas realizaciones, tales como las descritas con respecto a la Figura 3, la etapa 310 también puede dirigir características, tales como el CTO 116 dispuesto en el segundo reactor 112, para modular el flujo de la primera suspensión 312 que sale del primer reactor 102 y/o que fluye a través de la línea de transferencia 110. Sin embargo, el flujo de la segunda suspensión 314, que puede o no puede incluir a la primera suspensión 312 (dependiendo del modo de funcionamiento), se puede dirigir, según la referida etapa 320, al aparato de evaporación súbita en línea 122. Por ejemplo, durante el funcionamiento en paralelo, el aparato de evaporación súbita en línea 122 recibirá la primera suspensión 312 independientemente de la segunda suspensión 314. Durante el funcionamiento en serie, la segunda suspensión 314 puede incorporar la primera suspensión 312.

15 El aparato de evaporación súbita en línea 122, como se describe en la Figura 5, puede separar, en una etapa 326, un medio líquido 328 a partir de un producto polímero 330 de la suspensión o de las suspensiones que se han dirigido al aparato de evaporación súbita en línea 122. Por supuesto, el medio líquido se puede reciclar, según la etapa 332, al sistema del reactor, tal como, por ejemplo, el sistema 100. El producto polímero sólido 330 se puede dirigir, según la etapa 334, a una zona de extrusión/carga para su posterior procesamiento, tal como la extrusión/carga 36 descrita en la Figura 1. El aparato de evaporación súbita en línea 122, según la presente técnica, también puede incluir características para dirigir el medio líquido 328 al primer reactor 102, o al segundo reactor 112, o a ambos. Como tal, la determinación final del funcionamiento en serie o en paralelo se puede hacer, según la etapa 336, para determinar a dónde se puede dirigir el medio líquido 328. En el caso de funcionamiento en paralelo, el medio líquido 328 se puede dirigir al primer reactor 102, según la etapa 338, así como al segundo reactor 112, según la etapa 340. En una configuración en serie, el medio líquido se puede dirigir al primer reactor 102, en lugar de a ambos reactores, y como tal puede consistir en realizar la etapa 338 en lugar de las etapas 338 y 340.

25

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método de producir una poliolefina, que comprende:
- proporcionar un diluyente y un primer monómero a un primer reactor de polimerización;
- 5 polimerizar el primer monómero en el primer reactor de polimerización para formar una primera poliolefina en una primera suspensión;
- descargar una suspensión de transferencia que comprende la primera poliolefina y el diluyente de forma continua desde el primer reactor de polimerización a un segundo reactor de polimerización a un caudal;
- 10 modular el caudal de la suspensión de transferencia a través de una línea de transferencia hacia el segundo reactor de circuito cerrado usando un primer dispositivo de extracción en continuo localizado en el segundo reactor de polimerización; y
- polimerizar un segundo monómero en el segundo reactor de polimerización para formar una segunda poliolefina.
- 2.- El método de la Reivindicación 1, en donde la primera poliolefina es polietileno.
- 3.- El método de la Reivindicación 2, en donde el primer reactor de polimerización y el segundo reactor de polimerización están dimensionados de manera similar.
- 15 4.- El método de la Reivindicación 1, que comprende hacer funcionar el primer dispositivo de extracción en continuo de tal manera que el primer reactor de polimerización y la línea de transferencia están sustancialmente libres de sedimentación por gravedad.
- 5.- El método de la Reivindicación 1, que comprende además un segundo dispositivo de extracción en continuo dispuesto en el segundo reactor de polimerización.
- 20 6.- El método de la Reivindicación 1, que comprende controlar una presión dentro del primer reactor de polimerización y una presión dentro del segundo reactor de polimerización con el primer dispositivo de extracción en continuo.
- 7.- El método de la Reivindicación 1, en donde la suspensión de transferencia tiene una concentración promedio en sólidos más alta que la de la primera suspensión.
- 25 8.- El método de la Reivindicación 1, en donde el primer dispositivo de extracción en continuo comprende una válvula de bola conformada en v.
- 9.- El método de la Reivindicación 1, en donde el primer reactor de polimerización se hace funcionar bajo un primer conjunto de condiciones para producir la primera poliolefina con una primera distribución de peso molecular y el segundo reactor de polimerización se hace funcionar bajo un segundo conjunto de condiciones para producir una
- 30 segunda poliolefina con una segunda distribución de peso molecular, y las primera y segunda distribuciones de pesos moleculares son diferentes.
- 10.- El método de la Reivindicación 1, en donde el diluyente comprende isobutano.
- 11.- El método de la Reivindicación 1, en donde el diluyente comprende propano.
- 12.- El método de la Reivindicación 11, en donde el primer reactor, el segundo reactor, o una combinación de ambos se hace funcionar al menos a una temperatura crítica y/o al menos a una presión crítica del contenido fluido del reactor, comprendiendo el contenido fluido del reactor todos los contenidos del reactor.
- 35 13.- Un sistema para producir una poliolefina, que comprende:
- un primer reactor de polimerización;
- un segundo reactor de polimerización dispuesto aguas abajo del primer reactor de polimerización;
- 40 un conducto que conecta de forma fluida el primer reactor de polimerización y el segundo reactor de polimerización en serie ; y
- un dispositivo de extracción en continuo configurado para controlar un flujo de una suspensión de transferencia a través del conducto.
- 14.- El sistema de la Reivindicación 13, en donde el dispositivo de extracción en continuo está dispuesto en el
- 45 segundo reactor de polimerización.

- 15.- El sistema de la Reivindicación 13, en donde el dispositivo de extracción en continuo comprende una válvula de pistón con una extensión en un flujo aguas abajo de una suspensión estratificada que circula dentro del primer reactor de polimerización, en donde la válvula de pistón está en ángulo en una dirección hacia el flujo aguas abajo.
- 5 16.- El sistema de la Reivindicación 13, en donde el dispositivo de extracción en continuo está configurado para facilitar un flujo de la suspensión de transferencia a través del conducto usando una fuerza motriz generada al menos parcialmente por una alimentación continua de diluyente y de monómero en el primer reactor de polimerización.
- 17.- El sistema de la Reivindicación 13, que además comprende un concentrador de sólidos dispuesto en el primer reactor de polimerización.
- 10 18.- El sistema de la Reivindicación 13, que además comprende un concentrador de sólidos dispuesto en el segundo reactor de polimerización.
- 19.- El sistema de la Reivindicación 13, en donde la relación de una longitud equivalente del conducto a una longitud equivalente más larga del primer reactor de polimerización y del segundo reactor de polimerización es 25 % a 50 %.
- 20.- Un sistema para producir polietileno, que comprende:
- 15 un primer reactor de polimerización configurado para hacer circular de etileno, un primer diluyente, y un catalizador sobre un soporte sólido bajo un primer conjunto de condiciones para producir un primer polímero de polietileno en una primera suspensión;
- un primer dispositivo de extracción en continuo localizado en el primer reactor de polimerización configurado para descargar una suspensión de transferencia, teniendo la suspensión de transferencia una concentración promedio de sólidos mayor que una concentración promedio de sólidos de la primera suspensión que circula dentro del primer reactor de polimerización;
- 20 un segundo reactor de polimerización dispuesto aguas abajo del primer reactor de polimerización capaz de recibir la suspensión de transferencia, que hace circular a la suspensión de la transferencia, al etileno, y al primer diluyente y/o a un segundo diluyente bajo un segundo conjunto de condiciones para producir un segundo polímero de polietileno en una segunda suspensión, comprendiendo la segunda suspensión al primer polímero de polietileno y al segundo polímero de polietileno; y
- 25 un segundo dispositivo de extracción en continuo localizado en el segundo reactor de polimerización configurado para descargar una suspensión de producto y para controlar un flujo de la suspensión de transferencia desde el primer reactor de polimerización al segundo reactor de polimerización, en el que la suspensión de producto tiene una concentración promedio de sólidos mayor que la concentración promedio de sólidos de la segunda suspensión.
- 30

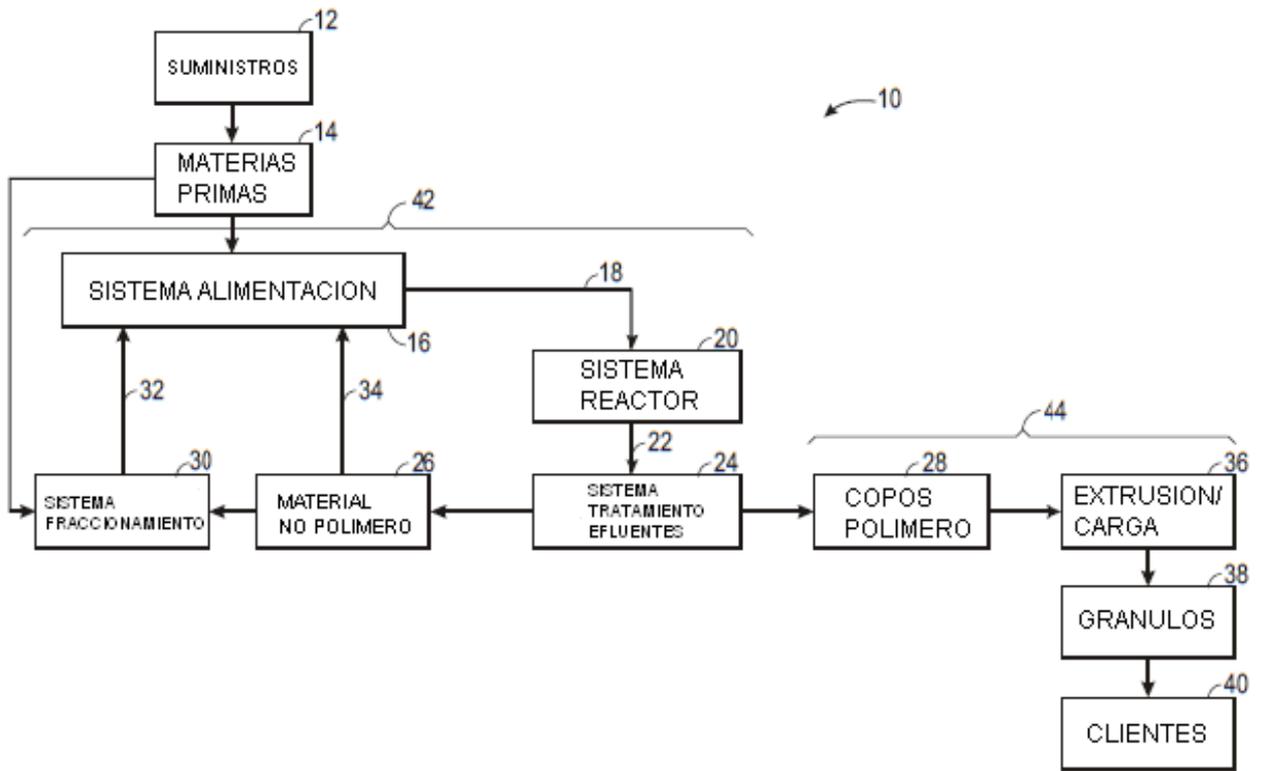


Figura 1

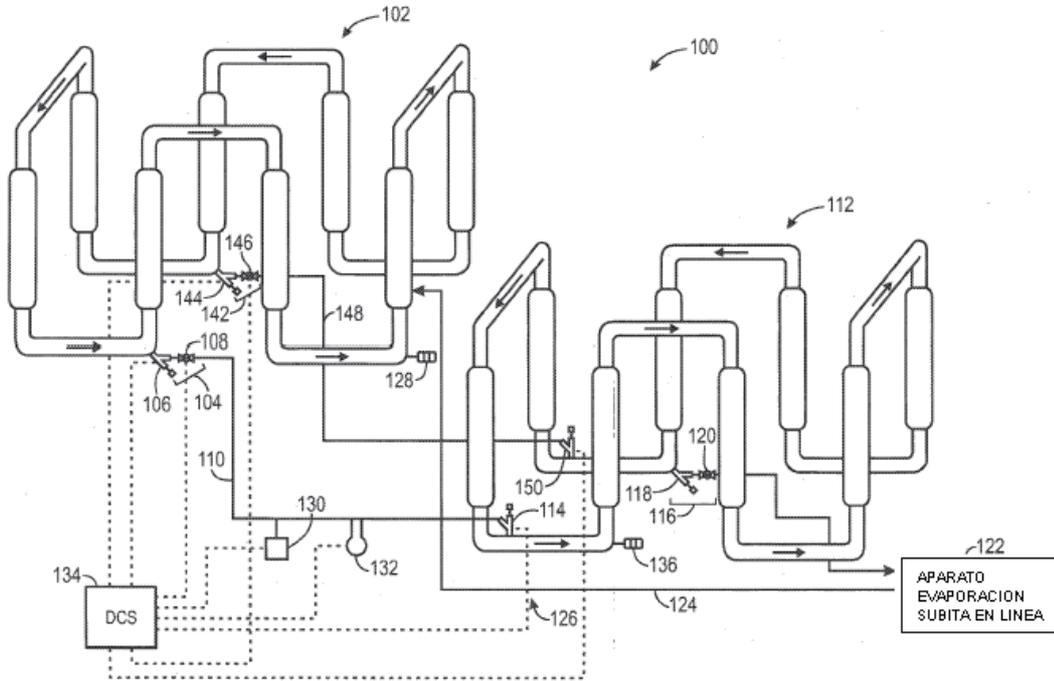


Figura 2

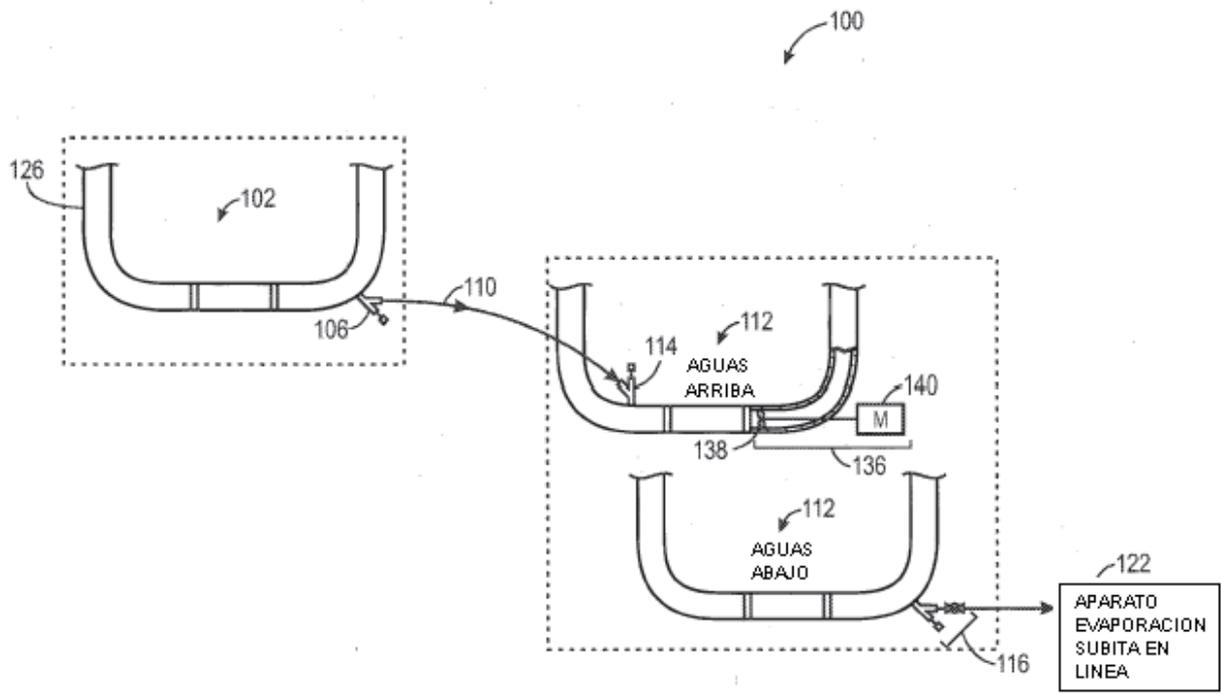


Figura 3

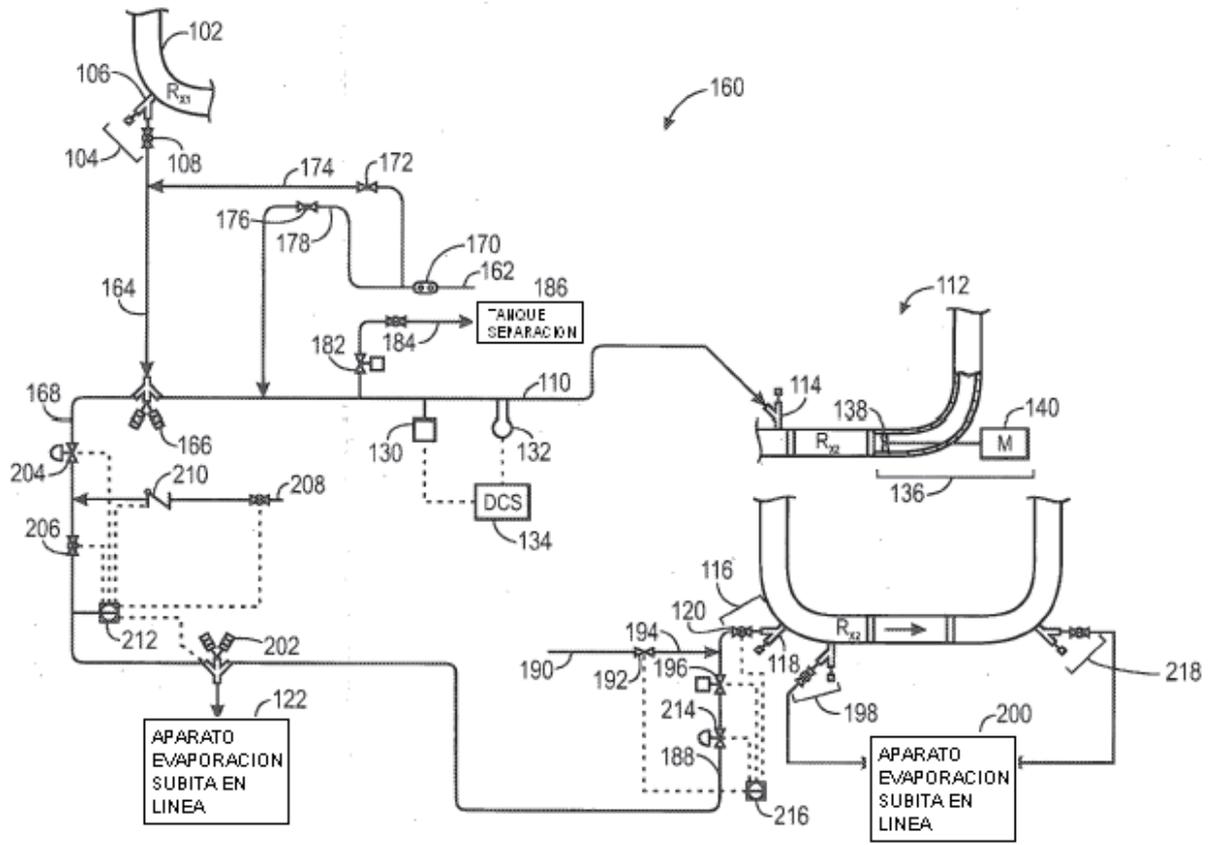


Figura 4

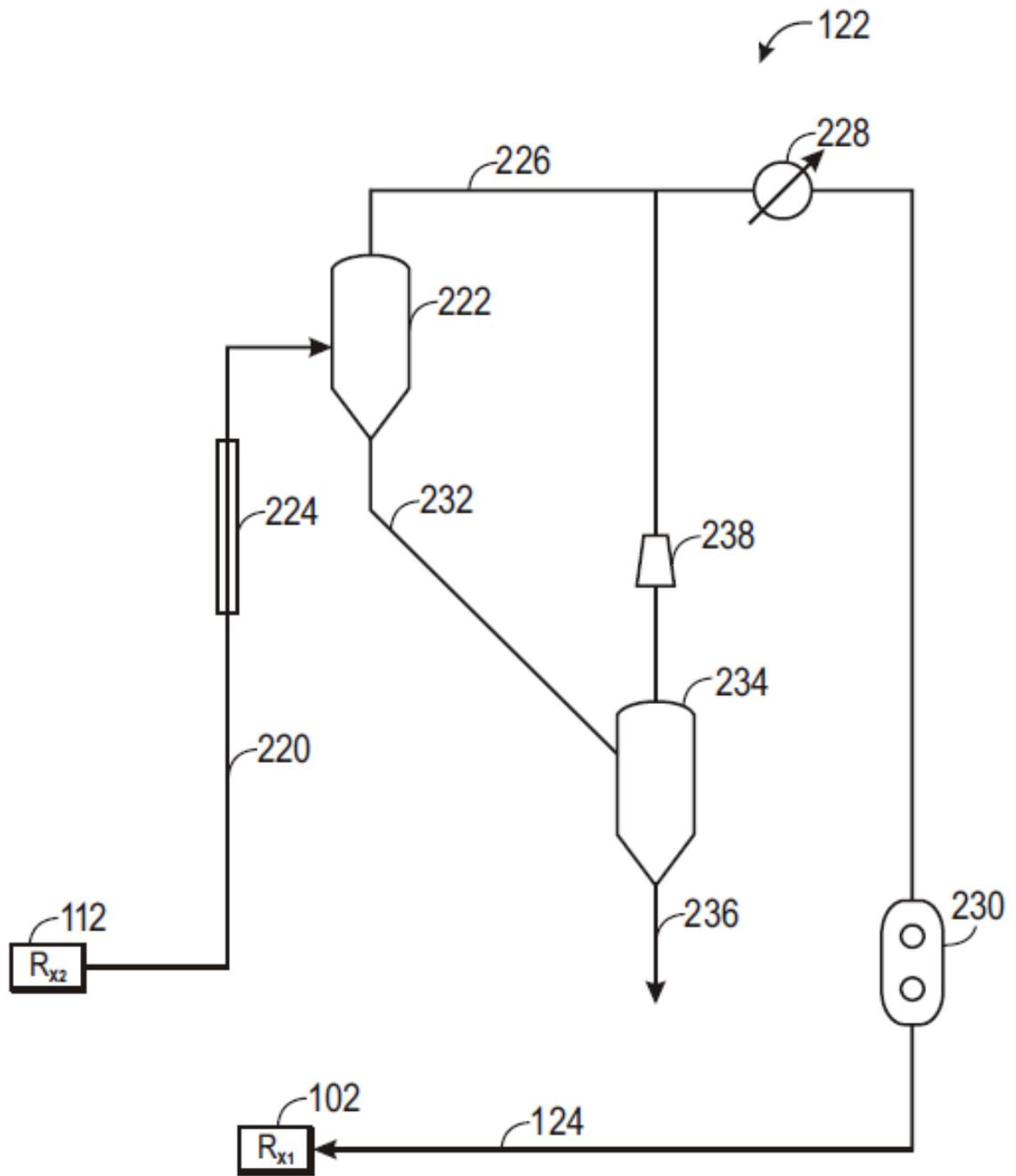


Figura 5

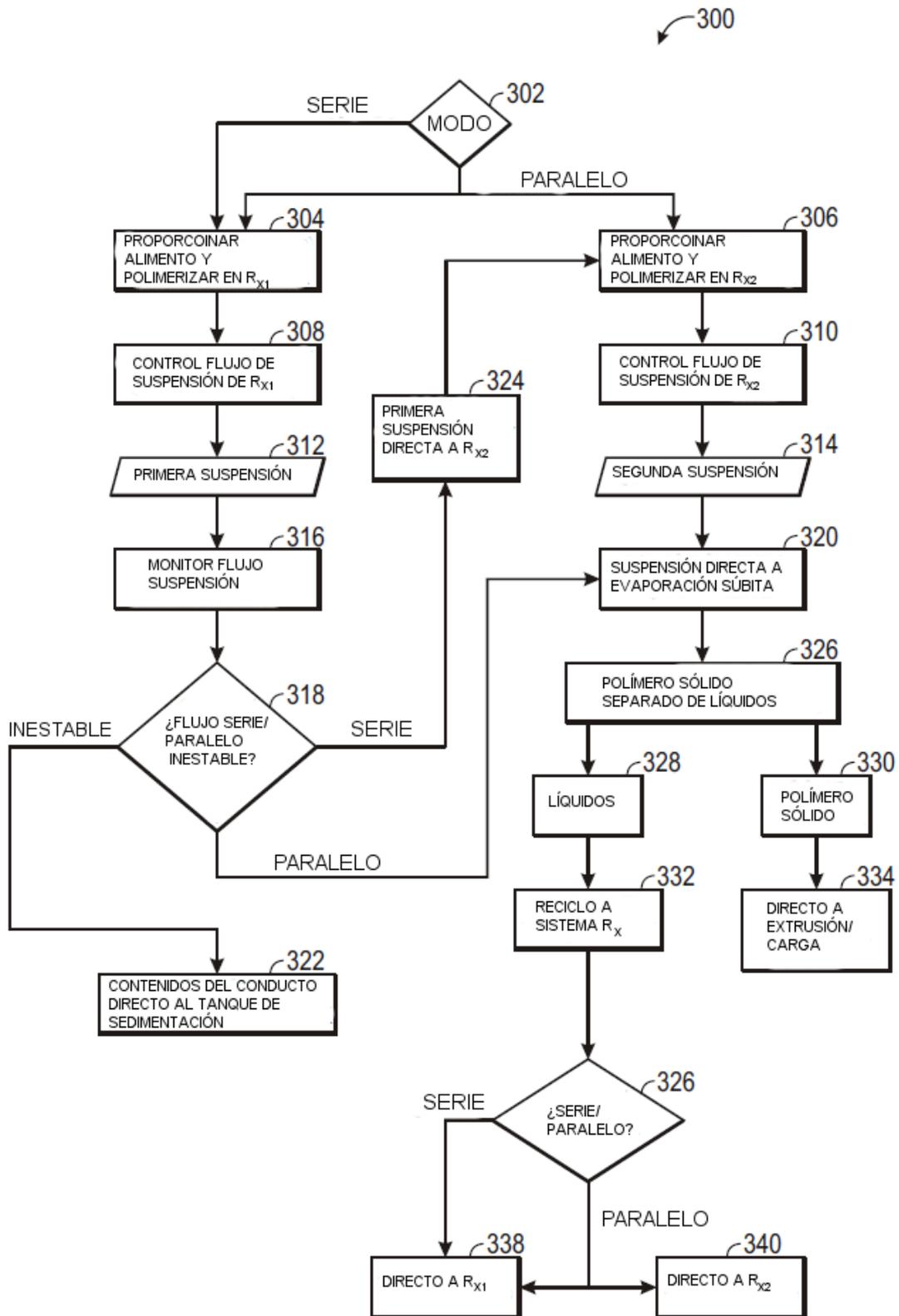


Figura 6