

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 595 221**

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 14157217 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.07.2016 EP 2738184**

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

30 Prioridad:

21.05.2010 US 785333

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

28.12.2016

73 Titular/es:

**CHEVRON PHILLIPS CHEMICAL COMPANY LP
(100.0%)**

**10001 Six Pines Drive
The Woodlands, TX 77380, US**

72 Inventor/es:

HOTTOVY, JOHN D.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 595 221 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 Se pretende que esta sección introduzca 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 admisiones de la técnica anterior.

15 A medida que las tecnologías química y petroquímica han avanzado, los productos de estas tecnologías se han vuelto cada vez más importantes 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 varios plásticos, se han incorporado cada vez más en varios 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), contenedores 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 varios productos industriales.

20 Las poliolefinas se pueden producir a partir de varios 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 en polímeros. En el reactor de fase líquida, se puede utilizar 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 dicho 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 deseadas del polímero, las condiciones de polimerización globales pueden requerir que se emplee más de un reactor, teniendo cada reactor su propio conjunto de condiciones. Dichos polímeros pueden ser polímeros multimodales, donde al menos dos polímeros, teniendo cada uno una fracción de peso molecular diferente, se combinan en un producto polímero. En un sentido general, una poliolefina producida en cada reactor se suspenderá en un diluyente para formar una suspensión de sólidos del producto. Los reactores pueden estar conectados en serie, de tal manera que la suspensión de sólidos del producto de un reactor se puede transferir a un reactor posterior, hasta que se produce un polímero con el conjunto deseado de características. Por ejemplo, se puede producir un polímero bimodal mediante dos reactores en serie; un polímero trimodal puede necesitar tres.

50 En algunos casos, el flujo de la suspensión de sólidos que se transfiere desde un reactor al siguiente puede ser inestable (por ejemplo, una distribución no uniforme de los sólidos a lo largo de la suspensión de sólidos), lo que tiene como resultado la "precipitación salina" de los sólidos del diluyente. Dicha situación puede causar la obstrucción 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 de ensuciamiento extremas 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 mediante la prevención de la obstrucción del reactor y manteniendo las suspensiones de sólidos estables durante la transferencia. La racionalización de dicho proceso que emplea múltiples reactores en serie puede tener como resultado una eficiencia incrementada, un menor tiempo de inactividad del sistema, y una capacidad global aumentada del producto.

Breve descripción de los dibujos

10 Las ventajas de la presente descripción pueden ser evidentes después de la lectura de 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 presentes;

15 La Figura 2 es una vista de conjunto esquemática de un sistema de reactor doble según una realización de las técnicas presentes;

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 presentes;

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

20 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 presentes; y

La Figura 6 es un diagrama de flujo de bloques de un método para operar un sistema de reactor doble según una realización de las técnicas presentes.

Descripción detallada de realizaciones específicas

25 La invención se define en y por las reivindicaciones adjuntas. A continuación se describirán 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 apreciarse 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
30 específicos de los diseñadores, tales como el cumplimiento con las limitaciones relacionadas con los aspectos económicos y las relacionadas con el sistema, que pueden variar de una implementación a otra. Además, 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 expertos en la técnica que tienen el beneficio de esta descripción.

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

Los productos preparados 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 varios 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,
40 botellas y contenedores 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
45 para las poliolefinas se ha traducido en una demanda sustancial de poliolefina 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 operación en continuo. Sin embargo, a lo largo del proceso de poliolefinas se puede emplear una variedad de ambos sistemas en continuo y discontinuo. Volviendo ahora a los
50 dibujos, y haciendo referencia inicialmente a la Figura 1, un diagrama de bloques representa un proceso de

fabricación ejemplar 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. Los 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, trietilboro, y aluminóxano de metilo), y otros aditivos. En el caso del monómero de etileno, la materia prima de etileno ejemplar se puede suministrar a través de la tubería a aproximadamente 56,2-101,9 atm (800-1.450 libras por pulgada cuadrada de presión manométrica (psig)) a 17,2-18,3°C (45-65°F). La materia prima de hidrógeno ejemplar también se puede suministrar a través de tuberías, pero a aproximadamente 63,2-75,3 atm (900-1.000 psig) a 33,2-43,3°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.

15 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, 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 en 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) para eliminar venenos de catalizador en el sistema de alimentación 16. Dichos 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 pueden ser líquidos, gaseosos, o un fluido supercrítico, dependiendo del tipo de reactor o de reactores dentro del sistema reactor 20 que se están alimentando. Además, durante la operación, el sistema de alimentación 16 también puede almacenar, tratar, y medir el efluente recuperado del reactor para reciclarlo al sistema de reactor 20. De hecho, las operaciones en el sistema de alimentación 16 generalmente reciben 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 proporciona típicamente la medición y control de 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 tiene al menos dos recipientes de 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 recipientes de 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 flow rate), 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 del uno o más monómeros de olefinas, típicamente se añade al reactor un catalizador que facilita la polimerización del monómero. El catalizador puede ser 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 dicho catalizador es un catalizador de óxido de cromo que contiene cromo hexavalente sobre un soporte de sílice. Una conversión

incrementada 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 en 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 de sólidos. El diluyente puede incluir isobutano, propano, n-pentano, i-pentano, neopentano, n-hexano, ciclohexano, ciclopentano, metilciclopentano, 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 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 todos los demás 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 mantienen 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 utilizar propano como diluyente, y se puede operar 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 la temperatura y presión crítica del contenido del reactor. Dichos factores pueden incluir, pero no están limitados a, las concentraciones relativas de los componentes de la polimerización, la cantidad de impurezas presentes en 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. Por lo tanto, puede ser deseable monitorizar la naturaleza del contenido del reactor para averiguar si el reactor está operando en condiciones supercríticas. En otras realizaciones, el reactor se puede operar 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 bucle con suspensión de sólidos, un propulsor puede crear una zona de mezclado turbulenta en el medio fluido. El propulsor puede estar accionado por un motor para propulsar el medio fluido, así como cualquier catalizador, copos de poliolefina, u otras partículas sólidas suspendidas en el medio fluido, a través del bucle cerrado del reactor. De forma similar, 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 de alimentación

Una descarga 22 de los reactores dentro del sistema reactor 20 puede incluir los copos de 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 que no ha reaccionado, 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 se pueden devolver entonces 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 los componentes de la polimerización se pueden alimentar de forma controlada al sistema reactor 20.

Los copos de polímero 28 se pueden procesar adicionalmente en el 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 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 aditivos que se han añadido. La extrusora/granuladora calienta y funde la alimentación de la extrusora que luego se puede extrudir (por ejemplo, a través de una extrusora de doble tornillo) a través de un troquel formador de gránulos del sistema de extrusión/carga 36 bajo presión para formar los gránulos de poliolefina 38. Dichos 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 se pueden transportar entonces a un área de carga de producto donde los gránulos se pueden almacenar, mezclar con otros gránulos, y/o cargar en vagones de ferrocarril, camiones, bolsas, y así sucesivamente, 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 lado 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, contenedores de leche, envases para alimentos congelados, revestimientos de latas y cubos, bolsas de la compra, 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 leche de polietileno se puede llenar con leche para su distribución al consumidor, o el depósito de combustible se puede ensamblar 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, máquinas de cabezal de acumuladores, y así sucesivamente. 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 leche de plástico a los depósitos de combustible para automóviles mencionados anteriormente. De forma similar, en el moldeado por inyección, los productos y componentes se pueden moldear para una amplia gama de aplicaciones, que incluyen contenedores, 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 usarse 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, y para los recubrimientos 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 tuberías, es duro, resistente a la abrasión y flexible (incluso a temperaturas bajo cero). Además, las tuberías de HDPE se pueden usar en tuberías de pequeño diámetro y en tuberías de hasta más de 2,4 metros (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 tuberías de conducto y 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 sin 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, las aplicaciones para las resinas Marlex[®] de moldeado en moldes giratorios incluyen tanques agrícolas, tanques para agentes químicos industriales, tanques para almacenamiento de agua potable, contenedores de residuos industriales, equipos de recreo, productos marinos.

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 envasado, tales como tazas para bebidas, envases para delicatessen, bandejas para productos, contenedores de toallitas para bebe y envases para margarina. Otros mercados para la extrusión en lámina de las poliolefinas incluyen aquellos que utilizan láminas relativamente gruesas para aplicaciones industriales y recreativas, tales como revestimientos para el área de carga de camiones, palets, material para embalaje para el sector del automóvil, equipamiento recreativo, y barcos. Un tercer uso para la lámina extrudida, por ejemplo, es en las geomembranas, 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.

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 mayor. Además, el moldeado por soplado en conjunto con las tecnologías de coextrusión monocapa y/o multicapa proporciona la base de trabajo para varias aplicaciones. Las propiedades 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, películas para higiene, y así sucesivamente.

El proceso de película colada puede diferir del proceso de película soplada por las capacidades de templado rápido y orientación unidireccional virtual. Estas características permiten que una línea de película colada, por ejemplo, opere 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.

II.- Control de la presión de múltiples reactores 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 pueden ser 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 unos pocos ejemplos, los polímeros bimodales a menudo tienen éxito en varias 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 implica el moldeado, la extrusión, y semejantes.

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 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 de sólidos. La primera suspensión de sólidos también puede contener el primer monómero o monómeros que no han reaccionado, y el catalizador usado originalmente para polimerizar el primer monómero, así como varios aditivos (por ejemplo, co-catalizadores, activadores, agentes reductores). Para eliminar la primera suspensión de sólidos producida por el primer reactor, algunas de las técnicas existentes proporcionan la retirada de la primera suspensión de sólidos usando bifurcaciones de sedimentación dispuestas a lo largo de la longitud del primer reactor. Por ejemplo, en un reactor de bucle, las bifurcaciones de sedimentación pueden estar dispuestas a lo largo de una o más de las longitudes horizontales del reactor de bucle 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 de sólidos.

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 sólidos de transferencia (es decir, la primera suspensión de sólidos retirada) junto con un segundo monómero, que puede o no puede ser el mismo que el primer monómero. Por ejemplo, el primer monómero puede ser etileno, mientras que el segundo puede ser butileno o propileno. En algunas realizaciones, ambos monómeros pueden ser etileno. Sin embargo, el segundo monómero se

5 polimeriza para formar 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 muestre un conjunto diferente de propiedades que el primer polímero. De hecho, el segundo reactor de polimerización puede tener un conjunto diferente de catalizadores, monómeros, aditivos, co-catalizadores, diluyentes, y condiciones de reacción que el primer reactor de polimerización, lo que permite la producción de polímeros con diferencias de sutiles a drásticas. El primer polímero y el segundo polímero, producidos a partir del mismo monómero, tienen diferentes densidades, y el primer polímero (poliolefina) tiene una primera distribución de peso molecular que se diferencia 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 se miden 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 al menos aproximadamente un 5%, 10%, 15%, 20% o más.

15 Al igual que con la primera suspensión de sólidos, el primer y segundo polímero se pueden suspender por un diluyente líquido o supercrítico como parte de una segunda suspensión de sólidos. Las técnicas existentes, como antes, pueden proporcionar la retirada de la segunda suspensión de sólidos mediante bifurcaciones de sedimentación dispuestas a lo largo de la longitud del segundo reactor (en gran parte de la manera en la que se retira la primera suspensión de sólidos del primer reactor). Típicamente, las bifurcaciones de sedimentación están dispuestas próximas a un propulsor 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 de sólidos 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.

20 Generalmente, las características usadas para introducir la primera suspensión de sólidos 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 incrementar el rendimiento. En algunos sistemas existentes, la primera suspensión de sólidos 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 de sólidos pase a través de la línea. En algunos sistemas tradicionales, la línea de derivación se inicia en el segundo reactor, forma un bucle 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 de sólidos del segundo reactor a través de la línea. A medida que la suspensión de sólidos del segundo reactor circula a través de la línea, ésta incorpora la suspensión de sólidos del primer reactor siempre que se dispare una válvula PTO. A menudo, con el fin de facilitar la transferencia de la suspensión de sólidos de transferencia en el segundo reactor, el primer reactor se opera 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 de sólidos a través de la línea, de tal manera que no precipiten los sólidos de la suspensión de sólidos. Así, la línea de derivación de los sistemas existentes puede tener una velocidad de suspensión de sólidos de aproximadamente 7 metros por segundo y usa aproximadamente el 10 por ciento del flujo total de la suspensión de sólidos en el segundo reactor.

40 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 resultar en una suspensión de sólidos con una concentración promedio de sólidos mayor que la concentración promedio de sólidos del grueso de la suspensión de sólidos que fluye en el reactor. Así, como a menudo es deseable para la formación de un polímero multimodal usando procesos continuos, las suspensiones de sólidos que se retiran de las bifurcaciones de sedimentación típicamente alcanzan una concentración promedio de sólidos mayor 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 la operación en continuo y con el aumento de escala de los reactores de polimerización. Por ejemplo, la imposición de una técnica "discontinua", tal como el uso de las bifurcaciones de sedimentación en un proceso en continuo puede afectar el rendimiento de un sistema. Cada vez que una bifurcación de sedimentación libera suspensión de sólidos (por ejemplo, se dispara una válvula PTO), se perturba el flujo de la suspensión de sólidos en ambas partes aguas arriba y aguas abajo del reactor, incrementando el riesgo de ensuciamiento del reactor y/o de producto fuera de especificaciones. Además, las bifurcaciones de sedimentación, comúnmente conocidas en la técnica por tener un diámetro de aproximadamente 15,2 a 20,3 cm (6 a 8 pulgadas), requieren un mantenimiento frecuente debido a las grandes válvulas y a los cierres herméticos necesarios para la operación apropiada del sistema. De hecho, el diámetro de los reactores típicos, comúnmente conocidos en la técnica por ser de aproximadamente 50,8 - 76,2 cm (20 - aproximadamente 30 pulgadas), no permite 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 tiempo de residencia suficiente de la suspensión de sólidos circulante.

Las técnicas actuales que emplean bifurcaciones de sedimentación intentan conseguir un comportamiento semejante al 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 dispara). En otras palabras, cuantas más bifurcaciones de sedimentación se emplean en un proceso, más semejante a uno continuo puede llegar a ser el proceso, al menos en teoría. Sin embargo, en la práctica, ahora se reconoce que, debido a las dimensiones relativamente grandes de cada bifurcación de sedimentación y al gran tamaño de los reactores a escala mundial, el número de bifurcaciones de sedimentación requeridas 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. Dichas características pueden utilizar 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, líneas de transferencia menores entre los reactores en serie, menos líneas obstruidas, y un sistema de tuberías más sencillo. Además, los dispositivos CTO también pueden eliminar la necesidad de una línea de derivación.

A. Reactores en serie que usan dispositivos CTO

Haciendo referencia ahora a la Fig. 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 la operación del sistema 100, un primer reactor 102 produce una suspensión de sólidos que, por encima de ciertas presiones de operación, 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 de sólidos del primer reactor 102. Las válvulas pueden ser, como se muestra en la realización ilustrada, una válvula de tipo "ariete" 106 y una válvula de bola conformada en v 108. La válvula de ariete 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 aumentar 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 de sólidos retirada. Un dispositivo CTO se puede referir como un "concentrador de sólidos" porque la operación de un dispositivo CTO puede tener como resultado una concentración promedio de sólidos superior de una suspensión de sólidos retirada con respecto a la concentración promedio de sólidos de la suspensión de sólidos que circula en el reactor 102. Además, algunos dispositivos CTO (concentradores de sólidos), como se ha señalado anteriormente, pueden tener extensiones en la suspensión de sólidos que circula dentro del reactor para aumentar la extracción de sólidos y la concentración de sólidos. A continuación, en la presente memoria, se describirán con más detalle dichas realizaciones de la extensión. En algunas realizaciones, la válvula de ariete 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 de sólidos. El dispositivo CTO 104 puede dirigir, usando la válvula de ariete 106, una parte de la suspensión de sólidos para que salga del primer reactor 102 como una suspensión de sólidos de transferencia. El dispositivo CTO 104 puede entonces controlar, usando la válvula de bola conformada en v 108, el flujo de la suspensión de sólidos 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 ariete 114 para permitir que la suspensión de sólidos entre en el segundo reactor 112. En algunas realizaciones, la válvula de ariete 114 (o punto de entrada) en el segundo reactor 112 está en el lado superior de la sección del reactor de bucle o en la parte interior de un codo del segundo reactor 112 de tal modo que se minimicen los sólidos en el área de la entrada al segundo reactor 112. En dicha configuración, esto puede reducir la obturación en situaciones de bajo flujo, ausencia de flujo o flujo inverso. En operación, la introducción de la suspensión de sólidos de transferencia desde el primer reactor 102 al segundo reactor 112 facilita la producción de una segunda suspensión de sólidos 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 ariete 118 y en algunas realizaciones una válvula de bola conformada en v 120) dando lugar a un aparato de evaporación súbita en línea 122. Durante la operación, el aparato de evaporación súbita en línea 122 puede separar un medio líquido de la segunda suspensión de sólidos de un producto polímero de la segunda suspensión de sólidos. El medio líquido se puede entonces reciclar y dirigirse de vuelta, a través de la línea de reciclado 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 en la línea de reciclado 124 que va desde el aparato de evaporación súbita en línea 122 al primer reactor 102.

Para incrementar la eficacia del proceso de polimerización en continuo, en algunas realizaciones, el dispositivo CTO 104 puede estar colocado y orientado de forma precisa para incrementar la concentración de sólidos de la suspensión de sólidos 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 Fig. 2, el dispositivo CTO 104

puede tener la válvula de ariete 106 posicionada sobre una curvatura del primer reactor 102. En algunas realizaciones, la válvula de ariete 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 posicione delante de un dispositivo motriz 128 que, durante la operación, sirva para hacer circular y mezclar el grueso de la suspensión de sólidos dentro del primer reactor 102. El posicionamiento de la válvula de ariete 106 de esta manera puede permitir al dispositivo CTO 104 recoger la suspensión de sólidos de un estrato del grueso de la suspensión de sólidos circulante 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 de sólidos puede mostrar estratos que tienen diferentes concentraciones de sólidos respecto a 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 de sólidos. Es decir, a una menor velocidad de circulación de la suspensión de sólidos, las partes más pesadas de la suspensión de sólidos (por ejemplo, los sólidos) se pueden transportar a lo largo de una parte de la suspensión de sólidos 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 de sólidos 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 PTO. Por consiguiente, el dispositivo CTO 104, dispuesto y orientado de manera precisa y con la válvula de ariete 106 que tiene una extensión en el primer reactor 102, puede ser particularmente ventajoso en determinadas realizaciones de operación del sistema 100 al limitar la cantidad de materiales (por ejemplo, diluyente, monómero y co-monómero que no han reaccionado) diferentes del producto poliolefina (es decir, sólidos) presente dentro de la suspensión de sólidos retirada (transferida).

En realizaciones donde la válvula de ariete 106 tiene una extensión en el primer reactor 102, la extensión puede sobresalir dentro de la suspensión de sólidos que fluye próxima a una superficie inferior del primer reactor 102. En dichas realizaciones, la extensión puede ser una protuberancia de la válvula de ariete 106, de manera tal que los sólidos dentro del flujo de la suspensión de sólidos 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 de sólidos. Por consiguiente, los sólidos recogidos se pueden retirar a través de la válvula de ariete 106, teniendo la suspensión de sólidos una concentración de sólidos mayor que la concentración promedio de sólidos de la suspensión de sólidos que fluye a través del reactor 102. Por lo tanto, en la medida en la que los dispositivos CTO que tienen dichas extensiones incrementan las concentraciones de sólidos en las suspensiones de sólidos retiradas, un dispositivo CTO que tiene una protuberancia en la suspensión de sólidos que circula dentro del reactor también se puede referir como un concentrador de sólidos. En algunas realizaciones, la protuberancia puede ser una protuberancia curvada, tal como una pala, que permite la recogida eficiente de los sólidos.

En la medida en la que la extensión y la válvula de ariete 106 permiten que la suspensión de sólidos retirada tenga una mayor concentración de sólidos que la concentración promedio de sólidos de la suspensión de sólidos que circula dentro del primer reactor 102, la extensión (protuberancia) y la válvula de ariete 106 se pueden considerar como un concentrador de sólidos. Además, cabe señalar que el segundo reactor 112 también puede incluir uno o más concentradores de sólidos. Por ejemplo, la válvula de ariete 118 puede tener una extensión o protuberancia en la suspensión de sólidos que circula dentro del segundo reactor 112. Por lo tanto, cabe señalar que aunque que la extensión de la válvula de ariete 106 en el primer reactor 102 se discute actualmente en el contexto de la retirada de la suspensión de sólidos del primer reactor 102, las realizaciones descritas en la presente memoria son sustancialmente igualmente aplicables a la retirada de suspensión de sólidos del segundo reactor 112. Como tal, la suspensión de sólidos 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 ariete 106 puede tener una extensión en la forma de un tubo que se extiende en la suspensión de sólidos que fluye a través del reactor 102. En esta realización, el tubo puede estar curvado hacia el flujo de la suspensión de sólidos que circula a través del reactor con una abertura para recibir una parte de la suspensión de sólidos. En una realización según este aspecto, la extensión puede estar dispuesta próxima a 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 de sólidos 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 las configuraciones que utilizan un aspecto de la técnica actual, un reactor de polimerización puede producir un polímero que tiene un alto peso molecular y una baja densidad y el otro reactor de polimerización puede producir un polímero que tiene un menor peso molecular y una mayor densidad. 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 la presente memoria 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 basados en líquidos (por ejemplo, 1-hexeno) y bajas cantidades de agente de transferencia de cadena de hidrógeno. En algunas de estas realizaciones, la primera suspensión de sólidos en el primer reactor 102 puede tener niveles relativamente bajos de monómero etileno (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, aproximadamente 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 de sólidos con un alto contenido de sólidos (es decir, un bajo contenido de 1-hexeno), facilitando así la producción de un polímero de alta densidad de 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 ariete 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 operación de la válvula de ariete 106, donde la entrada a la línea de transferencia 110 puede permanecer abierta y no obturarse debido al mecanismo de "desatasco" de la válvula 106 cuando ésta se cierra periódicamente. La válvula de ariete 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 ariete 106 puede estar automatizada. Si durante el curso de la operación se detecta una fuga u otro factor de operación negativo por un sensor (tal como un sensor de presión 130 y/o un sensor de flujo 132), la válvula de ariete 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 ariete dentro del sistema 100 también puede permitir otras condiciones deseables de operación, tales como la operación en paralelo al cerrar ambos extremos de la línea de transferencia 110, aislando a su vez el primer reactor 102, la línea de transferencia 110 y el segundo reactor 112 entre sí. 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 de sólidos producida en el primer reactor 102 al segundo reactor 112 a través de la válvula de ariete 106. Para evitar la precipitación salina del sólido de la suspensión de sólidos de transferencia en la línea de transferencia 110, se puede mantener una velocidad mínima de tal manera que la velocidad sea suficiente para suspender las partículas en el diluyente. Por consiguiente, para evitar la obturación potencial 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 sólidos de transferencia a través de la línea de transferencia 110. En el diseño de dichos sistemas, puede ser útil predeterminedar la velocidad adecuada para prevenir la precipitación salina en la línea de transferencia 110. Por consiguiente, en algunos aspectos, la velocidad adecuada para evitar precipitación salina en 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, varias 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 de sólidos 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 utilizan válvulas de extracción por presión y/o bifurcaciones de compartimentación. 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 sólidos de transferencia, incluso en longitudes de línea de transferencia que sobrepasan aproximadamente 30,5 m (100 pies), 61,0 m (200 pies), 91,5 m (300 pies), 121,9 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 sólidos de transferencia entre el primer reactor 102 y el segundo reactor 112 puede ser una consideración de diseño cuando se determina una velocidad adecuada de la suspensión de sólidos 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 el primer reactor 102 y el segundo reactor 112. Para abarcar una longitud horizontal de, por ejemplo, 30,5 m (100 pies), la línea de transferencia 110 puede tener aproximadamente 67,1 m (220 pies), 134,1 m (440 pies) o más de longitud de línea, teniendo en cuenta los codos, curvas, bucles, curvaturas, y así sucesivamente 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 67,1 m (220 pies), 134,1 m (440 pies) o más a través de la tubería con el fin de pasar entre los reactores 102, 112, que pueden estar separados por una distancia de 30,5 m (100 pies).

La longitud real de línea (por ejemplo, los 73,1 m (240 pies), 134,1 m (440 pies) o más) se puede referir como la "longitud equivalente de línea" de la distancia horizontal entre los reactores (por ejemplo, 30,5 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 aproximadamente 61,0 m (200 pies). Específicamente, como ejemplo, la longitud equivalente de línea de cada reactor 102, 112 puede ser aproximadamente 268,2 m (880 pies) o más. Por lo tanto, puede ser posible representar la relación de la longitud equivalente de línea de la línea de transferencia 110 respecto 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 sólidos de transferencia. En configuraciones donde la longitud equivalente del primer reactor 102 y/o del segundo reactor 112 son aproximadamente 268,2 m (880 pies) con 30,5 m (100 pies) de distancia horizontal entre ellos, la longitud equivalente de la línea de transferencia 110 sería de aproximadamente 67,1 m (220 pies) a una relación de aproximadamente 25% o aproximadamente 134,1 m (440 pies) a una relación de aproximadamente 50%. De hecho, dichas relaciones pueden ser apropiadas cuando se usan dispositivos CTO para facilitar la transferencia de la suspensión de sólidos, mientras que otras configuraciones, tales como las que utilizan válvulas PTO, pueden no ser capaces de proporcionar una velocidad suficiente de suspensión de sólidos a dichas relaciones, lo que puede resultar en 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 sólidos 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 cm (8 pulgadas)). La línea de transferencia 110 se puede diseñar para mostrar un diámetro en el intervalo de aproximadamente 2,5 a 10,2 cm (1 a 4 pulgadas), lo que puede resultar en velocidades de diseño que varían de aproximadamente 1,2 m (4 pies)/s a aproximadamente 9,1 m (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 o aproximadamente 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 menor de aproximadamente 7,6 cm (3 pulgadas) de tal manera que se pueden evitar las válvulas de tamaño más grande (por encima de aproximadamente 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 operación, 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 de aproximadamente el 50%, de entre aproximadamente 1,2 m (4 pies)/s para una resina de polietileno de alto peso molecular y baja densidad. De este modo, con el dispositivo CTO empleado (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 aproximadamente 6,1-9,1 m (20 a 30 pies)/s (por ejemplo, aproximadamente 8,5 m (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 toneladas (19.000 lb)/h de diluyente isobutano, o una velocidad calculada de 2,7 m (8,7 pies)/s, puede ser la velocidad requerida para evitar la precipitación salina de los sólidos de la suspensión de sólidos bajo las condiciones del reactor. Por consiguiente, la línea de transferencia puede tener una velocidad de diseño que varía entre 1,2 m (4 pies)/s y 9,1 m (30 pies)/s (por ejemplo, entre 1,5 m (5 pies)/s y 8,5 m (28 pies)/s, aproximadamente 2,5 m (8 pies)/s y 7,6 m (25 pies)/s, 3,0 m (10 pies)/s y 6,1 m (20 pies)/s, 4,0 m (13 pies)/s y 5,5 m (18 pies)/s. Como se puede apreciar, un diseño dirigido a permitir una velocidad dada del flujo de la suspensión de sólidos a través de la línea de transferencia 110 puede incluir características para modular el flujo de la suspensión de sólidos desde el primer reactor 102 al segundo reactor 112. Dichas características pueden incluir la válvula de bola conformada en v 108 del dispositivo CTO 104.

C. Control de la presión usando dispositivos CTO

En algunos aspectos de la operación 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. Por lo tanto, puede ser deseable incluir características en la línea de transferencia 110 que conecta los reactores en serie para controlar la presión del primer reactor 102. Esto se puede realizar, en ciertas realizaciones, al menos

parcialmente mediante la válvula de bola conformada en v 108 del dispositivo CTO 104 en la línea de transferencia 110. Por ejemplo, al controlar el caudal de la primera suspensión de sólidos 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 de sólidos salga del primer reactor 102. En dicha realización, la operación inversa puede servir para incrementar 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 monitorizar, respectivamente la presión y el caudal de la suspensión de sólidos 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 de manera que la presión y el flujo estén dentro de un intervalo de operación deseado.

Además de controlar al menos parcialmente el flujo de la suspensión de sólidos 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 de sólidos que entra en el segundo reactor 112. En algunas realizaciones, ésta puede controlar al menos parcialmente otros aspectos, tales 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 incrementar o disminuir el flujo de la suspensión de sólidos que entra en el segundo reactor 112, y, de este modo, controla al menos 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 de sólidos 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 de sólidos dentro de un pequeño intervalo, por ejemplo, dentro de 0,15 m (0,5 pies)/s. A la inversa, en algunas de estas realizaciones, la válvula de ariete 106 en el primer reactor 102 puede iniciar o detener por completo el flujo de la suspensión de sólidos 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 ariete 114 que conduce al segundo reactor 112 puede estar abierta de forma continua.

Haciendo referencia ahora a la Fig. 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 dichas 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 de la operación cuando la válvula de ariete 106 en el primer reactor 102 y la válvula de ariete 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 de sólidos producida en el primer reactor 102 fluya a través de la línea de transferencia 110 al segundo reactor 112. En dichas 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 controlar al menos parcialmente por el flujo de la suspensión de sólidos 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 sólidos 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 ariete 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 de sólidos necesaria para prevenir la precipitación salina dentro del primer reactor 102 y del segundo reactor 112. Los expertos en la técnica reconocerán que algunos parámetros importantes a considerar pueden incluir la viscosidad de la suspensión de sólidos (que se puede calcular, por ejemplo, usando una ecuación de Gay-Nelson-Armstrong), el número de Reynolds de la suspensión de sólidos, la rugosidad de la superficie de los sólidos dentro de la suspensión de sólidos, y el diámetro de la tubería del reactor de bucle. Además, el factor de fricción de la suspensión de sólidos se puede calcular usando una ecuación de Colebrook. La velocidad de circulación de la suspensión de sólidos se puede ajustar aún más para tener en cuenta una caída de presión, tal como una caída de presión calculada incluyendo 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 podría calcular usando los métodos conocidos en la técnica, tal como se mencionó anteriormente.

En la realización ilustrada en la Fig. 3, la válvula de ariete 114 está dispuesta en un segmento aguas arriba del segundo reactor 112 próximo y antes del dispositivo motriz 136, que incluye un propulsor 138 y un motor 140. Dicha configuración puede permitir que se reduzca la presión dentro del primer reactor 102. Por ejemplo, dicha localización

5 puede reducir la presión total en el primer reactor 102 a medida que la línea 110 descarga en el punto de menor presión en el segundo reactor 112. Esta localización también puede proporcionar la dispersión de la suspensión de sólidos de transferencia concentrada procedente de la línea 110 mediante la acción de turbulencia y de mezclado del propulsor de la bomba 138. Además, la válvula de ariete 114 puede estar localizada 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 operación, la realización tal como se ilustra debería de este modo permitir el flujo continuo de la suspensión de sólidos desde el primer reactor 102, a través de la línea de transferencia 110, y al segundo reactor 112. En dicha 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 de sólidos 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 sólidos 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 incrementar dentro del primer reactor 102 hasta que su presión sea suficiente para que fluya un volumen igual de suspensión de sólidos al segundo reactor 112 (si los reactores son sustancialmente del mismo tamaño o similares en tamaño). De hecho, si se incrementa la velocidad de la alimentación, la presión del primer reactor 102 puede incrementarse, si disminuye la velocidad de la alimentación, la presión del primer reactor 102 puede disminuir. En dichas 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 el diferencial de presión, la cantidad de suspensión de sólidos de transferencia que fluye a través de la línea de transferencia 110, y/o la cantidad de suspensión de sólidos retirada de cada uno o de ambos reactores 102, 112. En algunas realizaciones, los reactores 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 diferenciales de presión, diferenciales de volumen de suspensiones de sólidos, y así sucesivamente. Según las presentes realizaciones, 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. Múltiples líneas de transferencia

El sistema 100 también puede tener características dispuestas de tal manera que una línea de transferencia obstruida no afectará sustancialmente el rendimiento de los reactores en serie. Tal como se realiza en la Fig. 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. Dichas características pueden incluir un dispositivo CTO adicional 142 que incluye una válvula de ariete 144 y una válvula de bola conformada en v 146 configuradas para retirar la suspensión de sólidos desde el primer reactor 102 y transferir la suspensión de sólidos, a través de una línea de transferencia adicional 148, al segundo reactor 112. Al igual que con la línea de transferencia primaria 110, la línea de transferencia adicional 148 puede acoplarse al segundo reactor usando una válvula de ariete 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 ariete 106 (siendo la combinación el dispositivo CTO 104) que se cierre, y casi simultáneamente que se abra la válvula de ariete 144 y/o la válvula de bola conformada en v 146 (siendo la combinación el dispositivo CTO adicional 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 de sólidos retirada (por ejemplo, velocidad de la suspensión de sólidos, contenido de sólidos estratificados) sean sustancialmente las mismas. En algunas realizaciones, las válvulas de ariete 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 de sólidos experimenta estratificación como resultado de una velocidad incrementada y localizada de la suspensión de sólidos. De hecho, en algunas realizaciones, las válvulas de ariete 106 y 144 de los dispositivos CTO 104 y 142 pueden estar configuradas para retirar la suspensión de sólidos desde aproximadamente la misma área en el primer reactor 102. De forma similar, las líneas de transferencia 110 y 148 pueden estar configuradas para enviar la suspensión de sólidos 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 la suspensión de sólidos 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 de sólidos desde el primer reactor 102 al segundo reactor 112 de tal manera que la suspensión de sólidos 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 acoplan de forma fluida con el segundo reactor 106 se puede disponer próximo al 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 válvulas 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 operar simultáneamente o aproximadamente simultáneamente. Es decir, en algunas realizaciones, las válvulas en la línea de transferencia 110 y la línea de transferencia 148 pueden estar abiertas de tal manera que la suspensión de sólidos 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 incrementa 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.

15 E. Mantenimiento de las líneas

Haciendo referencia ahora a la Fig. 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 el mantenimiento de forma independiente de las líneas de transferencia y/o para operar 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 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 la conmutación entre las líneas de transferencia, sino que también facilitan el mantenimiento de cada línea de forma independiente. Como se ilustra, las características para el mantenimiento 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 primaria 164. Cabe señalar que en la realización ilustrada, la línea primaria 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 de sólidos 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 remanentes de las líneas 110 y 164. Dichas 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 primaria 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 el mantenimiento 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, conduciendo la válvula de drenaje 182 a una línea de drenaje 184 que transporta 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 Fig. 2, tener monitores de presión y de flujo 128 y 132, de tal manera que el proceso se pueda configurar para operarlo manualmente o de forma automatizada por el DCS 134.

Durante la operación, si la línea de transferencia 110 se llega a obturar, la válvula de ariete 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 de sólidos 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 y 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 remanentes y semejantes. 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 la operación de drenaje de la suspensión de sólidos y así sucesivamente hasta el tanque de separación 186 puede incluir la limpieza mediante arrastre con líquido del reactor 102 y del contenido de la línea primaria 164 usando un diluyente (por ejemplo, isobutano) desde la línea de suministro de diluyente 162 para forzar la salida de cualesquiera partículas de polímero remanentes. Específicamente, la línea de suministro de diluyente 162 puede recibir diluyente de una fuente de diluyente (por ejemplo, un tanque 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 primaria 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 igualado o superado por el 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 averiguar 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 de sólidos en la línea 188, que se puede mantener 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 igualado o superado por el 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 el paso del diluyente desde la línea de suministro de diluyente 190 a través del segundo reactor 112 (limpiando mediante arrastre con líquido de ese modo el segundo reactor 112) y fuera 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. Operación en serie y en paralelo

En la Fig. 4 se ilustran de forma adicional las características que pueden permitir que el sistema 160 se cambie de forma fiable de nuevo a un funcionamiento con un solo reactor (operando ambos reactores 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 operar en paralelo (es decir, no en serie). En dichas realizaciones, la retirada de la suspensión de sólidos mediante el dispositivo CTO 104 en la línea primaria 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 (Fig. 2), el segundo reactor 112 puede tener un dispositivo CTO 116 que permite que la segunda suspensión de sólidos 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 de sólidos producida en el primer reactor 102 separada de la línea 188 que lleva la suspensión de sólidos producida en el segundo reactor 112, el sistema 160 puede tener una válvula de desvío 202 que está configurada para permitir selectivamente que cualquiera de las dos líneas entre en el aparato de evaporación súbita en línea 122.

Durante la operación en paralelo, en algunas realizaciones, la presión del primer reactor 102 se puede controlar sustancialmente a través del dispositivo CTO 104 en la línea primaria 164 y/o con otras válvulas dispuestas en la línea 168 que conducen a la evaporación súbita en línea 122 al controlar el flujo de la suspensión de sólidos 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 de sólidos se puede reciclar de nuevo 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 de sólidos 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 utilizar para limpiar mediante arrastre con líquido la línea 168 con diluyente en el caso en el 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 del área 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 limpie mediante arrastre con líquido selectivamente. La línea 168 procedente del primer reactor 102 también puede tener una unidad de control compartida/visualización compartida 212, de tal manera que el proceso de transferencia de la suspensión de sólidos y de limpieza mediante arrastre con líquido de la línea 168 se pueda controlar al menos parcialmente en una localización.

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 de sólidos que sale del segundo reactor 112 puede fluir a través de la línea 188. El caudal de la suspensión de sólidos que sale del segundo reactor 112 se puede controlar al menos

parcialmente mediante la válvula de ariete 118, la válvula de bola conformada en v 120, o por ambas, del dispositivo CTO 116. Una válvula de diafragma 214, también puede controlar al menos parcialmente el flujo de la suspensión de sólidos a través de la línea 188. La suspensión de sólidos se puede dirigir a la válvula de desvío 202, que puede dirigir el flujo de la segunda suspensión de sólidos 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 retirada continua de la suspensión de sólidos, el mantenimiento de la línea y los procesos de limpieza mediante arrastre con líquido asociados con el segundo reactor 106 en una localización.

En algunos aspectos, los controladores 134, 202 y 216 pueden estar en comunicación el uno con el otro. En dichos aspectos, los controladores pueden cambiar de forma fiable el sistema 160 entre operación en paralelo y en serie. Por ejemplo, si se desea la operación en paralelo, el controlador 134 puede operar las válvulas de desvío 166 y 202 para dirigir la suspensión de sólidos que sale del primer reactor 102 a la línea 168 que conduce al aparato de evaporación súbita en línea 122. De una forma casi simultánea, la válvula de ariete 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 de sólidos a través de la línea 168 usando las válvulas 204 y 206, cambiando de este modo las presiones de operación, los caudales de la suspensión de sólidos, y factores similares dentro de la línea 168 para adaptarse a cualquier número de nuevos parámetros que puedan resultar del cambio a la operación en paralelo. De forma similar, el controlador 216 puede entonces realizar operaciones que incluyen dirigir la válvula de diafragma 214 para controlar el flujo de la segunda suspensión de sólidos 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 sólidos de las líneas 168 y 188, respectivamente, no se mezclen. En algunas realizaciones, por ejemplo, durante la operación en paralelo, el flujo de la suspensión de sólidos 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 la operación en serie durante la operación en paralelo, el controlador 134 puede conmutar la válvula de desvío 166 para dirigir el flujo de la primera suspensión de sólidos desde el primer reactor 102 a la línea primaria 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 de sólidos 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 ariete 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 operación 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 de sólidos 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

Según la presente técnica, los sistemas 100 y 160 utilizan ambos un aparato de evaporación súbita en línea 122 para el aislamiento del producto y el reciclaje del diluyente. La Fig. 5 representa un aparato de evaporación súbita en línea típico 122 que incorpora dichas características. El aparato de evaporación súbita en línea puede incluir características para aislar el producto de polímero de la suspensión de sólidos de producto retirada de forma continua procedente del segundo reactor 112 (en el caso de operación en serie) o del primer reactor 102 y del segundo reactor 112 en el caso de operación en paralelo. Independientemente del modo de operación, la suspensión de sólidos, 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 de suspensión de sólidos 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 utilizar 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 (40°F) a 54,4°C (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 utilizadas 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 una mejor operación 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. Operación del sistema de múltiples reactores

5 Según las realizaciones así descritas, en la Fig. 6 se representa un diagrama de flujo de bloques de un método 300 de operación de un sistema de polimerización con dos reactores, por ejemplo el sistema 100. Además, cabe señalar que el presente método se puede aplicar a múltiples reactores en serie (es decir, más de dos) y que las presentes realizaciones están dirigidas a la operación de dos reactores para facilitar la discusión. Como se representa y se describe en la Fig. 1, en un sentido general, un sistema de alimentación 16 puede alimentar al sistema de reactor 20. Como se muestra en la Fig. 6, sin embargo, puede ser necesario determinar las condiciones de operación deseadas 10 302, tales como, por ejemplo, determinar si el sistema operará en serie o en paralelo. En el caso de operación en serie, el proceso global puede incluir una etapa 304 de alimentación al y la polimerización dentro del primer reactor 102. En el caso de operación en paralelo, además de 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 de sólidos, y pueden tener las etapas 308 y 310, respectivamente, de control de la velocidad a la que se extraen de 15 forma continua sus respectivas suspensiones de sólidos. Estas etapas pueden incluir el uso de características tales como CTO 104 dispuesto en el primer reactor 102 para controlar el flujo de la primera suspensión de sólidos 312 y un CTO 116 dispuesto en el segundo reactor 112 para controlar el flujo de la segunda suspensión de sólidos 314.

20 Haciendo referencia al flujo de proceso según el primer reactor de polimerización 102, la primera suspensión de sólidos 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 primaria 164 descrita en la Fig. 4. Se debe apreciar que el flujo de la primera suspensión de sólidos 312 a través de la línea de transferencia 110 o de la línea primaria 164 se puede monitorizar de un modo continuo, según el bloque 316. Como se ha mencionado, una ventaja principal de operar un sistema de polimerización de reactor dual según la presente técnica es que el sistema se puede conmutar 25 entre la operación en serie y la operación en paralelo usando las características de las etapas 308 y 310 y las características descritas en la Fig. 4. De este modo, según una determinación intraoperatoria 318 de operación 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 operación negativo, el flujo de la primera suspensión de sólidos 312 se puede dirigir a un número de diferentes vías. Por ejemplo, si se desea la operación en paralelo, el flujo de la primera suspensión de sólidos 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 operación negativa, la primera suspensión de sólidos 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 Fig. 4. Por el contrario, si se está realizando la operación en serie, la primera suspensión de sólidos 312 como se indica por el bloque 324, puede continuar a través de la línea de transferencia 35 110 hacia el segundo reactor 112.

Se debe apreciar que durante la operación 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 la operación en serie en serie, la etapa 306 puede seguir a la etapa 324. Es decir, la primera suspensión de sólidos 312 se puede dirigir al segundo reactor 40 112 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 de sólidos 312, formando la segunda suspensión de sólidos 314. Sin embargo, se debe apreciar que en el curso de la operación en paralelo, la segunda suspensión de sólidos 314 no puede incorporar la primera suspensión de sólidos 312.

45 Como se ha mencionado, el proceso según el segundo reactor 112 puede incluir la etapa 310 para controlar el flujo de la segunda suspensión de sólidos 314 que sale del reactor 112. En ciertas realizaciones, tales como las descritas con respecto a la Fig. 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 de sólidos 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 de sólidos 314, que puede o no puede incluir a la primera suspensión de sólidos 312 (dependiendo del modo de operación), se puede dirigir, según la etapa 320 mencionada anteriormente, al aparato de evaporación súbita en línea 122. Por ejemplo, durante la operación en paralelo, el aparato de evaporación súbita en línea 122 recibirá la primera suspensión de sólidos 312 independientemente de la segunda suspensión de sólidos 314. Durante la operación en 50 serie, la segunda suspensión de sólidos 314 puede incorporar la primera suspensión de sólidos 312.

55 El aparato de evaporación súbita en línea 122, como se describe en la Fig. 5, puede separar, en una etapa 326, un medio líquido 328 de un producto polímero 330 de la suspensión o de las suspensiones de sólidos 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 un área de extrusión/carga para su posterior procesamiento, tal como la extrusión/carga

36 descrita en la Fig. 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, puede hacerse una determinación final de la operación en serie o en paralelo, según la etapa 336, para determinar a dónde se puede dirigir el medio líquido 328. En el caso de operación 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.

Aunque la presente descripción puede ser susceptible de varias modificaciones y formas alternativas, se han mostrado realizaciones específicas como ejemplo en los dibujos y tablas y se han descrito con detalle en la presente memoria. Sin embargo, debe entenderse que no se pretende que las realizaciones estén limitadas a las formas particulares descritas. En lugar de esto, la descripción abarca todas las modificaciones, equivalentes, y alternativas que se encuentren en el alcance de la descripción como se define por las siguientes reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para 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 un primer polímero de poliolefina en una primera suspensión de sólidos;
- descargar una suspensión de sólidos de transferencia que comprende el primer polímero de 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 sólidos de transferencia a través de una línea de transferencia hacia el segundo reactor de bucle usando un primer dispositivo de extracción en continuo localizado en el segundo reactor de polimerización;
- polimerizar un segundo monómero en el segundo reactor de polimerización para formar un segundo polímero de poliolefina en una segunda suspensión de sólidos; y
- 15 en donde uno del primer y segundo reactores de polimerización se opera bajo un conjunto de condiciones para producir un polímero de poliolefina que tiene un alto peso molecular y una baja densidad, y el otro del primer y segundo reactores de polimerización se opera bajo un conjunto de condiciones para producir un polímero de poliolefina que tiene un menor peso molecular y una mayor densidad.
2. El método de la reivindicación 1, en donde bien: (i) el primer reactor de polimerización se opera bajo el conjunto de condiciones para producir el primer polímero de poliolefina que tiene un alto peso molecular y una baja densidad, y en donde el segundo reactor de polimerización se opera bajo el conjunto de condiciones para producir el segundo polímero de poliolefina que tiene un menor peso molecular y una mayor densidad; o (ii) el segundo reactor de polimerización se opera bajo el conjunto de condiciones para producir el segundo polímero de poliolefina que tiene un alto peso molecular y una menor densidad, y en donde el primer reactor de polimerización se opera bajo el conjunto de condiciones para producir el primer polímero de poliolefina que tiene un menor peso molecular y una mayor densidad.
- 20 3. El método según la reivindicación 1, en donde uno del primer y segundo reactores de polimerización produce polietileno de alto peso molecular usando altas cantidades de reactivos basados en líquido y menores cantidades de agente de transferencia de cadena de hidrógeno, y el otro del primer y segundo reactores de polimerización produce polietileno de bajo peso molecular usando bajas cantidades de reactivos basados en líquido y altas cantidades de agente de transferencia de hidrógeno.
- 25 4. El método según la reivindicación 3, en donde bien: (i) para producir polietileno de alto peso molecular en el primer reactor de polimerización, la primera suspensión de sólidos en el primer reactor comprende de 0,5 a 5,0% en peso de monómero de etileno y de 3% en peso a 12% en peso de 1-hexeno, y opcionalmente en donde la segunda suspensión de sólidos en el segundo reactor comprende de 3 a 12% en peso de monómero de etileno, por ejemplo, de 6 a 12% en peso de monómero de etileno; o (ii) para producir polietileno de alto peso molecular en el segundo reactor de polimerización, la segunda suspensión de sólidos en el segundo reactor comprende de 0,5 a 5,0% en peso de monómero de etileno y de aproximadamente 3% en peso a 12% en peso de 1-hexeno, y opcionalmente en donde la primera suspensión de sólidos en el primer reactor comprende de 3 a 12% en peso de monómero de etileno, por ejemplo, de 6 a 12% en peso de monómero de etileno
- 30 5. El método según la reivindicación 1 ó 4, en donde un segundo dispositivo de extracción se dispone es el primer reactor de polimerización se usa para limitar la cantidad de reactivos basados en líquido, por ejemplo, 1-hexeno, transferidos al segundo reactor de polimerización.
- 35 6. El método según cualquier reivindicación precedente, en donde el peso molecular de la poliolefina que tiene el alto peso molecular es al menos 5% mayor que el peso molecular de la poliolefina que tiene el menor peso molecular, por ejemplo al menos 10% mayor, ó 15% mayor, ó 20% mayor.
- 40 7. El método según la reivindicación 1 ó 5, en donde un o el segundo dispositivo de extracción en continuo dispuesto en el primer reactor de polimerización comprende una válvula de ariete, opcionalmente en donde (i) la válvula de ariete está orientada a un ángulo entre 15 a 60 grados de la perpendicular a la tangente sobre el radio exterior de un codo del primer reactor e inclinada en el ángulo de orientación en la dirección hacia el flujo aguas abajo de la suspensión de sólidos, o (ii) la válvula de ariete está posicionada en una curvatura del primer reactor y/o dispuesta
- 45 en el primer reactor en un segmento aguas abajo del primer reactor.
- 50

8. El método según la reivindicación 7, en donde la cantidad de materiales, distintos del primer producto de poliolefina presente en la suspensión de sólidos de transferencia retirada de forma continua, se limita usando la válvula de ariete que tiene una extensión en el primer reactor, opcionalmente en donde la extensión sobresale en la suspensión de sólidos que fluye cerca de una superficie inferior del primer reactor.
- 5 9. El método según cualquier reivindicación precedente, en donde el primer dispositivo de extracción en continuo comprende una válvula de ariete, por ejemplo, una válvula de ariete como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 7-8.
10. Un aparato para producir una poliolefina, que comprende:
- un primer reactor de polimerización;
- 10 un segundo reactor de polimerización dispuesto aguas abajo del primer reactor de polimerización;
- 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 sólidos de transferencia a través del conducto;
- 15 en donde uno del primer y segundo reactores de polimerización está configurado para permitir la producción de un polímero de poliolefina que tiene un alto peso molecular y una baja densidad, y el otro del primer y segundo reactores de polimerización está configurado para permitir la producción de un polímero de poliolefina que tiene un menor peso molecular y una mayor densidad.
- 20 11. El aparato de la reivindicación 10, en donde el dispositivo de extracción en continuo está dispuesto en el segundo reactor de polimerización.
- 25 12. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 10-11, en donde el aparato comprende un segundo dispositivo de extracción en continuo dispuesto en el primer reactor de polimerización, opcionalmente en donde el segundo dispositivo de extracción en continuo comprende una válvula de ariete, opcionalmente en donde (i) la válvula de ariete está orientada a un ángulo entre 15 a 60 grados de la perpendicular a la tangente sobre el radio exterior de un codo del primer reactor e inclinada en el ángulo de orientación en la dirección hacia el flujo aguas abajo de la suspensión de sólidos, o (ii) la válvula de ariete está posicionada en una curvatura del primer reactor y/o dispuesta en el primer reactor en un segmento aguas abajo del primer reactor.

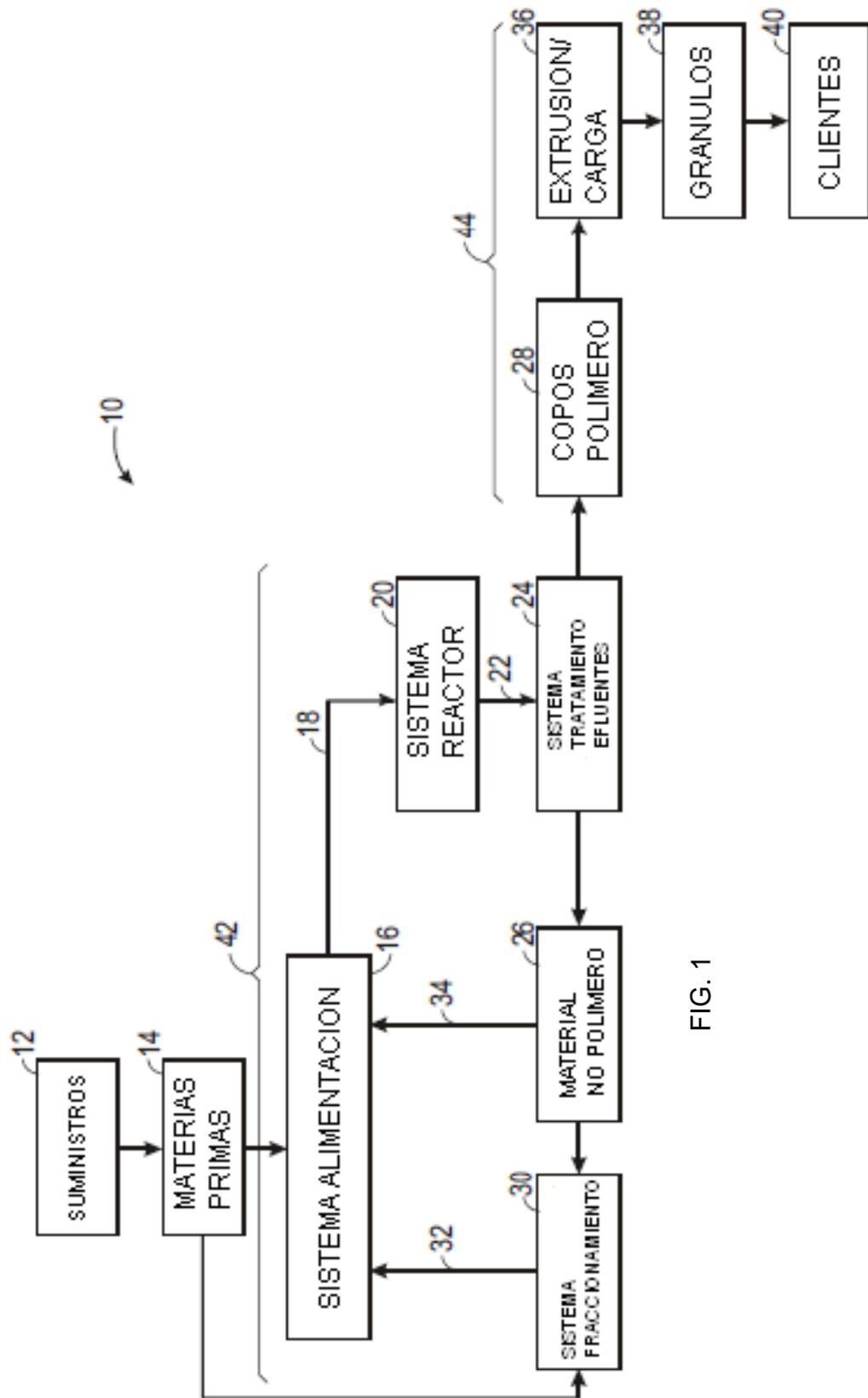


FIG. 1

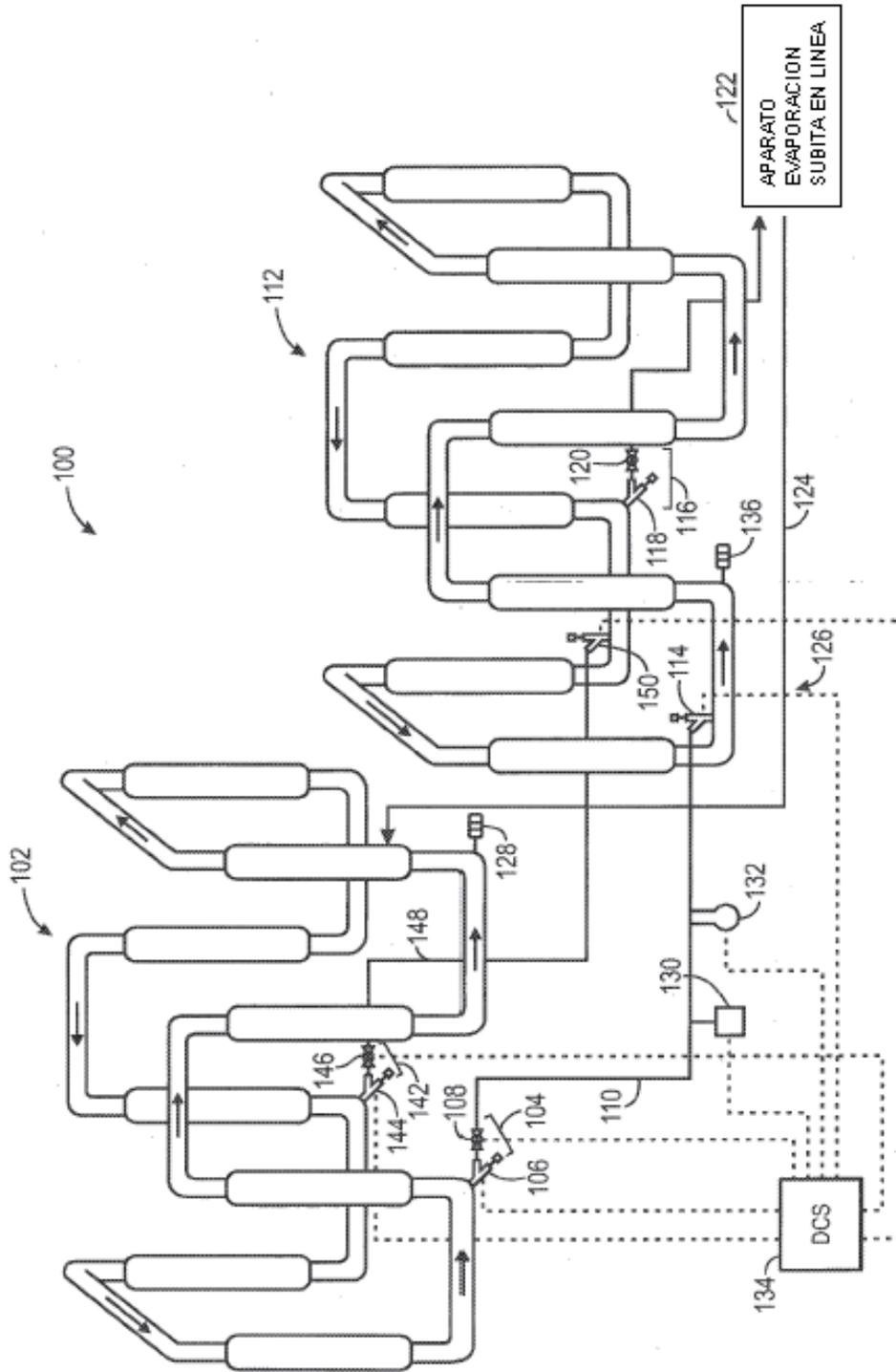


FIG. 2

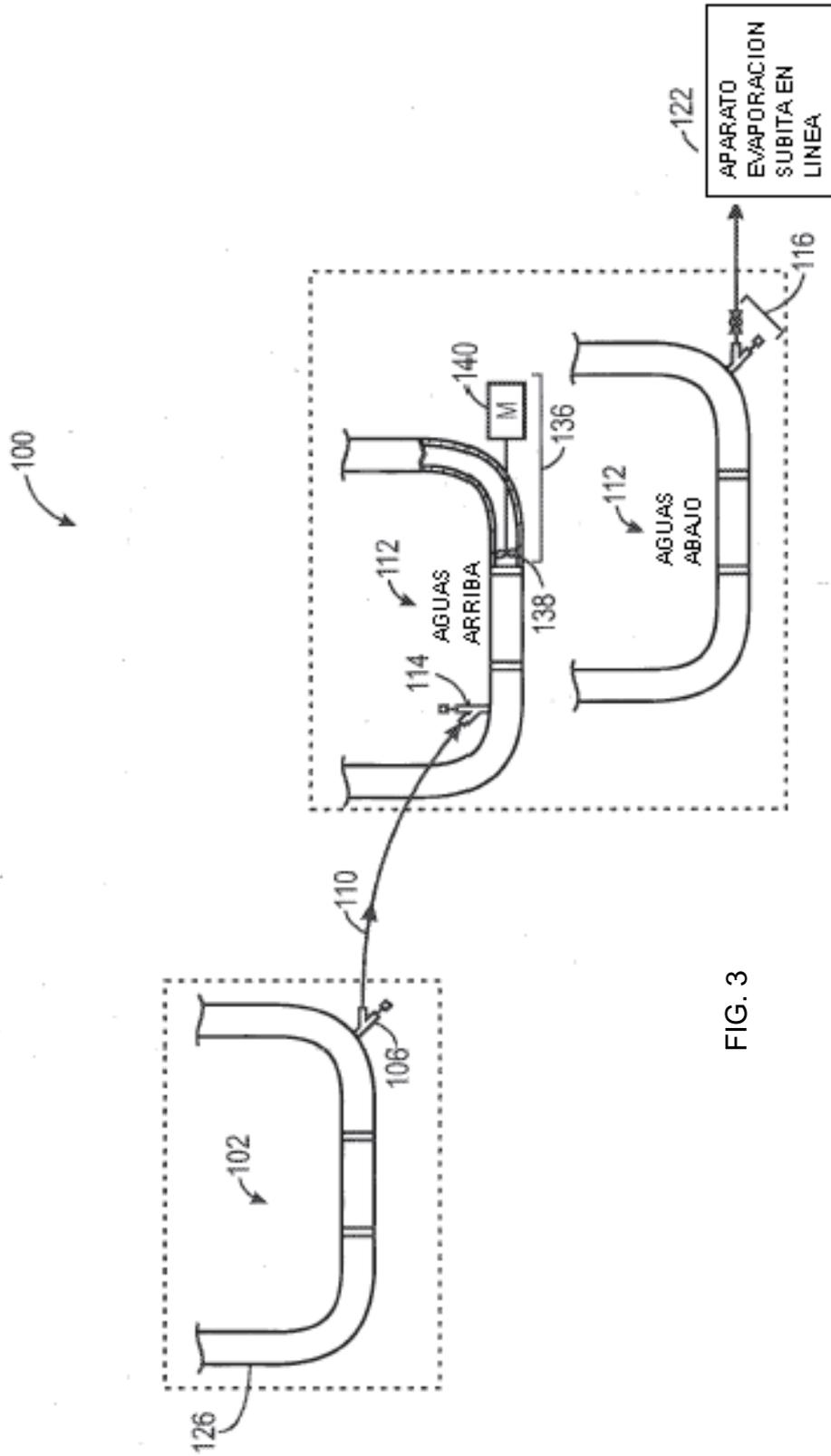


FIG. 3

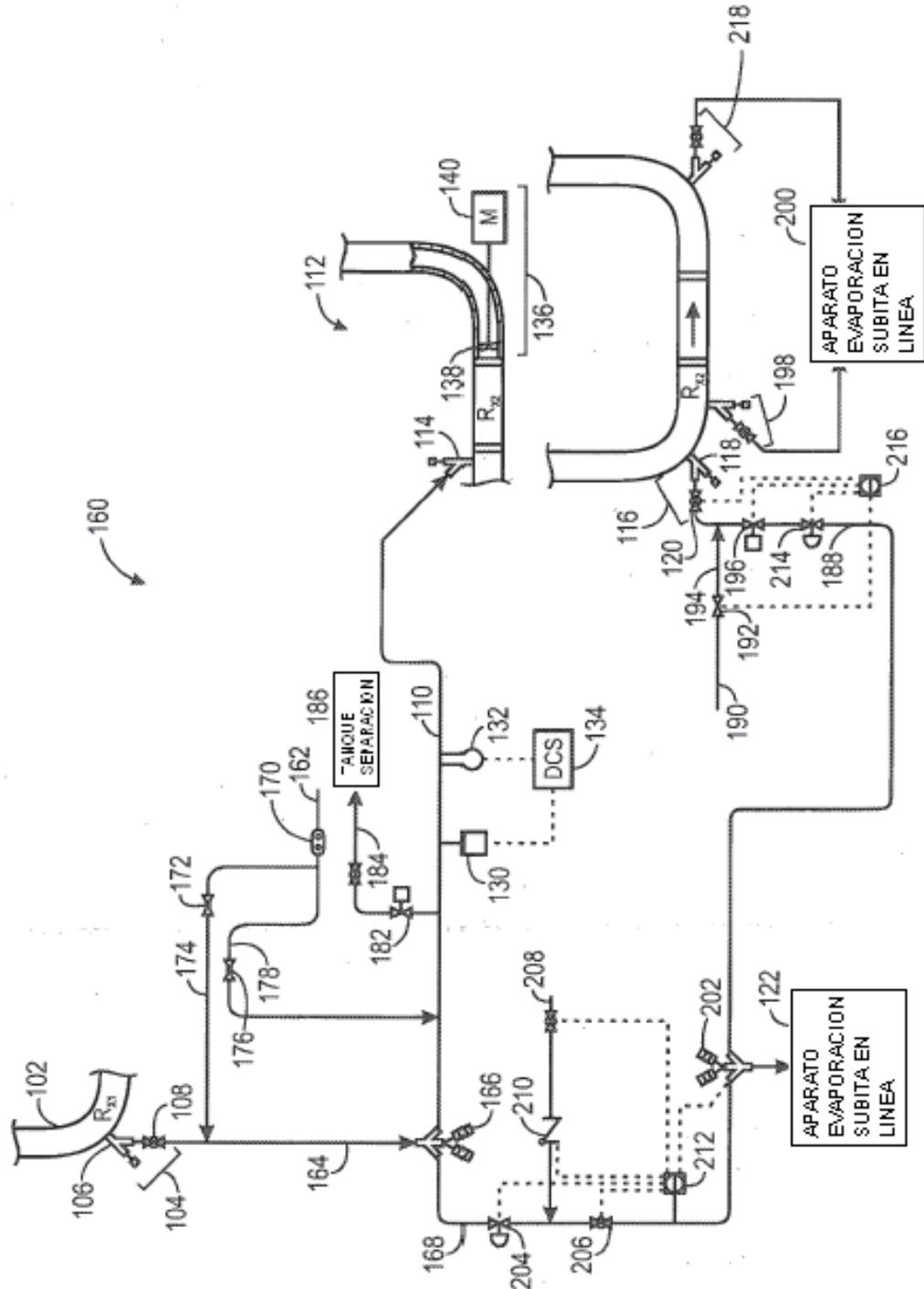


FIG. 4

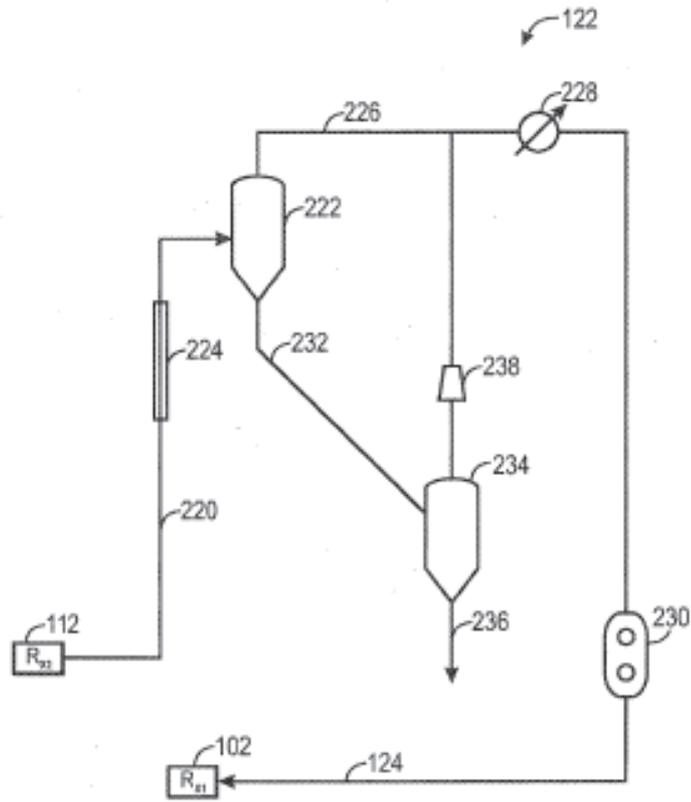


FIG. 5

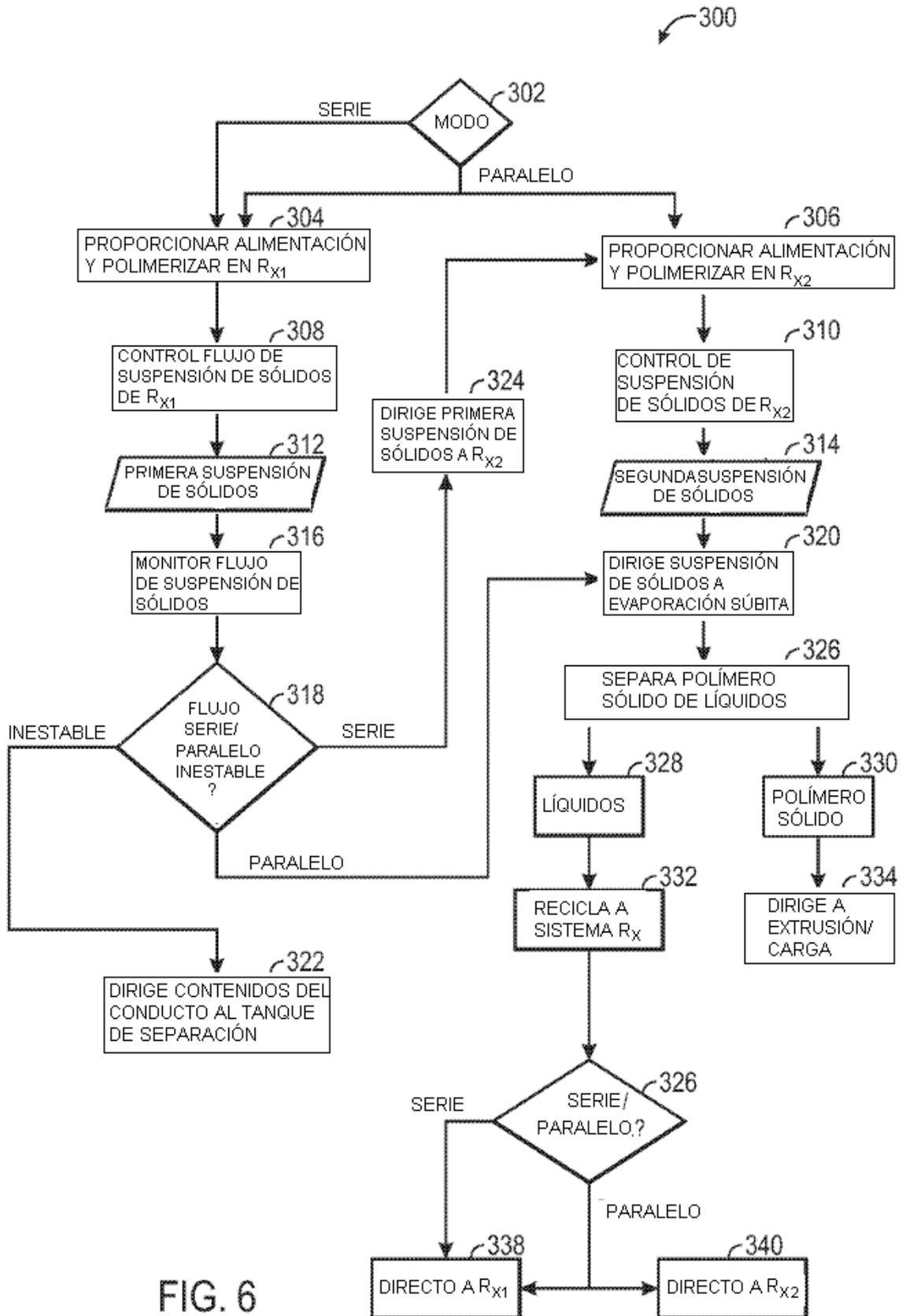


FIG. 6