

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 915**

51 Int. Cl.:

B01J 19/18 (2006.01)

B01J 19/24 (2006.01)

C08F 10/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.08.2009 PCT/US2009/055324**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.03.2010 WO10027912**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.08.2009 E 09792041 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.10.2017 EP 2331252**

54 Título: **Sistema y método de liberación de productos de un reactor de polimerización**

30 Prioridad:

04.09.2008 US 204566

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

15.02.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HOTTOVY, JOHN, D.;
TAIT, JOHN, H.;
BURNS, DAVID, H.;
VERSER, DONALD, W. y
HEIN, JAMES, E.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 654 915 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema y método de liberación de productos de un reactor de polimerización

1. Campo de la invención

5 La presente invención se refiere en general a la producción de poliolefinas y, más específicamente, a adaptar de manera eficiente la rápida liberación de productos del reactor de polimerización en una condición de desajuste (es decir, un vaciado del reactor).

2. Descripción de la técnica relacionada

10 Esta sección tiene por objeto introducir al lector aspectos de la técnica que pueden estar relacionados con aspectos de la presente invención, que se describen y/o reivindican a continuación. Se considera que esta discusión es útil para proporcionar al lector información básica que facilita una mejor comprensión de los diversos aspectos de la presente invención. Por consiguiente, se debe entender que estas declaraciones han de ser leídas en este sentido y no como reconocimiento 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 frecuentes en la sociedad. En particular, a medida que las técnicas de unión de componentes básicos moleculares simples en cadenas más largas (o polímeros) han avanzado, los productos poliméricos, normalmente en forma de varios plásticos, se han ido incorporando paulatinamente en diversos artículos cotidianos. Por ejemplo, se usan polímeros de poliolefinas, tales como polietileno, polipropileno y sus copolímeros, en envases para productos farmacéuticos y de venta al por menor, envases para productos alimenticios y bebidas (tales como botellas de zumos y refrescos), recipientes domésticos (tales como cubos y cajas), artículos domésticos (tales como electrodomésticos, muebles, alfombras y juguetes), componentes del automóvil, tuberías, conductos y diversos productos industriales.

20 Los tipos específicos de poliolefinas, tales como polietileno de alta densidad (PAD), tienen aplicaciones particulares en la fabricación de artículos moldeados por soplado y moldeados por inyección, tales como envases para productos alimenticios y bebidas, películas y tuberías de plástico. Otros tipos de poliolefinas, tales como polietileno de baja densidad (PBD), polietileno de baja densidad lineal (PBDL), polipropileno isotáctico (PPI) y polipropileno sindiotáctico (PPs) también son adecuados para aplicaciones similares. Los requisitos mecánicos de la implementación, tales como resistencia a la tracción y densidad, y/o los requisitos químicos, tales como estabilidad térmica, peso molecular y reactividad química, determinan normalmente el tipo de poliolefina que es adecuado.

25 Un beneficio de la construcción de poliolefinas, como puede deducirse del listado anterior de usos, es que en general no es reactiva con artículos o productos con los que está en contacto. Esto permite que los productos de poliolefinas se utilicen en contextos residenciales, comerciales e industriales, incluyendo almacenamiento y transporte de productos alimenticios y bebidas, electrónica de consumo, agricultura, envío y construcción de vehículos. La amplia variedad de usos de las poliolefinas en contextos residenciales, comerciales e industriales se ha traducido en una demanda sustancial de poliolefinas crudas que pueden extruirse, inyectarse, soplarse o formarse en productos o componentes finales consumibles.

30 Para satisfacer esta demanda, existen varios procesos mediante los cuales se pueden polimerizar olefinas para formar poliolefinas. Normalmente, estos procesos se realizan en plantas petroquímicas o cerca de plantas petroquímicas, que tienen fácil acceso a moléculas de olefinas de cadena corta (monómeros y comonómeros), tales como etileno, propileno, buteno, penteno, hexeno, octeno, deceno y otros componentes básicos de polímeros de poliolefinas mucho más largos. Estos monómeros y comonómeros pueden polimerizarse en reactores de polimerización en fase líquida y/o en reactores de polimerización en fase gaseosa para formar un producto que comprende partículas sólidas de polímero (poliolefina), denominadas normalmente pelusa o gránulos. La pelusa puede poseer una o más propiedades de fusión, físicas, reológicas, y/o mecánicas de interés, tales como densidad, índice de fusión (IF), índice de fluidez (IdF), contenido de copolímeros, contenido de comonómeros, módulo y cristalinidad. Las condiciones de reacción en el reactor, tales como temperatura, presión, concentraciones de productos químicos, tasa de producción polimérica, etc., pueden seleccionarse para conseguir las propiedades deseadas de la pelusa.

35 Además de uno o más monómeros de olefina, se puede añadir al reactor un catalizador para facilitar la polimerización de los monómeros. Por ejemplo, el catalizador puede ser una partícula añadida a través de una corriente de alimentación del reactor y, una vez añadido, se suspende en el medio fluido en el reactor. Un ejemplo de dicho catalizador es un óxido de cromo que contiene cromo hexavalente en un soporte de sílice. Además, se puede introducir un diluyente en el reactor. El diluyente puede ser un hidrocarburo inerte, tal como isobutano, propano, n-pentano, i-pentano, neopentano y n-hexano, que sea líquido en las condiciones de reacción. No obstante, algunos procesos de polimerización pueden no emplear un diluyente distinto, como en el caso de ejemplos seleccionados de producción de polipropileno donde el propio monómero de propileno actúa como diluyente.

La descarga del reactor incluye normalmente la pelusa del polímero, así como componentes no poliméricos, tales como monómero (y comonómero) de olefina sin reaccionar, diluyente, etc. En el caso de la producción de polietileno,

los componentes no poliméricos comprenden normalmente sobre todo diluyente, tal como isobutano, que tiene una pequeña cantidad de etileno sin reaccionar (por ejemplo, 5 % en peso). Esta corriente de descarga se procesa generalmente, como por un sistema de recuperación de diluyente/monómeros, para separar los componentes no poliméricos de la pelusa de polímero. El diluyente recuperado, el monómero sin reaccionar y otros componentes no poliméricos procedentes del sistema de recuperación pueden tratarse, como por lechos de tratamiento y/o un sistema de fraccionamiento, y en última instancia regresar al reactor como alimentación purificada o tratada. Algunos de los componentes se pueden quemar o regresar al proveedor, tal como a una planta de fabricación de olefinas o refinería petrolera. Al igual que el polímero recuperado (sólidos), el polímero puede tratarse para desactivar el catalizador residual, retirar los hidrocarburos arrastrados, secar el polímero y granular el polímero en una extrusora, etc., antes de que el polímero se envíe al cliente.

Afortunadamente, los avances tecnológicos en los últimos años en cuestión de materias primas, diseño y funcionamiento de los equipos, y similares, han proporcionado grandes progresos en la reducción de costos operativos y de capital de los sistemas de fabricación de poliolefinas. No obstante, el negocio competitivo de la producción de poliolefinas estimula a los fabricantes a mejorar sus procesos con el fin de reducir los costos operativos y de capital. Además, en un sector donde se producen anualmente miles de millones de libras de productos de poliolefinas, pequeñas mejoras incrementales, por ejemplo, en la actividad del catalizador, rendimiento de monómeros, eficiencia energética, recuperación de diluyente, etc., pueden generar importantes ahorros de costes en la fabricación de poliolefinas.

Un área en necesidad de mejora es la recuperación de polímeros e hidrocarburos (por ejemplo, diluyente, monómero, etc.) descargados del reactor durante una operación anormal o una condición de desajuste. El reactor de bucle puede vaciarse (es decir, liberar los productos de forma rápida) durante ciertas condiciones de desajuste, tales como una interrupción en el suministro eléctrico, pérdida de circulación en el reactor de bucle (por ejemplo, debido a la parada de la bomba de bucle), pérdida del líquido refrigerante en las camisas del reactor, presión excesiva del reactor, etc. En estos eventos, el reactor puede vaciarse (liberar productos rápidamente) para evitar el taponamiento, la suciedad y/o la fusión de los sólidos poliméricos en el reactor. De hecho, con la pérdida de la circulación y la velocidad de suspensión asociada, por ejemplo, la transferencia térmica desde los contenidos del reactor al medio refrigerante (por ejemplo, agua) en la camisa del reactor se reduce significativamente. Una vez más, en este y otros escenarios de funcionamiento anormal, el reactor puede evacuarse a un tanque de vaciado del reactor, a un tanque de expansión alternativo, a un tanque de purga, etc., en lugar de descargarse al tanque de expansión empleado durante el funcionamiento normal para recibir la suspensión del producto del reactor de bucle. Por desgracia, los contenidos del reactor que se envían a un tanque de vaciado no pueden recuperarse.

Normalmente, el diluyente y el monómero que se evaporan instantáneamente desde el tanque de vaciado del reactor se envían a un quemador para su combustión debido a que el sistema de recuperación de evaporación instantánea normal no se configura generalmente o tiene un tamaño reducido para adaptar la descarga de vapor del tanque de vaciado. Además, los sólidos de la pelusa de poliolefina que se descargan desde la parte inferior del tanque de vaciado se recogen generalmente en contenedores para su eliminación, lo que resulta en la pérdida de la producción de poliolefinas. Desafortunadamente, la poliolefina eliminada como resultado de los vaciados del reactor puede representar hasta el 1 % o más de la poliolefina producida durante la vida útil del reactor de bucle. El documento EP-A-0415427 y el documento US-A-4888704 describen cada uno un sistema de producción de poliolefinas.

Breve descripción de los dibujos

Las ventajas de la invención pueden resultar evidentes tras la lectura de la siguiente descripción detallada y con referencia a los dibujos en los que:

La Fig. 1 es un diagrama de flujo de bloques que representa un sistema de fabricación de poliolefinas ejemplar para producir poliolefinas según una realización de las presentes técnicas;

La Fig. 2 es un diagrama de flujo de procesos de un sistema de reactor ejemplar y un sistema de recuperación de diluyente/monómero del sistema de fabricación de poliolefinas de la Fig. 1 según una realización de las presentes técnicas;

La Fig. 3 es una representación diagramática de una descarga de extracciones en continuo ejemplar del reactor de polimerización de la Fig. 2 según una realización de las presentes técnicas;

La Fig. 4 es una sección transversal a lo largo de la línea 5-5 de la Fig. 3 que muestra una disposición de una válvula de pistón en el conjunto de descarga de extracciones en continuo según una realización de las presentes técnicas;

La Fig. 5 es una representación diagramatical de una ubicación tangencial del conjunto de extracciones en continuo según una realización de las presentes técnicas; y

La Fig. 6 es un diagrama de flujo de procesos de un equipo de recuperación de sólidos empleado para recuperar las partículas finas o finos de la corriente de cabeza que se descargan del depósito de evaporación instantánea

representado en la Fig. 2 según una realización de las presentes técnicas.

Descripción detallada de las realizaciones específicas

Una o más realizaciones específicas de la presente invención se describirán a continuación. En un esfuerzo por proporcionar una descripción concisa de estas realizaciones, no todas las características de una implementación actual se describen en la memoria descriptiva. Debe tenerse en cuenta que, en el desarrollo de cualquier implementación actual, como en cualquier proyecto de ingeniería o diseño, han de tomarse numerosas decisiones específicas con respecto a la implementación para lograr los objetivos específicos de los desarrolladores, tales como el cumplimiento de las restricciones relacionadas con el sistema y relacionadas con el negocio, que pueden variar de una implementación a otra. Además, se debe apreciar que tal esfuerzo de desarrollo podría ser complejo y llevar mucho tiempo, pero no obstante, sería una empresa rutinaria de diseño, fabricación y producción para los expertos que tengan el beneficio de esta descripción.

En una condición de desajuste que puede causar que el reactor de poliolefina se ensucie o tapone, por ejemplo, el reactor puede vaciarse o liberar los productos a un tanque de vaciado o a un tanque de expansión alternativo, por ejemplo, en aproximadamente 10 minutos a aproximadamente 20 minutos, aproximadamente 10 minutos a 30 minutos, etc. El tanque de vaciado tiene normalmente un tamaño para contener los sólidos del reactor y cualquier diluyente sin vaporizar del reactor. El diluyente vaporizado se envía normalmente al quemador. En muchos casos, el sistema de recuperación de diluyente convencional tiene un tamaño reducido para manejar la cantidad relativamente mayor de diluyente evaporado instantáneamente en el tanque de vaciado durante un vaciado del reactor. Como se discute, la condición de desajuste puede ser la causa de un apagón, fallo de la bomba de circulación del reactor, fallo de la bomba refrigerante del reactor, fallo de la bomba de suministro de diluyentes, etc. El tanque de vaciado también se puede usar durante la puesta en marcha del reactor, o durante una transición de un producto de calidad poliolefina a otro, especialmente con reactores que emplean una configuración de descarga en ramas de sedimentación donde es más probable que el control inestable forme partículas grandes (es decir, trozos o grumos) de poliolefina que pueden taponar o ensuciar el equipo aguas abajo. El costo de capital de un tanque de vaciado del reactor o TEA oscila generalmente en el intervalo de 1-3 % de los costes de equipamiento total para una planta de fabricación de poliolefinas.

Las presentes técnicas se dirigen a la combinación de las funciones distintas del procesamiento del efluente normal y el efluente de vaciado descargado del reactor de polimerización. Como resultado, en la fabricación del diluyente y del polímero de poliolefina, la recuperación puede aumentarse, y los costos de capital y operativos reducirse. En ciertas realizaciones, el depósito de evaporación instantánea y el tanque de vaciado (o depósito de evaporación instantánea alternativo) se combinan en un único depósito, eliminando así un depósito del desembolso en el equipo del proceso de fabricación de poliolefinas. Además, el procesamiento de los contenidos del reactor descargados durante un vaciado del reactor (por ejemplo, tras la pérdida de circulación del reactor en el reactor) en el depósito de evaporación instantánea en lugar de en un tanque de vaciado o tanque de expansión alternativo (TEA), recupera los sólidos del producto de poliolefina (por ejemplo, enviados a la columna de purga aguas abajo) que de otro modo pueden eliminarse si se recogen en un tanque de vaciado. Además, el hidrocarburo evaporado instantáneamente (diluyente y monómero) no se quema, pero se recupera y recicla en el reactor a través del sistema de recuperación típico. De este modo, las pérdidas de diluyente y monómero se reducen y los requisitos de tamaño del quemador pueden disminuir. La pérdida de producción de poliolefina se reduce. Además, el empleo de la descarga de extracciones en continuo del reactor de bucle, en contraposición a una descarga en la rama de sedimentación, por ejemplo, puede facilitar aún más el uso del depósito de evaporación instantánea para capturar un vaciado del reactor o liberación de productos proporcionando una distribución mejorada del tamaño de partículas (es decir, partículas o trozos menos grandes). Las partículas grandes podrían ser problemáticas en el depósito de evaporación instantánea y en el equipo corriente abajo típicos.

Para una retroadaptación de un depósito de evaporación instantánea existente para incorporar la función adicional de procesamiento de la descarga de efluentes durante un vaciado del reactor (por ejemplo, tras la pérdida de circulación del reactor), el depósito de evaporación instantánea puede aumentar de tamaño para contener los contenidos líquidos sólidos y no vaporizados del reactor. El condensador de cabeza del depósito de evaporación instantánea puede aumentar de tamaño para adaptar el aumento del caudal de vapor de la cámara de evaporación instantánea (experimentado durante un vaciado del reactor o liberación rápida de los contenidos del reactor). Una vez más, la combinación del depósito de evaporación instantánea y el tanque de expansión alternativo (TEA) (o tanque de vaciado) en un único depósito proporciona una reducción de los costes operativos y de capital en la fabricación de poliolefinas.

Para facilitar la discusión de las presentes técnicas, la descripción se presenta en secciones. La sección I introduce un proceso de producción de poliolefinas ejemplar, que incluye un sistema de alimentación, un sistema de reactor, un sistema de fraccionamiento, un sistema de recuperación de diluyente/monómero y un sistema de extrusión/salida de carga. La sección I da ejemplos de aplicaciones de poliolefina y usos finales, y discute el control ejemplar de un proceso de producción de poliolefinas. La sección II discute el sistema de reactor ejemplar y las condiciones para un vaciado del reactor. La sección III discute un sistema de recuperación de diluyente/monómero ejemplar, que recibe una descarga del reactor (efluente) e incluye una cámara de evaporación instantánea ejemplar. La sección IV discute la implementación de extracciones en continuo (EC) para la descarga del reactor de polimerización. La

sección V resume los métodos ejemplares para la retroadaptación y el funcionamiento de un proceso de fabricación de poliolefinas para combinar las funciones de la cámara de evaporación instantánea y un tanque de expansión alternativo (TEA) (o tanque de vaciado).

I. Proceso de producción de poliolefinas - visión general

5 Volviendo ahora a los dibujos y con referencia inicial a la Fig. 1, un diagrama de bloques representa un proceso de fabricación 10 ejemplar para producir poliolefinas, tales como polietileno, polipropileno, y/o sus copolímeros. El proceso de fabricación 10 ejemplar es normalmente una operación en continuo, pero puede incluir tanto sistemas continuos como por lotes. Una capacidad nominal ejemplar para el proceso de fabricación 10 ejemplar es de aproximadamente 400-800 millones de libras (180-360 toneladas) de poliolefinas producidas anualmente. Las tasas de diseño por hora ejemplares son de aproximadamente 50.000 a 100.000 libras (22,7-45,4 toneladas) de poliolefina polimerizada/extruida por hora. Debe recalarse, no obstante, que las presentes técnicas se aplican a procesos de fabricación de poliolefinas que tienen capacidades nominales y tasas de diseño fuera de estos intervalos ejemplares.

15 Varios proveedores 12 pueden proporcionar materias primas 14 en el reactor al sistema de fabricación 10 a través de canalizaciones, carretillas, cilindros, tambores, etc. Los proveedores 12 pueden comprender instalaciones externas/o internas, incluyendo plantas de olefinas, refinerías, plantas de catalizadores y similares. Ejemplos de posibles materias primas 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 cadenas (tales como hidrógeno), catalizadores (tales como catalizadores de Ziegler-Natta, catalizadores de cromo y catalizadores de metaloceno), co-catalizadores (tales como trietilaluminio, trietilboro, y aluminóxano de metilo) y otros aditivos. En el caso de monómero de etileno, una materia prima de etileno ejemplar se puede suministrar a través de canalizaciones, pero a aproximadamente 800-1450 libras por pulgada cuadrada nanométrica (psig) (5,5-10 MPa nanométricos) a 45-65 °F (7-18 °C). La materia prima de hidrógeno ejemplar también puede suministrarse a través de canalizaciones, pero a aproximadamente 900-1000 psig (6,2-6,9 MPa) a 90-110 °F (32-43 °C). Naturalmente, una gran variedad de condiciones de suministro puede existir para el etileno, hidrógeno y otras materias primas 14.

A. Sistema de alimentación

Los proveedores 12 proporcionan normalmente materias primas 14 a un sistema de alimentación del reactor 16, donde las materias primas 14 pueden almacenarse, tal como en tanques de almacenamiento y de alimentación de monómeros, depósitos de diluyentes, tanques de catalizador, cilindros y tanques de co-catalizador, etc. En el sistema 16, las materias primas 14 pueden tratarse o procesarse antes de su introducción como alimentación 18 en los reactores de polimerización. Por ejemplo, las materias primas 14, tales como monómero, comonómero y diluyente, pueden enviarse a través de lechos de tratamiento (por ejemplo, lechos de tamices moleculares, envases de aluminio, etc.) para eliminar los venenos del catalizador. Tales venenos del 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 olefina pueden ser líquidos, gaseosos o fluido supercrítico, en función del tipo de reactor a alimentar. Asimismo, hay que señalar que normalmente sólo se utiliza una cantidad relativamente pequeña de diluyente de composición reciente como materia prima 14, con una parte mayoritaria del diluyente alimentado en el reactor de polimerización recuperada del efluente del reactor.

El sistema de alimentación 16 puede preparar o acondicionar otras materias primas 14, tales como catalizadores, para su adición a los reactores de polimerización. Por ejemplo, un catalizador puede activarse y después mezclarse con un diluyente (por ejemplo, isobutano o hexano) o aceite mineral en tanques de preparación del catalizador. Además, el sistema de alimentación 16 proporciona normalmente la dosificación y el control de la tasa de adición de las materias primas 14 en el reactor de polimerización para mantener la estabilidad deseada del reactor y/o para lograr las propiedades de poliolefina o tasa de producción deseadas. Además, en funcionamiento, el sistema de alimentación 16 también puede almacenar, tratar y dosificar el efluente del reactor recuperado para reciclarse en el reactor. De hecho, las operaciones en el sistema de alimentación 16 reciben en general corrientes de tanto materia prima 14 como de efluente del reactor recuperado. En total, las materias primas 14 y el efluente del reactor recuperado 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 de reactor 20.

B. Sistema de reactor

El sistema de reactor 20 puede comprender uno o más depósitos de reactor, tal como reactores en fase líquida o en fase gaseosa. El sistema de reactor 20 puede comprender también una combinación de reactores en fase líquida y en fase gaseosa. Si múltiples reactores comprenden el sistema de reactor 20, los reactores pueden estar dispuestos en serie, en paralelo o en cualquier otra combinación o configuración adecuada. En los depósitos del reactor de polimerización, uno o más monómeros de olefina se polimerizan para formar un producto que comprende partículas de polímero, denominadas normalmente pelusa o gránulos. La pelusa puede poseer una o más propiedades de fusión, físicas, reológicas, y/o mecánicas de interés, tales como densidad, índice de fusión (IF), índice de fluidez (IdF), contenido de copolímeros o comonómeros, módulo y cristalinidad. Las condiciones de reacción en el reactor,

tales como temperatura, presión, caudal, agitación mecánica, extracción de productos, concentraciones de componentes, tasa de producción polimérica, etc., pueden seleccionarse para conseguir las propiedades deseadas de la pelusa.

5 Además se añaden normalmente al reactor uno o más monómeros de olefina, un catalizador que facilita la polimerización del monómero. El catalizador puede ser una partícula suspendida en el medio fluido dentro del reactor. En general, pueden usarse catalizadores de Ziegler, catalizadores de Ziegler-Natta, metallocenos y otros catalizadores de poliolefina bien conocidos, así como co-catalizadores. Un ejemplo de dicho catalizador es un catalizador de óxido de cromo que contiene cromo hexavalente en un soporte de sílice. Puede usarse un diluyente exento de olefina o aceite mineral, por ejemplo, en la preparación y/o entrega del catalizador al reactor de polimerización.

10 Además, el diluyente puede alimentarse en el reactor, normalmente en un reactor en fase líquida. El diluyente puede ser un hidrocarburo inerte que es líquido en condiciones de reacción, tal como isobutano, propano, n-pentano, i-pentano, neopentano, n-hexano, ciclohexano, ciclopentano, metilciclopentano, etilciclohexano y similares. El fin del diluyente es generalmente suspender las partículas del catalizador y el polímero dentro del reactor. El diluyente, como se explica a continuación, también puede usarse para la limpieza con descarga de agua en el reactor. Algunos procesos de polimerización pueden no emplear un diluyente distinto, tal como en el caso de la producción de polipropileno seleccionado donde el propio monómero de propileno puede actuar como diluyente.

15 Un dispositivo móvil puede estar presente dentro del reactor en el sistema de reactor 20. Por ejemplo, dentro de un reactor en fase líquida, tal como un reactor de suspensión de bucle, un impulsor puede crear una zona de mezclado turbulento dentro del medio fluido. El impulsor puede ser accionado por un motor para agitar el medio fluido, así como cualquier catalizador, pelusa de poliolefina u otras partículas sólidas suspendidas en el medio fluido, por el circuito cerrado del reactor. Del mismo modo, dentro de un reactor en fase gaseosa, tal como un reactor de lecho fluidizado o reactor de flujo en pistón, uno o más álabes o agitadores se pueden usar para mezclar las partículas sólidas dentro del reactor.

25 **C. Recuperación, tratamiento y reciclaje de diluyente/monómero**

La descarga 22 de los reactores dentro del sistema 20 puede incluir la pelusa del polímero, así como componentes no poliméricos, tales como diluyente, monómero/comonómero sin reaccionar y catalizador residual. En la construcción del reactor, en ciertas realizaciones, una tobera de descarga 22 y un conducto pueden instalarse (por ejemplo, soldarse) a un grifo o a un barrenado de cuele en la pared del reactor. La descarga 22 que sale del reactor a través de la tobera de descarga puede procesarse posteriormente, tal como por un sistema 24 de recuperación de diluyente/monómero, para separar los componentes no poliméricos 26 (por ejemplo, diluyente y monómero sin reaccionar) de la pelusa del polímero 28. El diluyente/monómero puede evaporarse instantáneamente en el sistema de recuperación 24 para separar el diluyente/monómero de la pelusa 28.

30 Los componentes no poliméricos 26 recuperados sin tratar (por ejemplo, diluyente/monómero) pueden procesarse adicionalmente, tal como por un sistema de fraccionamiento 30, para retirar los componentes pesados y ligeros indeseables. Las corrientes 32 de producto fraccionado pueden entonces regresar al sistema de reactor 20 a través del sistema de alimentación 16. Por otra parte, los componentes no poliméricos 26 pueden reciclarse de forma más directa al sistema de alimentación 16 (como se indica por el número de referencia 34), sin pasar por el sistema de fraccionamiento 30 y permitiendo de este modo un sistema de fraccionamiento 30 más pequeño. En general, en ciertas tecnologías, al menos una parte del diluyente se procesa en un sistema de fraccionamiento 30 para proporcionar la preparación/entrega del catalizador en el sistema de alimentación 16 y la limpieza con descarga de agua del reactor en el sistema de reactor 20. En ciertas realizaciones, hasta un 80-95 % del diluyente descargado del reactor se desvía del sistema de fraccionamiento en su camino al reactor de polimerización. Como resultado, el tamaño de las columnas de fraccionamiento y los costos de capital y energéticos asociados pueden reducirse.

35 En cuanto a la pelusa 28, puede procesarse adicionalmente en el sistema de recuperación 24 y en el sistema 36 de extrusión/salida de carga, para prepararla para su envío, normalmente en forma de sedimentos 38, a los clientes 40. Aunque no se ilustra, el producto intermedio de gránulos poliméricos en el sistema de recuperación 24 y que contiene normalmente un catalizador residual activo puede regresar al sistema de reactor 20 para la polimerización adicional, tal como en un tipo diferente de reactor o bajo diferentes condiciones de reacción. La polimerización y las porciones de recuperación de diluyente del proceso 10 de fabricación de poliolefinas pueden denominarse extremo "húmedo" 42 o lado de "reacción" del proceso 10, y la porción 36 de extrusión/salida de carga del proceso 10 de poliolefinas puede denominarse extremo "seco" 44 o lado de "acabado" del proceso 10 de poliolefinas.

45 **D. Sistema de extrusión/salida de carga**

50 En los sistemas 36 de extrusión/salida de carga, la pelusa 28 se extruye normalmente para producir sedimentos poliméricos 38 con las características mecánicas, físicas, y de fusión deseadas. La alimentación a la extrusora puede comprender aditivos, tales como inhibidores UV y peróxidos, que se añaden a los productos de pelusa 28 para impartir características deseadas a los sedimentos 32 poliméricos extruidos. Una extrusora/granuladora recibe la alimentación a la extrusora, que comprende uno o más productos de pelusa 28 y cualesquiera aditivos que se

hayan añadido. La extrusora/granuladora caliente y funde la alimentación a la extrusora que luego se puede extruir (por ejemplo, a través de una extrusora de doble husillo) a través de una boquilla de granuladora bajo presión para formar sedimentos de poliolefina. Tales sedimentos se enfrían normalmente en un sistema acuoso dispuesto en la descarga de la granuladora o cerca de la descarga de la granuladora.

- 5 En general, los sedimentos de poliolefina pueden transportarse entonces a un área de salida de carga del producto donde los sedimentos se pueden almacenar, combinarse con otros sedimentos, y/o cargarse en vagones, camiones, bolsas, etc., para su distribución a los clientes 40. En el caso de polietileno, los sedimentos 38 enviados a los clientes 40 pueden incluir polietileno de baja densidad (PBD), polietileno de baja densidad lineal (PBDL), polietileno de densidad media (PDM), polietileno de alta densidad (PAD) y polietileno potenciado. Los diversos tipos y calidades de sedimentos de polietileno 38 pueden comercializarse, por ejemplo, bajo las marcas de polietileno Marlex® o polietileno MarFlex™ de Chevron-Phillips Chemical Company LP, de The Woodlands, Texas, EE.UU.

E. Clientes, aplicaciones y usos finales

15 Los sedimentos de poliolefina 38 (por ejemplo, polietileno) pueden usarse en la fabricación de una variedad de productos, componentes, artículos domésticos y otros artículos, incluyendo adhesivos (por ejemplo, aplicaciones de adhesivos termoplásticos), conductores y cables eléctricos, películas para uso agrícola, películas retráctiles, películas estirables, películas para envases de productos alimenticios, envases flexibles para productos alimenticios, recipientes de leche, envases para alimentos congelados, bolsas para de basura y botes, bolsas de comestibles, sacos resistentes, botellas de plástico, equipo de seguridad, recubrimientos, juguetes y una variedad de contenedores y productos de plástico. Además, debe hacerse hincapié en que las poliolefinas distintas de polietileno, tales como polipropileno, pueden formar tales componentes y productos a través de los procesos discutidos a continuación.

20 En última instancia, los productos y componentes formados a partir de sedimentos de poliolefina 38 (por ejemplo, polietileno) pueden procesarse adicionalmente y ensamblarse para su distribución y venta al consumidor. Por ejemplo, una botella de polietileno de leche puede llenarse con leche para su distribución al consumidor o el depósito de combustible puede montarse en un automóvil para su distribución y venta al consumidor. Para formar los productos finales o componentes de los sedimentos 38 antes de su distribución, los sedimentos son generalmente sometidos a procesamiento, tal como moldeo por soplado, moldeo por inyección, moldeo rotacional, película soplada, película colada, extrusión (por ejemplo, extrusión de láminas, extrusión corrugada y de tuberías, recubrimiento/laminado por extrusión, etc.), etc.

30 1. Moldeo por soplado, moldeo por inyección y moldeo rotacional

El moldeo por soplado es un proceso usado para producir piezas huecas de plástico. El proceso emplea normalmente equipos de moldeo por soplado, tales como máquinas de husillo recíproco, máquinas de cabezal acumulador, etc. El proceso de moldeo por soplado puede adaptarse para satisfacer las necesidades del cliente y para fabricar productos que van desde las botellas de plástico para leche a los depósitos de combustible para automóviles mencionados anteriormente. Del mismo modo, en el moldeo por inyección, los productos y componentes pueden moldearse para un amplio intervalo de aplicaciones, incluyendo contenedores, envases para productos alimenticios y químicos, juguetes, automóviles, embalajes, tapones y cierres, por mencionar algunos casos.

40 El moldeo rotacional es un proceso a baja presión y alta temperatura usado para formar piezas huecas a través de la aplicación de calor a moldes que giran biaxialmente. Las resinas de sedimentos de polietileno generalmente aplicables en este proceso son resinas que fluyen en ausencia de presión cuando se funden para formar una pieza exenta de burbujas. Los sedimentos 38, tales como ciertas resinas de PDA y PDM de Marlex®, ofrecen tales características de fluidez, así como una posibilidad de procesamiento amplia. Además, estas resinas de polietileno adecuadas para moldeo rotacional pueden exhibir una resistencia deseable al choque a baja temperatura, propiedades de soporte de carga óptimas y estabilidad óptima frente a radiaciones ultravioletas (UV). Por consiguiente, las aplicaciones de resinas Marlex® moldeadas rotacionalmente incluyen tanques agrícolas, tanques de productos químicos industriales, tanques de almacenamiento de agua potable, contenedores de residuos industriales, equipo de recreo, productos marinos, entre muchos otros.

2. Procesos de extrusión aguas abajo

50 También pueden usarse procesos de extrusión. A partir de resinas de sedimentos de polietileno se puede extruir una tubería de polietileno, por ejemplo, y usarse en una gama de aplicaciones debido a su resistencia química, relativa facilidad de instalación, durabilidad, ventajas de costes y similares. De hecho, las canalizaciones de plástico de polietileno han alcanzado un uso significativo para la red hídrica, distribución de gas, sistema de alcantarillado pluvial y sanitario, plomería, conductos eléctricos, canales de energía y canales de comunicación, canalizaciones de agua fría, recubrimientos de pozos, por mencionar unas pocas aplicaciones. En particular, el polietileno de alta densidad (PAD), que constituye generalmente el mayor volumen del grupo de poliolefinas de los plásticos usados para tubería, es duro, resistente a la abrasión y flexible (incluso a temperaturas bajo cero). Además, la tubería de PAD se puede usar en una red de tuberías de pequeño diámetro y en tuberías de hasta más de 2,4 m (8 pies) de

diámetro. En general, los sedimentos (resinas) de polietileno se pueden suministrar a los mercados de tuberías de presión, tales como de distribución de gas natural y a los mercados de tuberías sin presión, tales como tuberías corrugadas y de conductos.

5 La extrusión de láminas es una técnica para la fabricación de láminas de plástico planas de una variedad de resinas de sedimentos 38. Las láminas de espesor relativamente delgado son generalmente termofórmadas para aplicaciones de envase, tales como vasos para bebidas, recipientes para charcutería, bandejas de productos, envases para toallitas de bebé y recipientes de margarina. Otros mercados para la extrusión de láminas de poliolefina incluyen los que utilizan láminas relativamente más gruesas para aplicaciones industriales y de ocio, tales como forros de plataformas de camiones, tarimas para carga, material de estiba de automóviles, equipo para 10 campos de juego y barcos. Un tercer uso de lámina extruida, por ejemplo, se encuentra en geomembranas, donde el material de polietileno de lámina plana se suelda en los grandes sistemas de contención para aplicaciones en minería y eliminación de residuos municipales. Finalmente, los sedimentos de poliolefina también se pueden suministrar para la industria de recubrimiento por extrusión y de laminación.

3. Película soplada y película colada

15 El proceso de película soplada es un sistema de conversión relativamente diverso usado para el polietileno. La Sociedad Estadounidense para Ensayos y Materiales (ASTM) define películas como aquellas que tienen un espesor inferior a 0,254 milímetros (10 mils). No obstante, el proceso de película soplada puede producir materiales con espesores de 0,5 milímetros (20 mils), y superiores. Es más, el moldeo por soplado junto con las tecnologías de co-extrusión monocapa y/o multicapa constituyen la base para varias aplicaciones. Las propiedades ventajosas de los 20 productos de moldeo por soplado pueden incluir pureza, resistencia, capacidad de desgarrar, propiedades ópticas y dureza, por mencionar algunos casos. Las aplicaciones pueden incluir envases para productos alimenticios y de venta al por menor, envases industriales y aplicaciones distintas de envase, tales como películas para uso agrícola, películas para uso higiénico, etc.

25 El proceso de película colada puede diferir del proceso de película soplada a través de la desactivación rápida y las capacidades de orientación unidireccional virtual. Estas características permiten que una línea de película colada, por ejemplo, opere a tasas de producción mayores, mientras se producen ópticas beneficiosas. Las aplicaciones en el envase de productos alimenticios y de venta al por menor sacan partido de estos puntos fuertes.

F. Control ejemplar de la producción de poliolefinas

30 Las variables del proceso en el sistema de fabricación 10 se pueden controlar de forma automática y/o manual a través de configuraciones de válvulas, sistemas de control, etc. En general, un sistema de control, tal como un sistema basado en un procesador, puede facilitar la gestión de un amplio intervalo de operaciones en el sistema 10 de fabricación de poliolefinas, tal como el representado en la Fig. 1. Las instalaciones de fabricación de poliolefinas pueden incluir una sala o ubicación de control central, así como un sistema de control central, tal como un sistema de control distribuido (SCD) y/o un controlador lógico programable (CLP). Naturalmente, el sistema de reactor 20 35 emplea normalmente un sistema basado en un procesador, tal como un SCD, y también puede emplear un control de proceso avanzado conocido en la técnica. El sistema de alimentación 18, el sistema 24 de recuperación de diluyente/monómero, y el sistema de fraccionamiento 30 también pueden controlarse por SCD. En el extremo seco de la planta, las operaciones de carga de la extrusora y/o sedimentos también pueden controlarse a través de un sistema basado en un procesador (por ejemplo, SCD o CLP).

40 Un SCD puede ser tan simple como un CLP conectado de forma remota a un ordenador situado en una oficina de campo. Los sistemas más grandes pueden estar basados en CLP, pero también consistir en gabinetes especialmente diseñados que contienen equipos usados para proporcionar dispositivos de entrada/salida (E/S) y de comunicación. Un sistema distribuido puede permitir que los nodos remotos operen independientemente de la 45 instalación de control central, la instalación debe desconectarse o perder la capacidad de comunicación. Los nodos remotos pueden almacenar datos de proceso usados para operar en el caso de un fallo de este tipo.

El sistema o sistemas de control en el proceso de fabricación 10 pueden incluir el hardware adecuado, lógica del software y el código, para interactuar con los diversos equipos de proceso, las válvulas de control, conductos, instrumentación, etc., para facilitar la medición y el control de variables del proceso, para implementar esquemas de control, para realizar cálculos, etc. Una variedad de instrumentación conocida por los expertos en la técnica puede 50 proporcionarse para medir las variables del proceso, tales como presión, temperatura, caudal, composición del fluido, sólidos, etc., y para transmitir una señal al sistema de control, donde los datos medidos pueden ser leídos por un operador y/o usados como una entrada en diversas funciones de control. Dependiendo de la aplicación y otros factores, la indicación de las variables del proceso se puede leer de forma local o de forma remota por un operador y usarse para una variedad de fines de control a través del sistema de control.

55 Los sistemas de control pueden ser cableados y/o inalámbricos, y ofrecen la ventaja de un control centralizado, al tiempo que conservan la capacidad de control distribuido o local. Los componentes pueden incluir instrumentación, transmisores remotos, paneles de control remoto (por ejemplo, unidades de transmisión remota o UTR), dispositivos de entrada/salida (E/S), medio de comunicaciones (por ejemplo, enlaces con cable o inalámbricos, red, etc.), panel o

instalación de control central, etc. Los paneles de control remoto, los dispositivos de E/S, y otros dispositivos de traducción pueden interactuar con el proceso o equipo por un lado, mientras se interactúa con el sistema de control por el otro. Además, como se indica, el sistema de control incluye normalmente hardware/software para el control, interfaz, gestión de base de datos, etc. En funcionamiento, el sistema de control puede transferir datos y comandos usando protocolos de comunicación, tales como Ethernet u otras normas abiertas o una norma propietaria, dependiendo del distribuidor de SCD, por ejemplo. Los protocolos propietarios pueden requerir un equipo especializado para realizar sus funciones.

Una instalación de fabricación de poliolefinas tiene normalmente una sala de control desde la que el gerente, ingeniero, técnico, supervisor y/u operador de la planta, etc., supervisa y controla el proceso. Cuando se utiliza un SCD, la sala de control puede ser el centro de la actividad, lo que facilita la supervisión y el control efectivo del proceso o instalación. La sala de control y SCD pueden contener una interfaz hombre máquina (IHM), que es un ordenador, por ejemplo, que ejecuta software especializado para proporcionar una interfaz de usuario para el sistema de control. La IHM puede variar según el distribuidor y presentar al usuario una versión gráfica del proceso remoto. Puede haber múltiples consolas de IHM o estaciones de trabajo, con diferentes grados de acceso a los datos. Los regímenes de autorización ofrecen en general un grado de seguridad, asegurando que sólo el personal adecuadamente preparado y autorizado opera las diversas partes de la instalación a través de la IHM y sistema de control.

II. Sistema de reactor de polimerización

A. Configuración del reactor

Haciendo referencia a la Fig. 2, se representan un diagrama de flujo de procesos de un sistema 20 de reactor de polimerización ejemplar (de la Fig. 1) y un sistema 24 de recuperación de diluyente/monómero (también de la Fig. 1). Como se discutió anteriormente, el sistema de reactor 20 puede comprender uno o más reactores de polimerización, que pueden, a su vez, ser de tipos idénticos o de diferentes tipos. Además, en múltiples sistemas de reactores, los reactores pueden estar dispuestos en serie o en paralelo. Cualesquiera que sean los tipos de reactores que constituyen el sistema de reactor 20, se produce un producto de poliolefina en partículas, denominado genéricamente como "pelusa" en esta invención. Para facilitar la explicación, los siguientes ejemplos se limitan en el alcance a tipos específicos de reactores que se cree que son familiares para los expertos en la técnica y a reactores simples o combinaciones simples. Para un experto en la técnica, no obstante, las presentes técnicas son aplicables simple y fácilmente a disposiciones más complejas de reactores, tales como las que implican reactores adicionales, diferentes tipos de reactores, y/u ordenación alternativa de los reactores o tipos de reactores. Tales disposiciones se consideran que están dentro del alcance de la presente invención.

Un tipo de reactor comprende reactores en los cuales se produce polimerización en fase líquida. Ejemplos de tales reactores en fase líquida incluyen autoclaves, reactores de piscina de líquido en ebullición, reactores en suspensión de bucle, etc. Por razones de simplicidad, un reactor 210 en suspensión de bucle, que produce polietileno (y sus copolímeros) se discutirá en el contexto de las presentes técnicas, aunque se debe entender que las presentes técnicas son aplicables igualmente a otros tipos de reactores en fase líquida.

El reactor 210 en suspensión de bucle se compone generalmente de segmentos de tubería conectados por recodos o codos lisos. El reactor 210 puede usarse para llevar a cabo la polimerización de polietileno en condiciones de suspensión en las que se forman partículas insolubles de poliolefina, tal como polietileno o polipropileno en un medio fluido y se suspenden como una suspensión hasta que se retiran. Un dispositivo móvil, tal como una bomba 214, hace circular la suspensión fluida en el reactor 210. Un ejemplo de bomba 214 es una bomba en línea de flujo axial con el impulsor de la bomba dispuesto en el interior del reactor 210 para crear una zona de mezclado turbulento en el medio fluido. El impulsor también puede ayudar a propulsar el medio fluido a través del circuito cerrado del reactor a una velocidad suficiente como para mantener las partículas sólidas, tales como el producto del catalizador o poliolefina, suspendidas en el medio fluido. El impulsor puede ser accionado por un motor 216 u otra fuerza motriz.

El medio fluido en el reactor 210 puede incluir monómeros y comonómeros de olefinas, diluyente, co-catalizadores (por ejemplo, trietilboro, aluminóxano de metilo, alquilos, tales como trietilaluminio, etc.), agentes de control del peso molecular (por ejemplo, hidrógeno), y otros co-reactivos o aditivos deseados. Tales monómeros y comonómeros de olefinas son generalmente 1-olefinas que tienen hasta 10 átomos de carbono por molécula y normalmente ninguna ramificación más cerca del doble enlace que en la posición 4. Los ejemplos de monómeros y comonómeros incluyen etileno, propileno, buteno, 1-penteno, 1-hexeno, 1-octeno y 1-deceno. Una vez más, los diluyentes típicos son hidrocarburos que son inertes y líquidos en condiciones de reacción, e incluyen, por ejemplo, isobutano, propano, n-butano, n-pentano, i-pentano, neopentano, n-hexano, ciclohexano, ciclopentano, metilciclopentano, etilciclohexano, y similares. Estos componentes se añaden al interior del reactor a través de entradas o conductos en ubicaciones especificadas, como se representa por la corriente de alimentación 218, que generalmente se corresponde a una de las corrientes de alimentación 18 de la Fig. 1.

Del mismo modo, un catalizador, tal como los previamente discutidos, puede añadirse al reactor 210 a través de un conducto en una ubicación adecuada, tal como se representa por la corriente de alimentación 88, que puede incluir un transportador diluyente y que también se corresponde generalmente a una de las corrientes de alimentación 18

de la Fig. 1. Un ejemplo de un catalizador para la polimerización del monómeros y comonómeros de etileno que están presentes incluye un óxido de cromo que contiene un cromo hexavalente (o Cr^{+2}) sobre un soporte de sílice. Debe explicarse que, en ciertas realizaciones, el cromo en la materia prima del catalizador se recibe en la instalación de poliolefina como Cr^{+3} . Este catalizador puede ser sometido a un proceso de activación de monóxido de carbono (CO), resultando en un cambio de valencia a Cr^{+6} en el catalizador activado. Posteriormente, durante la polimerización en el reactor, la valencia Cr^{+6} en el catalizador activado cambia a Cr^{+2} debido a la presencia de monómero (por ejemplo, etileno) en los contenidos de polimerización en el reactor. Ventajosamente, los sitios Cr^{+2} en el catalizador son activos para la polimerización. No obstante, se debe enfatizar, como se discute previamente, que se puede emplear una variedad de sistemas de catalizadores distintos a los sistemas de cromo.

En total, los componentes añadidos en el reactor se componen generalmente de un medio fluido en el reactor 210 en el que el catalizador es una partícula en suspensión. Las condiciones de reacción, tales como temperatura, presión y concentraciones de reactivos, se regulan para facilitar las propiedades y la tasa de producción deseadas de la poliolefina en el reactor, controlar la estabilidad del reactor, y similares. La temperatura se mantiene normalmente por debajo del nivel en el que el producto polimérico se disuelve. Como se indica, debido a la naturaleza exotérmica de la reacción de polimerización, un fluido refrigerante se puede hacer circular a través de camisas 212 en torno a las porciones del reactor 210 en suspensión de bucle para eliminar el exceso de calor, manteniendo de ese modo la temperatura dentro del intervalo deseado, generalmente comprendida entre 150 °F a 250 °F (65 °C a 121 °C). Del mismo modo, la presión puede ser regulada dentro del intervalo de presión deseado, en general 100 a 800 psig, (0,7-5,5 MPa nanométricos), siendo típico un intervalo de 450-700 psig (3,1-4,8 MPa).

A medida que progresa la reacción de polimerización en el reactor 210, el monómero (por ejemplo, etileno) y comonómeros (por ejemplo, 1-hexeno) se polimerizan formando polímeros de poliolefina (por ejemplo, polietileno) que son sustancialmente insolubles en el medio fluido a la temperatura de reacción, por lo que se forma una suspensión de partículas sólidas en el medio. Estas partículas de poliolefina sólidas pueden retirarse del reactor 210 a través de un tramo de sedimentación u otros medios, tales como una extracción en continuo, como se representa en la corriente de descarga 22. En el procesamiento aguas abajo, la poliolefina descargada del reactor se puede extraer de la suspensión y purificarse.

B. Tamaño de las partículas de poliolefina en el reactor

El intervalo de tamaño de partículas o la distribución de la pelusa de poliolefina en el reactor puede variar dependiendo del catalizador de polimerización empleado, producto polimérico, y condiciones de reacción. Por ejemplo, un catalizador Englehard Lynx 100 produce en promedio partículas poliméricas más pequeñas que las producidas usando un catalizador Davidson 969 MS Chrome. En general, puede emplearse un catalizador que, debido al tamaño del catalizador, forma, área superficial reactiva, u otra característica de la actividad del catalizador, produce partículas poliméricas en el intervalo de tamaño deseado. En particular, el tamaño de las partículas poliméricas producidas mediante un catalizador varía en general proporcionalmente con el tamaño de partículas del catalizador; es decir, catalizadores más pequeños producen generalmente partículas poliméricas más pequeñas. El porcentaje en peso de las partículas poliméricas con diferentes tamaños puede variar entre catalizadores y generalmente se corresponde con el tamaño de partículas del catalizador. Además, las condiciones de funcionamiento del reactor, tales como densidad de la suspensión, temperatura, tiempo de residencia, etc., pueden modularse para ajustar la distribución del tamaño de partículas.

La distribución del tamaño de partículas se especifica generalmente para mantener las condiciones de suspensión adecuadas en un reactor en suspensión de bucle que funciona bajo condiciones de reacción, tales como las discutidas con respecto a la Fig. 1. Además, la distribución del tamaño de partículas se especifica normalmente para facilitar el procesamiento aguas abajo de la pelusa de poliolefina. En particular, el intervalo de tamaño de partículas puede designarse para reducir la presencia de partículas excesivamente grandes que pueden ensuciar el equipo aguas abajo incluyendo el depósito de evaporación instantánea (o cámara de evaporación instantánea, separador de evaporación instantánea, etc.), columna de purga, etc. Tal reducción de partículas más grandes facilita la eliminación en el tanque de vaciado del reactor o tanque de expansión alternativo (TEA).

En una realización, las condiciones del catalizador y de funcionamiento empleadas producen menos de 1 % en peso de las partículas poliméricas que son superiores a 1500 μ . En otra realización, menos de 5 % en peso de partículas poliméricas son superiores a 1000 μ . En otra realización, menos de 0,1 % en peso de partículas poliméricas son superiores a 1500 μ y/o menos de 0,5 % en peso de partículas poliméricas son superiores a 1000 μ . En el otro extremo, para evitar problemas asociados con un número excesivo de partículas finas, en una realización, menos de 5 % en peso de partículas poliméricas son inferiores a 100 μ y, en otra realización, menos de 0,5 % en peso de partículas poliméricas son inferiores a 100 μ . Además, en otra realización, más de 70 % en peso de las partículas poliméricas se comprenden entre 300 μ y 500 μ y, en una realización adicional, más de 80 % en peso de partículas poliméricas tienen un tamaño comprendido entre 300 μ y 500 μ . En otra realización, más de 90 % en peso de partículas poliméricas tienen un tamaño comprendido entre 300 μ y 500 μ .

III. Sistema de recuperación de diluyente/monómero

A. Cámara de evaporación instantánea

La descarga 22 del reactor 210 puede fluir a través de un calentador 222 de evaporación instantánea en línea y a una cámara 224 de evaporación instantánea. El calentador 222 de evaporación instantánea en línea puede ser un conducto circundante que usa vapor de agua o condensado de vapor de agua, por ejemplo, como medio de calentamiento para proporcionar calentamiento indirecto a la descarga 22. De este modo, el efluente (descarga 22) del reactor 210 en suspensión de bucle se calienta antes de su introducción en la cámara 224 de evaporación instantánea. Además, antes de que la descarga 22 entre en la cámara 224 de evaporación instantánea, se pueden inyectar agua u otros venenos del catalizador en la descarga 22 para desactivar cualquier catalizador residual en la corriente de descarga 22. Debido a que estos componentes inyectados son venenos del catalizador por definición, normalmente se eliminan por completo, o al menos sustancialmente, de cualquier material recuperado (por ejemplo, monómero o diluyente) reciclado en el reactor 210.

En la cámara 224 de evaporación instantánea, la mayoría de los componentes no sólidos de la descarga 22 del reactor se retiran por la cabeza como vapor en el vapor instantáneo 226. Nótese, que es este vapor instantáneo 226 reciclado que puede desviarse del sistema de fraccionamiento en su camino al reactor 210 (es decir, a través del sistema de alimentación 16). En la producción de polietileno, este vapor es normalmente principalmente diluyente, tal como diluyentes isobutano u otros previamente mencionados. También puede contener monómero sin reaccionar (por ejemplo, etileno) y otros componentes ligeros, así como comonómero sin reaccionar (por ejemplo, 1-hexeno, buteno, 1-penteno, 1-octeno y 1-deceno) y otros componentes pesados (por ejemplo, hexano y oligómeros). En general, los componentes ligeros o "ligeros" se pueden definir como los componentes ligeros con puntos de ebullición inferiores al diluyente empleado. Por el contrario, los componentes pesados o "pesados" pueden definirse como aquellos componentes que tienen puntos de ebullición superiores que el diluyente. Una composición aproximada de ejemplo de vapor instantáneo 226 es 94 % en peso de isobutano, 5 % en peso de etileno, y 1 % en peso de otros componentes. Un nivel o volumen de la pelusa se puede mantener en la cámara 224 de evaporación instantánea para dar tiempo de residencia adicional de la pelusa en la cámara 224 y facilite la separación de líquido y vapor arrastrado en las partículas de pelusa porosas.

El vapor instantáneo 226 puede ser procesado en equipos 244 de eliminación de sólidos (véase, por ejemplo, la Fig. 6), tal como ciclones, filtros de mangas, etc., donde los sólidos arrastrados en pelusas (por ejemplo, normalmente partículas finas o finos) se eliminan y regresan a la cámara 224 de evaporación instantánea o al equipo aguas abajo, tal como la columna de purga 228 discutida a continuación. El vapor instantáneo 226 también puede pasar a través de un lecho de desoxigenación, por ejemplo. Además, el vapor instantáneo 226 se puede enfriar o condensar en un termocambiador 246 (por ejemplo, construcción de carcasa y tubo) antes de reciclarse al sistema de alimentación 16 o sistema de fraccionamiento 30. Para reducir el tamaño y los costes del sistema de fraccionamiento 30, una porción del vapor instantáneo 226, el vapor instantáneo tratado 226 A, y/o vapor instantáneo condensado 226B puede desviarse del sistema de fraccionamiento 30 y regresar más directamente (por ejemplo, a través de la línea 34 de la Fig. 1) al reactor 210 a través del sistema de alimentación 16.

El termocambiador 246 puede tener un suministro refrigerante 248 y un retorno refrigerante 250. El refrigerante empleado puede enfriar el agua de la torre, por ejemplo. Las presentes técnicas pueden proporcionarse para aumentar el tamaño del termocambiador (condensador) 248 para adaptar la masa adicional de diluyente y monómero descargada desde el reactor (en un funcionamiento de vaciado o anormal) al depósito 224 de evaporación instantánea (en lugar de al depósito de vaciado 46).

En cuanto a los sólidos (polímero) en la cámara 224 de evaporación instantánea, éstos se retiran con una pequeña cantidad de diluyente (y monómero) arrastrado y se envían a una columna de purga 228 a través de la descarga de sólidos 230. Como se apreciará por los expertos en la técnica, el conducto 230 de descarga de sólidos puede incluir configuraciones de válvulas que permiten que el polímero fluya hacia abajo a través del conducto mientras se reduce la posibilidad de flujo de vapor entre la columna de purga 228 y la cámara 224 de evaporación instantánea. Por ejemplo, una o más válvulas rotatorias o cíclicas pueden disponerse en el conducto 230 de descarga de sólidos. Además, una o más cámaras de pelusas (compensación) relativamente pequeñas también pueden disponerse en el conducto. Tradicionalmente, los sólidos de la pelusa de la cámara de evaporación instantánea se han descargado en una cámara de evaporación instantánea a presión inferior, requiriendo el vapor de evaporación de presión inferior la compresión para su reciclado al sistema de fraccionamiento 30 y al reactor. No obstante, la eliminación de una evaporación instantánea a baja presión (y la compresión asociada) se proporciona para la descarga de los sólidos de la pelusa desde la cámara 224 de evaporación instantánea a la columna de purga 228. Tal descarga a la columna de purga puede incluir configuraciones apropiadas de válvulas, una cámara de compensación, o simplemente un conducto, etc.

B. Columna de purga

Los sólidos primarios alimentados a la columna de purga 228 es normalmente la descarga de sólidos 230 (pelusa de poliolefina) que sale de la cámara 224 de evaporación instantánea. Un fin de la columna de purga 228 es retirar de las corrientes de sólidos de entrada hidrocarburos residuales y proporcionar la pelusa del polímero 232 sustancialmente limpio. La pelusa 232 puede transportarse o llevarse al sistema 36 de extrusión/salida de carga para su conversión a sedimentos 38 y su distribución y venta a los clientes 40 como resina de sedimentos de poliolefina. En general, las partículas poliméricas tratadas descargadas de la columna de purga 228 como pelusa polimérica 232 pueden procesarse en una operación de acabado convencional, tal como una extrusora de husillo, en

un sistema 36 de extrusión/salida de carga (Fig. 1).

En el sistema de columna de purga ejemplar ilustrado, se circula nitrógeno a través de la columna de purga 228 para retirar los hidrocarburos residuales a través de la descarga 234 de la cabeza. Esta descarga 234 puede enviarse a través de una unidad de separación 236, tal como una unidad de recuperación de membrana, unidad de absorción por variación de presión, unidad de refrigeración, etc., para recuperar nitrógeno a través de la corriente de nitrógeno 238 y descargar una corriente 240 de hidrocarburos distinta como alimentación al sistema de fraccionamiento 30. En la técnica, la unidad de separación 236 puede ser conocida como una unidad de recuperación de nitrógeno e isobutano (URNI). Además, el nitrógeno reciente 242 puede añadirse al circuito de nitrógeno para reponer las pérdidas de nitrógeno en el sistema de la columna de purga 228. Por último, cabe señalar que la corriente de hidrocarburos 240 puede proporcionar beneficiosamente alimentación al sistema de fraccionamiento 30. Por ejemplo, la corriente de hidrocarburos 240 que se descarga de la unidad de separación 236 permite que la alimentación de hidrocarburos disponible pueda procesarse para dar diluyente exento de olefinas usado en la preparación del catalizador.

C. Configuraciones alternativas

Como se apreciará por los expertos en la técnica, una variedad de configuraciones se puede emplear en el sistema 24 de recuperación de diluyente/monómero. Por ejemplo, la descarga de sólidos 230 de la cámara 224 de evaporación instantánea puede enviarse a otro reactor (por ejemplo, un reactor en fase gaseosa) en lugar de a la columna de purga 228 o a una cámara de evaporación instantánea a baja presión. Si se descarga a otro reactor, el veneno del catalizador no se puede inyectar aguas arriba en la descarga 22, y, por tanto, los catalizadores activos residuales permanecen para polimerización adicional.

En otra configuración, la columna de purga 228 puede eliminarse del sistema de recuperación 20 y combinarse con el tanque de alimentación a la extrusora, aguas abajo. Si se desea, la unidad de separación 236 asociada con la columna de purga 228 puede reubicarse para acomodarla al tanque de alimentación a la extrusora. De este modo, la alta presión del proceso en la cámara 224 de evaporación instantánea puede usarse para llevar las partículas de pelusa desde la descarga de sólidos 230 al sistema 36 de extrusión/salida de carga, eliminando un sistema de ventilador (y el consumo eléctrico asociado) usado tradicionalmente para llevar la pelusa 232 al sistema de extrusión/salida de carga. Asimismo, la presión del proceso en la cámara 224 de evaporación instantánea puede utilizarse para transportar las partículas de pelusa en una disposición de transporte en fase densa, disminuyendo así la velocidad de las partículas que fluyen y reduciendo los daños por el transporte a las partículas.

D. Cámara de evaporación instantánea/tanque de vaciado del reactor combinados

La Fig. 2 representa un depósito de vaciado 46 convencional que recibe una descarga de suspensión 48 desde el reactor durante un evento anormal o de vaciado. La descarga 48 de vaciado de suspensión puede estar situada en una o más ubicaciones en torno al reactor de bucle 210. La válvula de descarga o válvulas de sobrepresión pueden descargarse en el depósito de vaciado 46, por ejemplo, durante la pérdida de la circulación de la suspensión, la presión excesiva del reactor de bucle 210, etc. En el depósito de vaciado 46, la porción líquida de las evaporaciones instantáneas de suspensión se descarga en la corriente de cabeza 50 a un quemador, por ejemplo, para su combustión, o a otros sistemas para reducir las emisiones y/o recuperar la energía, por ejemplo. Los sólidos y cualquier hidrocarburo arrastrado pueden descargarse por la parte inferior del depósito de vaciado 46 a través de la corriente de sólidos 52. Normalmente, como se discute, la corriente sólida 52 generalmente no se recuperó, pero se eliminó. Según las presentes técnicas, el depósito de vaciado 46 puede eliminarse. En su lugar, un vaciado de la suspensión del reactor o descarga de la suspensión del reactor durante el funcionamiento anormal puede descargarse a través de la descarga normal 22 (por ejemplo, extracción en continuo) al depósito 224 de evaporación instantánea. La cámara 224 de evaporación instantánea y el equipo asociado (por ejemplo, condensador de cabeza) pueden por consiguiente estar dimensionados.

En las configuraciones convencionales, la suspensión o los sólidos del reactor también pueden entrar en el depósito de vaciado 46 a partir de otros puntos en el sistema aguas abajo del reactor de bucle 210. Por ejemplo, como se indica por los números de referencia 54A, 54B y 54C, el depósito de vaciado 46 puede recibir la suspensión o el polímero a partir de un conducto 54A acoplado a la descarga 22 del reactor aguas abajo de la extracción en continuo, conducto 54B aguas abajo de la línea 222 de evaporación instantánea y aguas arriba del depósito 224 de evaporación instantánea, y/o conducto 54C que se descarga aguas abajo del depósito 224 de evaporación instantánea y aguas arriba de la columna de purga 228. No obstante, de nuevo, con la eliminación del depósito de vaciado 46 en ciertas realizaciones, el depósito 224 de evaporación instantánea puede contener una descarga de vaciado del reactor de bucle 210 (a través de la descarga 22 y de la línea 222 de evaporación instantánea, la trayectoria normal de flujo de la operación).

IV. Extracción en continuo de la descarga del efluente del reactor

Las Figs. 3-5 ilustran un mecanismo de extracción en continuo (EC) de la descarga del reactor 22. El mecanismo EC con relación a una configuración de tramos de sedimentación proporciona generalmente una distribución de tamaño de partículas más deseable de la pelusa de poliolefina que sale del reactor durante la puesta en marcha y apagado

del reactor. La presencia reducida de partículas de poliolefina excesivamente grandes mitiga el uso de un tanque de vaciado del reactor o tanque de expansión alternativo (TEA) durante la puesta en marcha y apagado. Refiriéndose a la Fig. 3, se representa un mecanismo de extracción en continuo 280 dispuesto en un codo de la tubería del reactor 210 en suspensión de bucle. El mecanismo 280 de extracción en continuo incluye un cilindro de extracción 282, una línea de extracción de suspensión 284, una válvula de cierre de emergencia 285, una válvula de motor proporcional 286 para regular el flujo y una línea de limpieza con descarga de agua 287. El reactor 210 puede operarse con "líquido" completo, y porque el contenido líquido del reactor es ligeramente compresible, el control de la presión del líquido a través del sistema puede efectuarse con una válvula. Además, cuando la entrada de diluyente se mantiene sustancialmente constante, la válvula de motor proporcional 286 se puede usar para controlar la tasa de extracción continua y mantener la presión total del reactor en los puntos de ajuste designados.

Refiriéndose a la Fig. 4, que se toma a lo largo de la línea de sección 5-5 de la Fig. 3, se representa un codo de tubería curvado y liso que tiene el mecanismo de extracción en continuo 280. Así, el codo de tubería ilustrado se puede considerar un codo que lleva un apéndice. Como se muestra, el mecanismo incluye el cilindro de extracción 282 que está unido, en este caso, en un ángulo recto a una tangente a la superficie externa del codo. Además, el acoplamiento al cilindro 282 es la línea de extracción de la suspensión 284. Dispuesto dentro del cilindro de extracción 282 se encuentra una válvula de pistón 288, que puede servir al menos para dos fines. En primer lugar, puede proporcionar un mecanismo de limpieza para el cilindro de extracción si alguna vez es ensuciado por el polímero. En segundo lugar, puede servir como una válvula de cierre para el montaje de extracción en continuo completo.

La Fig. 5 muestra una orientación de fijación para el cilindro de extracción 282, que está fijado tangencialmente a la curvatura del codo y en un punto justo antes del flujo de suspensión que gira hacia arriba. La abertura puede ser elíptica a la superficie interna, por ejemplo, y una mayor ampliación puede implementarse para mejorar la extracción de los sólidos. Cabe señalar que una variedad de orientaciones de la unión del cilindro de extracción 282 puede implementarse. Por ejemplo, el cilindro puede unirse al reactor 210 perpendicularmente a una tangente del codo del reactor como se muestra en la Fig. 4 o tangente a la superficie externa del codo del reactor como se representa en la Fig. 5 o en cualquier ángulo entre ellos. El cilindro 282 se puede cortar a ras con la superficie interna del reactor o puede extenderse en el reactor. Una implementación es para el cilindro 282 para que tenga su extremo de fijación cortado en un ángulo de 45 grados. En este caso, se puede montar de modo que el borde más corto del corte de 45 grados se coloque a ras con el radio externo del codo del reactor 210 y el borde más largo del corte de 45 grados que sobresale en el flujo de reactor. Esto puede facilitar la captura de más sólidos y menos diluyente en el reactor, lo que aumenta aún más la concentración de sólidos de la suspensión descargada. Se pueden implementar otras orientaciones y ubicaciones.

V. Actualización y funcionamiento del reactor y sistemas de recuperación de diluyente/monómero

Las presentes técnicas adaptan la combinación de la función del tanque de vaciado (a veces etiquetado como un tanque de expansión alternativo) con la cámara de evaporación instantánea 224. De forma beneficiosa, esto puede reducir el coste de capital asociado con la construcción de una instalación de fabricación de poliolefinas. Otras ventajas pueden incluir la reducción en el gas enviado al quemador durante una situación de vaciado del reactor y una reducción en el tamaño del quemador en algunas instalaciones. Si bien las presentes técnicas se pueden emplear con la tradicional descarga de tramos de sedimentación del reactor de bucle, el uso de la cámara de evaporación instantánea 224 para adaptar una situación de vaciado del reactor puede ser más beneficioso con la descarga continua del reactor. Como se discute, esto se debe normalmente a la mejor distribución de tamaño de partículas (es decir, menos grumos y trozos de polímero) que la descarga de la descarga continua. Cabe señalar que las disposiciones limpias se pueden efectuar por el depósito de evaporación instantánea 224 en caso de que los trozos de polímero y materiales indeseables se descarguen del reactor 210 a la cámara de evaporación instantánea 224.

Además, puesto que la suspensión de polímero se envía al tanque de evaporación instantánea 224 en una situación de vaciado del reactor en lugar de al depósito de vaciado 46, la cantidad de polímero que se envía como restos, es decir, que se descarga desde el depósito de vaciado 46 a los contenedores de restos para su eliminación, se reduce. El polímero desechado debido a los vaciados del reactor puede representar hasta el 1 % o más de la poliolefina producida durante la vida útil del reactor de bucle. De forma beneficiosa, con las presentes técnicas, el polímero recibido del reactor durante un vaciado del reactor se puede recuperar y extruir como sedimentos fuera de especificación, por ejemplo.

Además, el transporte de polímero desde el depósito de evaporación instantánea 224 a la columna de purga (o a un depósito de evaporación instantánea a baja presión) se puede producir a través de una larga distancia. Esto se debe así a la alta presión en el depósito de evaporación instantánea 224, en comparación con la presión inferior realizada en el depósito de vaciado 46 anterior. Ventajosamente, este diferencial de presión más alta puede permitir que el tanque de vaciado/tanque de evaporación instantánea combinados se ubique en el suelo para reducir la estructura de soporte del recipiente y los costos asociados.

La cabeza del equipo 244 de eliminación de sólidos de la cámara de evaporación instantánea 224 se puede aumentar de tamaño para manejar el aumento de flujo de vapor instantáneo que se puede realizar durante un

evento de vaciado del reactor. Refiriéndose a la Fig. 6, se representa el equipo de eliminación de sólidos 224. El vapor instantáneo 226 de la cámara de evaporación instantánea 224 puede entrar en un ciclón 258 (por ejemplo, un ciclón de alta eficacia que destruye una parte mayoritaria de los sólidos arrastrados en el vapor instantáneo 226). La corriente sólida 260 puede descargarse en la parte inferior del ciclón 258 y reciclarse a la columna de purga 228, por ejemplo. El vapor instantáneo 226C que sale de la cabeza del ciclón 258 puede entrar en un filtro de mangas 262, donde los sólidos adicionales se eliminan a través de la descarga de sólidos 264 desde la parte inferior del filtro de mangas 262. El vapor instantáneo 226B puede entonces salir de la cabeza de del filtro de mangas 262 en su camino al termocambiador 246 (por ejemplo, en la realización ilustrativa de la Fig. 2), del sistema de fraccionamiento 30, y/o sistema de alimentación 16 (por ejemplo, mediante la corriente 34), por ejemplo. Cabe señalar que el vapor instantáneo 226B puede procesarse adicionalmente, tal como en un lecho de desoxigenación, antes de entrar en el termocambiador 246 (por ejemplo, condensador), sistema de fraccionamiento 30, y/o sistema de alimentación 16.

En ciertas realizaciones, puede ser beneficioso no pasar por el filtro de mangas 262 en un evento de vaciado del reactor. En otras palabras, mientras una alta eficacia de los ciclones 258 puede adaptar el aumento del flujo de vapor instantáneo 226 realizado durante una situación de vaciado del reactor, el filtro de mangas 262 puede tener un tamaño reducido en ciertos eventos. Por consiguiente, una línea de derivación 266 y la válvula de derivación 268 se representan sin pasar por el filtro de mangas 262. Por otra parte, el filtro de mangas 262 puede aumentar de tamaño para acomodar el flujo del vapor instantáneo 226 descargado desde el reactor de bucle 210 en un evento de vaciado del reactor.

Si bien la invención puede ser susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, se han mostrado las realizaciones específicas a modo de ejemplo en los dibujos y se han descrito con detalle en esta invención. No obstante, se debe entender que la invención no tiene por objeto limitarse a las formas particulares descritas. Más bien, la invención incluye todas las realizaciones que caen dentro del alcance de la invención como se define por las siguientes reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método de funcionamiento de un proceso de producción de poliolefinas, que comprende:
polimerizar un monómero en presencia de un catalizador en un reactor de polimerización (20) para crear poliolefinas;
5 procesar el efluente del reactor de polimerización (20) en un depósito de evaporación instantánea (224) durante el funcionamiento normal;
procesar el efluente del reactor de polimerización (20) en el depósito de evaporación instantánea (224) durante un vaciado del reactor; y
recuperar una parte mayoritaria de la poliolefina e hidrocarburo en el efluente descargado del reactor de polimerización (20) durante un vaciado del reactor.
- 10 2. El método según la reivindicación 1, en donde la recuperación comprende reciclar el hidrocarburo en el reactor de polimerización (20).
3. El método según la reivindicación 1, en donde la recuperación comprende condensar el vapor de hidrocarburo descargado del depósito de evaporación instantánea (224).
- 15 4. El método según la reivindicación 1, en donde la recuperación comprende transportar la poliolefina desde el depósito de evaporación instantánea (224) a una columna de purga (228).
5. El método según la reivindicación 1, en donde el reactor de polimerización (20) no está en comunicación con un tanque de vaciado del reactor o con un tanque de expansión alterno (TEA).
6. El método según la reivindicación 1, en donde el vaciado del reactor comprende una liberación de los contenidos del reactor de polimerización (20) en aproximadamente 10 minutos a aproximadamente 30 minutos.
- 20 7. El método según la reivindicación 1, en donde el depósito de evaporación instantánea (224) descarga como vapor de cabeza una parte mayoritaria de hidrocarburo descargado del reactor de polimerización (20) durante el vaciado del reactor.

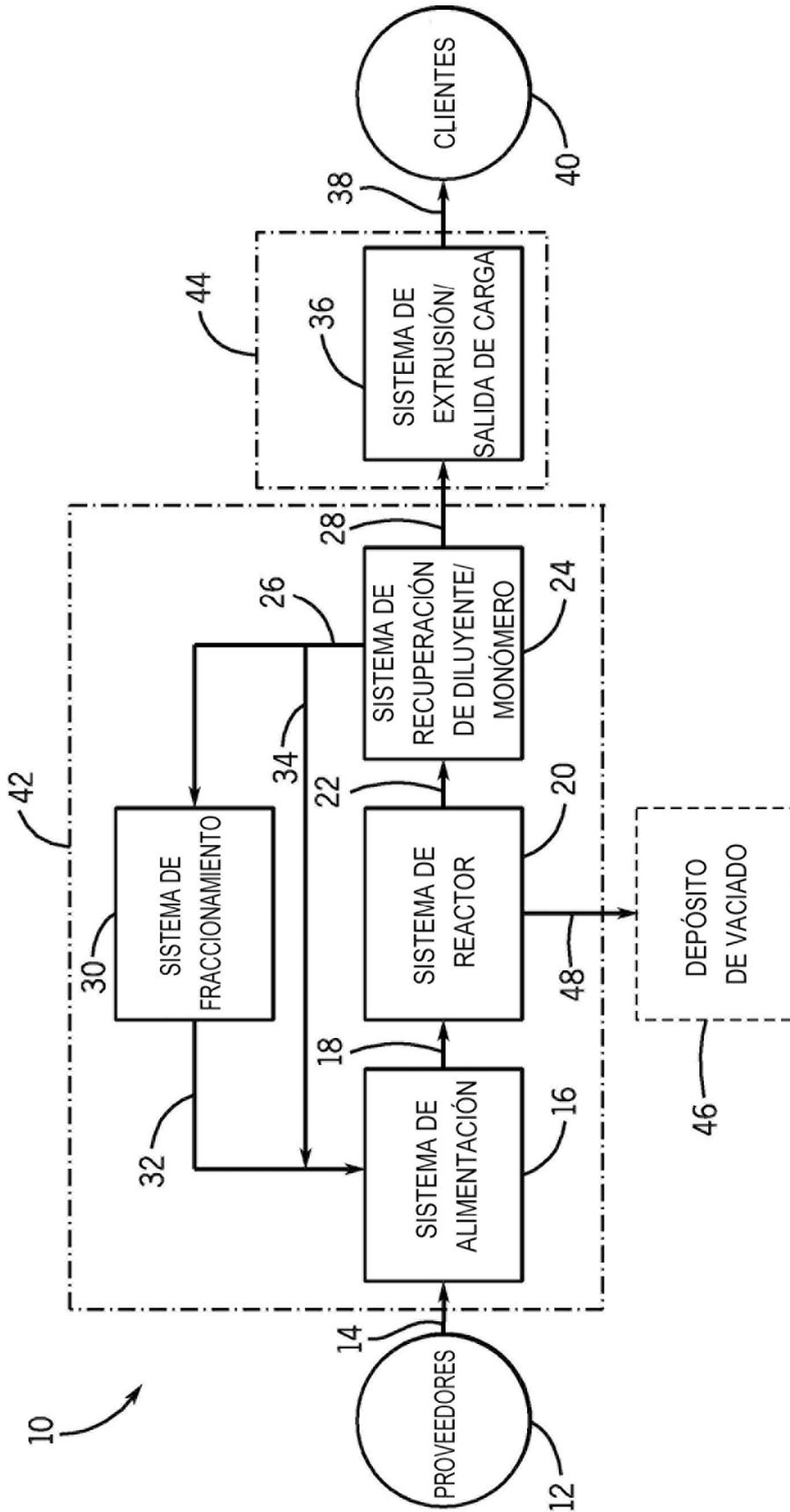


FIG. 1

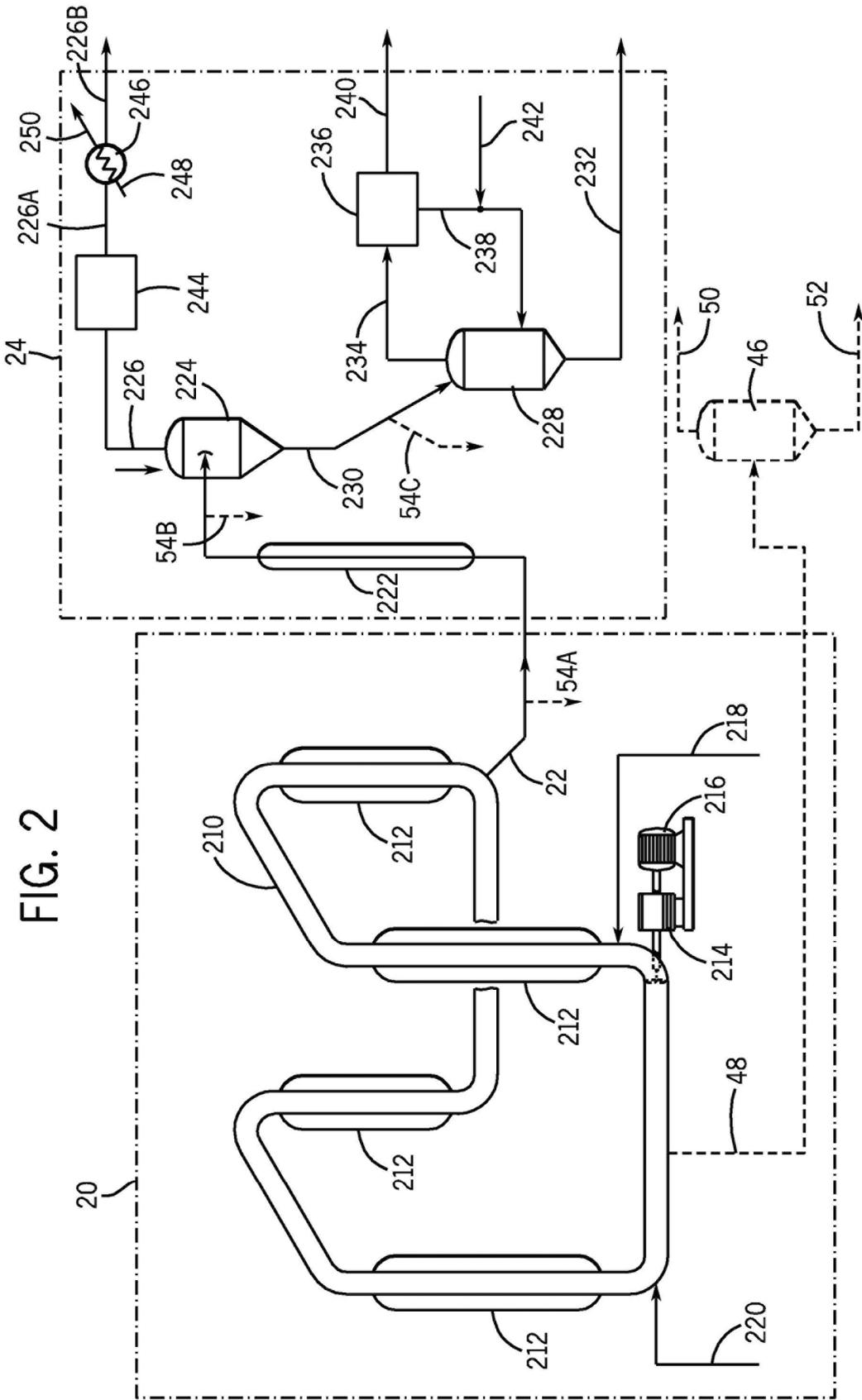


FIG. 2

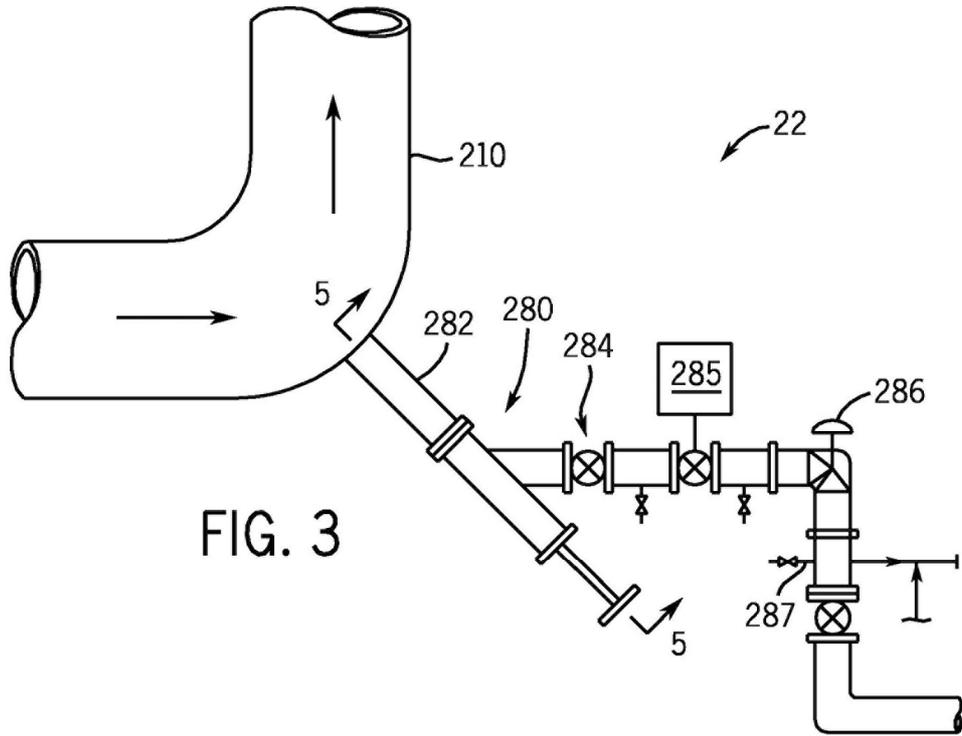


FIG. 3

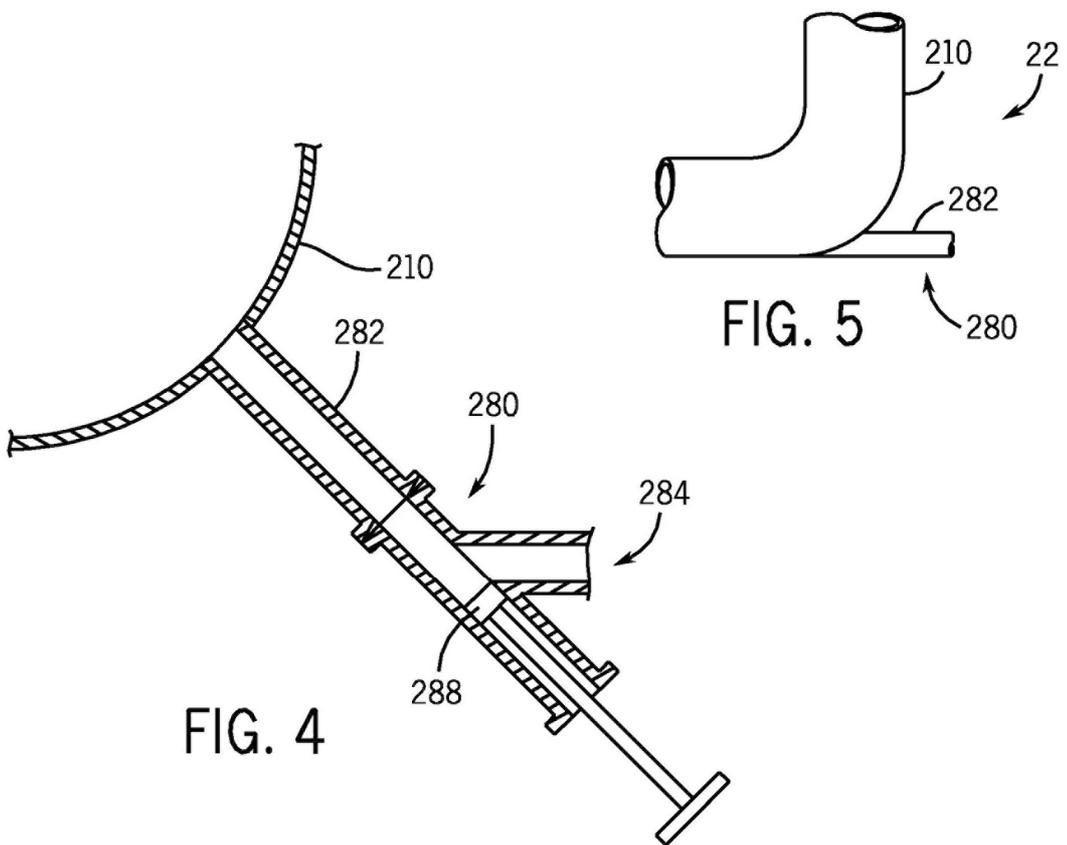


FIG. 4

FIG. 5

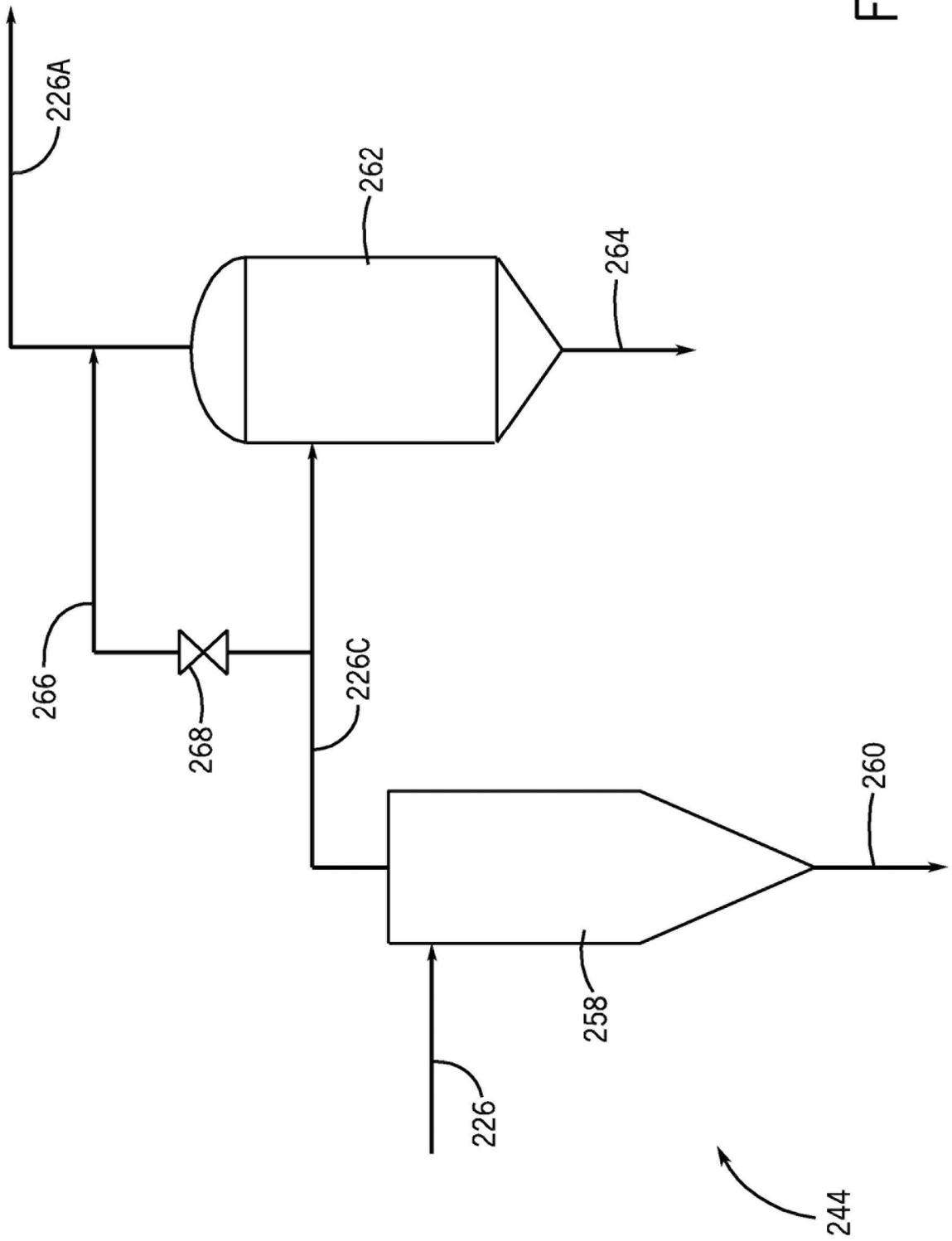


FIG. 6