

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 631 155**

51 Int. Cl.:

C08F 10/02 (2006.01)

C08F 6/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.12.2013 PCT/US2013/073054**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.06.2014 WO14093088**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2013 E 13805720 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2017 EP 2931762**

54 Título: **Producción de polietileno con múltiples reactores de polimerización**

30 Prioridad:

13.12.2012 US 201213713207

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

28.08.2017

73 Titular/es:

CHEVRON PHILLIPS CHEMICAL COMPANY LP (11.1%)

10001 Six Pines Drive

The Woodlands, Texas 77380, US;

BHANDARKAR, MARUTI (11.1%);

BENHAM, ELIZABETH A (11.1%);

GILL, CATHERINE M. (11.1%);

GONZALES, REBECCA A (11.1%);

KUFELD, SCOTT E. (11.1%);

MUTCHLER, JOEL A. (11.1%);

NGUYEN, THANH (11.1%) y

ODI, TIMOTHY O. (11.1%)

72 Inventor/es:

BHANDARKAR, MARUTI;

BENHAM, ELIZABETH A;

GILL, CATHERINE M;

GONZALES, REBECCA A;

KUFELD, SCOTT E;

MUTCHLER, JOEL A;

NGUYEN, THANH y

ODI, TIMOTHY O

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 631 155 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

Producción de polietileno con múltiples reactores de polimerización

ANTECEDENTES

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere en general a la producción de polietileno, más específicamente, al tamaño de partícula del polietileno en la operación de un sistema de reactor de polimerización de polietileno que tiene dos o más reactores de polimerización.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 Esta sección pretende presentar al lector los aspectos de la técnica que puedan estar relacionados con los aspectos de la presente invención, que se describen y/o reivindican posteriormente. Se cree que este análisis será de ayuda para proporcionar al lector una información cada vez en mayor medida para facilitar una mejor comprensión de los diversos aspectos de la presente invención. Por consiguiente, se debe entender que se ha de leer esta exposición bajo este aspecto, y no como reconocimiento de la técnica anterior.

- 15 A medida que ha avanzado la tecnología química y petroquímica, los productos de estas tecnologías cada vez están más extendidos en la sociedad. En particular, a medida que han avanzado las técnicas para unir bloques de construcción moleculares sencillos en cadenas más largas (o polímeros), los productos poliméricos, típicamente en forma de diversos plásticos, se han incorporado cada vez en mayor medida en diversos artículos de uso diario. Por ejemplo, el polímero de polietileno y sus copolímeros se usan en tuberías, envases para productos farmacéuticos y de venta al por menor, envases para alimentos y bebidas, botellas de plástico, artículos de uso doméstico, diversos productos industriales, etcétera.
- 20

- El polietileno se puede producir a partir de etileno monómero. Si el único monómero etileno se usa para la polimerización, el polímero de polietileno es referido como un homopolímero, mientras que la incorporación de diferentes monómeros además de etileno crea copolímero o terpolímero de polietileno, etcétera. En la producción de polietileno, el comonómero 1-hexeno se usa comúnmente además de etileno para controlar la densidad del polietileno. Los monómeros (etileno, 1-hexeno, etc.) se pueden añadir a un reactor de polimerización, tal como un reactor de fase líquida o un reactor de fase gaseosa, donde éstos se convierten en polímeros. En un 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 que porte los contenidos del reactor. Un catalizador (p.ej., Ziegler-Natta, metaloceno, basado en cromo, etc.) también se puede añadir al reactor para facilitar la reacción de polimerización. A diferencia de los monómeros, los catalizadores no se consumen por lo general en la reacción de polimerización.
- 25
- 30

- A medida que se desarrollan las cadenas de polímero durante la polimerización, se producen partículas sólidas conocidas como "borra" o "escama" o "polvo". La borra puede poseer una o más propiedades de fusión, físicas, reológicas y/o mecánicas de interés, tales como densidad, índice de fluidez (MI), contenido de comonómero, peso molecular, etcétera. Pueden ser deseables diferentes propiedades para la borra dependiendo de la aplicación en la que se va a utilizar la borra de polietileno o posteriormente borra de polietileno en gránulos. El control de las condiciones de reacción dentro del reactor, tales como temperatura, presión, concentraciones químicas, velocidad de producción del polímero, tipo de catalizador, etcétera, pueden afectar las propiedades de la borra.
- 35

- En algunas circunstancias, para aumentar la capacidad de una tubería de polimerización o para lograr ciertas características deseadas del polímero, las condiciones de polimerización se pueden beneficiar del empleo de más de un reactor de polimerización de polietileno, teniendo cada reactor su propio conjunto de condiciones. Las condiciones del reactor, que incluyen la receta de polimerización, se pueden fijar y mantener de tal modo que el producto de polímero de polietileno sea monomodal, bimodal, o multimodal. En el caso de polímeros bimodales o multimodales, al menos dos polímeros de polietileno, teniendo cada uno una fracción diferente de peso molecular, por ejemplo, se pueden combinar en un producto polimérico. En sentido general, un polietileno producido en cada reactor será suspendido en un diluyente para formar una suspensión. Los reactores se pueden conectar en serie, de tal modo que la suspensión de un reactor se pueda transferir a un reactor posterior, y así sucesivamente, hasta producir un polímero de polietileno que se descarga del reactor final con el conjunto deseado de características. Por ejemplo, un polímero bimodal se puede producir mediante dos reactores en serie, un polímero trimodal puede necesitar tres, y así sucesivamente.
- 40
- 45
- 50

- El negocio competitivo de la producción de polietileno lleva a los fabricantes a realizar continuas mejoras de sus procesos con el fin de disminuir los costes de producción, mejorar la calidad del producto, y abordar problemas medioambientales, y otros. En una industria en la que se producen miles de millones de libras de producto de polietileno por año, pequeñas mejoras incrementales, tales como estabilidad y operabilidad en el reactor, recuperación de monómero y diluyente, y similares, pueden dar como resultado un beneficio económico significativo y progreso medioambiental, y así sucesivamente.
- 55

Compendio de la invención

La invención se refiere a un método para aumentar la eficacia de separar el hidrocarburo residual de las partículas de polietileno en un recipiente de purga, que incluye: polimerizar etileno sobre un catalizador en un sistema de reactor para formar partículas de polietileno, comprendiendo el sistema de reactor un primer reactor de polimerización y un segundo reactor de polimerización en serie; descargar las partículas de polietileno desde el segundo reactor de polimerización a un recipiente de separación para separar hidrocarburo de las partículas de polietileno; descargar las partículas de polietileno desde el recipiente de vaporización instantánea a un recipiente de purga para separar el hidrocarburo residual de las partículas de polietileno; y ajustar un tamaño de partícula de las partículas de polietileno que se descargan desde el segundo reactor de polimerización para aumentar la separación del hidrocarburo residual de las partículas de polietileno en un recipiente de purga aguas abajo, en donde ajustar el tamaño de partícula comprende ajustar la productividad del catalizador en el sistema de reactor, y ajustar la productividad comprende ajustar una primera productividad del catalizador en el primer reactor de polimerización o ajustar una segunda productividad del catalizador en el segundo reactor de polimerización, o ajustar tanto la primera productividad como la segunda productividad.

15 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:

FIG. 1 es un diagrama de flujo de bloques que representa un ejemplo de sistema de producción de polietileno para producir polietileno según las realizaciones de las presentes técnicas;

20 FIG. 2 es un diagrama de flujo del proceso de un ejemplo de sistema de reactor del sistema de producción de polietileno de la FIG. 1 según las realizaciones de las presentes técnicas;

FIG. 3 es un diagrama de flujo del proceso de un ejemplo de sistema de recuperación de monómero/diluyente del sistema de producción de polietileno de la FIG. 1 según las realizaciones de las presentes técnicas;

25 FIG. 4 es un diagrama de flujo del proceso de un ejemplo de sistema de alimentación de reactor del sistema de producción de polietileno de la FIG. 1 según las realizaciones de las presentes técnicas;

FIG. 5 es un diagrama de flujo de bloques de un método de operar un sistema de reactor en el sistema de producción de polietileno según las realizaciones de las presentes técnicas;

FIG. 6 es un diagrama de flujo de bloques de un método de operar un sistema de producción de poliolefina que incluye aumentar la eficacia de separación de VOC según las realizaciones de las presentes técnicas;

30 FIG. 7 es una representación esquemática de un ejemplo de resultados de modelo de carbono orgánico volátil (VOC) en un corriente de la borra de poliolefina descargada desde una columna de purga;

FIG. 8A es una representación esquemática del tamaño medio de partícula de la borra frente al tiempo de residencia del catalizador en tres actividades diferentes para el catalizador que tiene un primer tamaño de partícula;

35 FIG. 8B es una representación esquemática de VOC de la borra que sale de la columna de purga frente al tiempo de residencia del catalizador en tres actividades diferentes para el catalizador de la FIG. 9A;

FIG. 9A es una representación esquemática del tamaño medio de partícula de la borra frente a los 4 tiempos de residencia totales en tres actividades diferentes del catalizador que tiene un segundo tamaño de partícula;

40 FIG. 9B es una representación esquemática de VOC de la borra que sale de la columna de purga frente al tiempo de residencia del catalizador en tres actividades para el catalizador del catalizador de la FIG. 9A;

FIG. 10 es un diagrama de flujo de proceso de un ejemplo de sistema de reactor alternativo de un sistema de producción de polietileno según las realizaciones de las presentes técnicas; y

FIG. 11 es un diagrama de flujo de proceso de un sistema de procesamiento de suspensión de transferencia del sistema de reactor alternativo de la FIG.10.

45 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES ESPECÍFICAS

A continuación, se describirán una o más realizaciones específicas de la presente invención. En un esfuerzo por proporcionar una descripción concisa de estas realizaciones, no se describen todos los elementos de una implementación real en la memoria descriptiva. Debe apreciarse que en el desarrollo de cualquier implementación real, como en un proyecto de ingeniería o de diseño, deben tomarse numerosas decisiones específicas para la implementación para conseguir los objetivos específicos de los desarrolladores, tales como conformidad con

restricciones relacionadas con el sistema y relacionadas con el negocio, que pueden variar de una implementación a otra. Además, debe apreciarse que tal esfuerzo de desarrollo podría ser complejo y consumir tiempo, aunque no obstante sería una tarea rutinaria de diseño, fabricación, y manufactura para los expertos en la técnica que tienen el beneficio de esta divulgación.

- 5 Las realizaciones de las presentes técnicas se refieren al control o ajuste del tamaño de partícula, p.ej., tamaño medio (promedio) de partícula, mediana (del medio) del tamaño de partícula, distribución del tamaño de partícula, y así sucesivamente, de la borra de polietileno formada en el reactor de polimerización. Dicho control o ajuste del tamaño de partícula puede mejorar la estabilidad y operabilidad del reactor, así como aumentar beneficiosamente la separación de hidrocarburo residual o de compuestos orgánicos volátiles (VOC) de la borra de polietileno en un procesamiento aguas abajo. De hecho, las presentes técnicas reconocen que el tamaño de partículas de la borra afecta la circulación en los reactores, la transferencia de suspensión entre los reactores, y la eficacia de la desgasificación aguas abajo.

10 Con respecto a la circulación y operabilidad mejoradas del reactor, el control u optimización del tamaño de partícula de la borra puede mejorar beneficiosamente el flujo y la hidráulica de la suspensión, por ejemplo, modificando la naturaleza de los sólidos de la borra, la viscosidad aparente de la suspensión de borra, velocidad de sedimentación o saltación de la suspensión de borra, y otros. Por ejemplo, al aumentar el tamaño de partícula puede disminuir por lo general el área superficial total de los sólidos y por lo tanto puede disminuir la viscosidad aparente de la suspensión, requiriéndose beneficiosamente menor cabeza de bomba de reactor de circuito cerrado para hacer circular la suspensión, lo que puede mejorar la estabilidad del reactor. Se pueden realizar otros ejemplos y motivos para una operabilidad de reactor mejorada relativos al tamaño medio o mediana de tamaño de partículas, distribución del tamaño de partícula. A fin de cuentas, el control del tamaño de partícula de la borra puede proporcionar un reactor y una operación de transferencia más estables, dando como resultado menor inactividad del reactor, menor producción fuera de las especificaciones, mayor calidad del polietileno, menores tiempos de transición en el reactor entre las calidades de polietileno, y así sucesivamente.

15 En cuanto al control o ajuste del tamaño de partícula para aumentar la separación del hidrocarburo residual de la borra de polietileno, la separación aumentada puede proporcionar beneficiosamente menor arrastre de hidrocarburo con la borra de polietileno al área de extrusión de la instalación de producción. En ciertos casos, la disminución del tamaño de partícula de la borra puede aumentar la eficacia de separación o la cantidad de hidrocarburo residual separado de la borra. Además, aunque la distribución de partícula sea estrecha o ancha puede mejorar la separación. A fin de cuentas, con la separación aumentada resultante del control del tamaño de partícula, se puede recuperar más diluyente, y mejorar el cumplimiento de las normas medioambientales, y así sucesivamente.

20 En resumen, puede ser beneficioso regular el tamaño de partícula de las partículas de la borra de polietileno producidas en los reactores de polimerización. La selección del punto óptimo o fijado del tamaño de partícula de la borra (p.ej., tamaño medio o mediana del tamaño de partícula y la anchura de la distribución del tamaño de partícula) pueden verse afectados por las condiciones del reactor que incluyen condiciones de operabilidad y la receta, el tipo de producto de polietileno, y otros.

25 El tamaño de partícula del polímero se puede correlacionar con el tiempo de residencia en el reactor, actividad del catalizador, diámetro del catalizador, la tendencia del catalizador a la fractura, la densidad de la partícula de catalizador, y otros. Las presentes técnicas pueden controlar o alterar el tamaño de partícula de la borra de polietileno ajustando el tiempo de residencia del catalizador y/o ajustando la actividad del catalizador en los reactores de polimerización. Además, la selección del catalizador puede dirigirse a regular el tamaño de partícula de la borra de polietileno. Como se analiza posteriormente, se puede implementar una variedad de técnicas para controlar o ajustar el tamaño de partícula de la borra de polietileno.

45 I. Producción de polietileno

Volviendo ahora a los dibujos, y haciendo referencia inicialmente a la FIG. 1, un diagrama de bloques ilustra un ejemplo de sistema de producción 10 para producir polietileno de poliolefina. El ejemplo de sistema de producción 10 es típicamente una operación continua que puede incluir ambos sistemas continuo y discontinuo. Un ejemplo de capacidad nominal para el ejemplo de sistema de producción 10 es de aproximadamente 700-1.400 millones de libras de polietileno producidas por año. Ejemplos de velocidades horarias de diseño son de aproximadamente 32-68 x10³ kilogramos (70.000 a 150.000 libras) de polietileno polimerizado/extrudido por hora. Cabe destacar, sin embargo, que las presentes técnicas se aplican a procesos de fabricación de poliolefinas que incluyen sistemas de producción de polietileno que tienen capacidades nominales y tasas de diseño fuera de estos ejemplos de intervalos.

55 Diversos proveedores 12 pueden proporcionar materias primas al reactor 14 para el sistema de fabricación 10 a través de tuberías, camiones, cilindros, tambores y así sucesivamente. Los proveedores 12 pueden incluir instalaciones fuera del sitio y/o en el sitio, que incluyen plantas de olefina, refinerías, plantas catalíticas. Ejemplos de posibles materias primas incluyen monómeros y comonómeros de olefina (tales como etileno, propileno,

buteno, hexeno, octeno, y deceno), diluyentes (tales como propano, isobutano, n-butano, n-hexano, y n-heptano), agentes de transferencia de cadena (tal como hidrógeno), catalizadores (tales como catalizadores de Ziegler-Natta, catalizadores de cromo, y catalizadores de metaloceno) que pueden ser heterogéneos, homogéneos, soportados, no soportados, y cocatalizadores tales como, trietilboro, compuestos de organoaluminio, metil aluminoxano (MAO),
 5 trietilaluminio (TEAL), boratos, TiBAL, y activadores tales como ácidos súper sólidos, y otros aditivos. En el caso del monómero de etileno, un ejemplo de materia prima de etileno puede suministrarse a través de una tubería a aproximadamente 55,2-100 bares manométricos (800-1450 libras por pulgada cuadrada manométrica (psig)) a 7,22-18,33 °C (45-65 °F). El ejemplo de materia prima de hidrógeno puede suministrarse también a través de una tubería, pero a aproximadamente 62,1-69 bares manométricos (900-1000 psig) a 32,22-43,33 °C (90-110 °F). Por
 10 supuesto, puede existir una variedad de condiciones de suministro para etileno, hidrógeno y otras materias primas 14.

Los proveedores 12 típicamente proporcionan materias primas 14 a un sistema de alimentación del reactor 16, donde pueden almacenarse las materias primas 14, tal como en depósitos de almacenamiento y alimentación de monómero, recipientes de diluyente, depósitos de catalizador, cilindros y depósitos de cocatalizador y así sucesivamente. En el caso de la alimentación de monómero de etileno, el etileno se puede alimentar a los
 15 reactores de polimerización sin almacenamiento intermedio en el sistema de alimentación 16 en ciertas realizaciones. En el sistema de alimentación 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 los lechos de tratamiento (p.ej., lechos de tamiz molecular, relleno de aluminio, etc.) para retirar venenos de catalizador. Tales venenos de catalizador pueden incluir, por ejemplo, agua, oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y compuestos orgánicos que contienen azufre, oxígeno o halógenos. El monómero y comonómeros de olefina pueden ser líquidos, gaseosos o un fluido supercrítico, dependiendo del tipo de reactor que se alimente. También, debe observarse que típicamente sólo se utiliza una cantidad relativamente pequeña de diluyente preparado recientemente como materia prima 14,
 20 recuperándose la mayor parte del diluyente alimentado al reactor de polimerización del efluente del reactor.

El sistema de alimentación 16 puede preparar o acondicionar otras materias primas 14, tal como catalizadores, para la adición a los reactores de polimerización. Por ejemplo, un catalizador se puede preparar y después mezclar con diluyente (p.ej., isobutano o hexano) o aceite mineral en depósitos de preparación de catalizador. Adicionalmente, el sistema de alimentación 16 típicamente proporciona una dosificación y control de la velocidad de adición de las materias primas 14 en el reactor de polimerización para mantener la estabilidad deseada del reactor y/o para conseguir las propiedades deseadas de la poliolefina o la velocidad de producción. Asimismo, durante el funcionamiento, el sistema de alimentación 16 también puede almacenar, tratar y dosificar el efluente del reactor recuperado para reciclarlo al reactor. De hecho, las operaciones en el sistema de alimentación 16 generalmente reciben tanto materia prima 14 como corrientes efluentes del reactor recuperadas. En total, las
 30 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 (p.ej., corrientes de etileno monómero, comonómero, diluyente, catalizadores, cocatalizadores, hidrógeno, aditivos, o combinaciones de los mismos) al sistema de reactor 20. Como se analizará posteriormente, las corrientes 18 se pueden transportar por conductos de alimentación al reactor que se insertan en la pared del reactor de polimerización en el sistema de reactor 20.

El sistema de reactor 20 puede tener uno o más recipientes de reactor, tal como reactores de fase líquida o reactores de fase gaseosa. Si se emplean múltiples reactores, los reactores se pueden disponer en serie, en paralelo, o en otras combinaciones o configuraciones. En los recipientes del reactor de polimerización, uno o más monómeros de olefina (p.ej., etileno) y opcionalmente comonómeros (p.ej., 1-hexeno) se polimerizan para formar partículas de polímero producido, típicamente denominados borra o gránulos. La borra puede poseer una o más propiedades de fusión, físicas, reológicas y/o mecánicas de interés, tales como densidad, índice de fluidez (MI), peso molecular, contenido de copolímero o comonómero, módulo. Las condiciones de reacción, tales como temperatura, presión, caudal, agitación mecánica, captación de producto, concentraciones de componente, velocidad de producción del polímero y así sucesivamente, pueden seleccionarse para conseguir las propiedades para la borra deseadas.

Además del uno o más monómeros de olefina, se añade típicamente al reactor un catalizador que facilita la polimerización del monómero de etileno. El catalizador puede ser una partícula suspendida en el medio fluido dentro de reactor. En general, pueden usarse catalizadores de Ziegler, catalizadores de Ziegler-Natta, metalocenos, y otros catalizadores de poliolefina bien conocidos, así como cocatalizadores. Un particular ejemplo de catalizador, es un catalizador de óxido de cromo que contiene cromo hexavalente sobre un soporte de sílice. Típicamente, se usa un diluyente exento de olefina o aceite mineral, por ejemplo, en la preparación y/o envío del catalizador en un conducto de alimentación que se inserta en la pared del reactor de polimerización. Adicionalmente, puede alimentarse un diluyente al reactor, típicamente un reactor de fase líquida. El diluyente puede ser un hidrocarburo inerte que sea líquido en condiciones de reacción tal como isobutano, propano, n-pentano, i-pentano, neopentano, n-hexano, ciclohexano, ciclopentano, metilciclopentano, etilciclohexano. La finalidad del diluyente es por lo general suspender las partículas de catalizador y polímero dentro del reactor. El diluyente, como se ha indicado, también
 50
 55
 60

se puede usar para enjuagues del reactor o tuberías para mitigar la obstrucción o ensuciamiento, y facilitar el flujo de la suspensión de polímero en las tuberías, y así sucesivamente.

5 Un dispositivo motriz puede estar presente dentro de cada uno de los uno o más reactores en el sistema de reactor 20. Por ejemplo, dentro de un reactor de fase líquida, tal como un reactor de suspensión de circuito cerrado, un impulsor puede crear una zona de mezcla turbulenta dentro del medio fluido. El impulsor puede accionarse mediante un motor para impulsar el medio fluido así como cualquier catalizador, borra de poliolefina u otras partículas sólidas suspendidas dentro del medio de fluido, por todo el circuito cerrado del reactor. Análogamente, en un reactor de fase gaseosa, tal como un reactor de lecho fluidizado o un reactor de circulación por pistón, se pueden usar uno o más agitadores o paletas para mezclar las partículas sólidas dentro del reactor.

10 La descarga de la suspensión de producto de la borra de polietileno 22 de los reactores del sistema 20 puede incluir la borra polimérica de polietileno así como componentes no poliméricos, tales como diluyente, monómero/comonómero sin reaccionar, y catalizador residual. En la construcción de los reactores en ciertas realizaciones, se puede instalar una boquilla o conducto de descarga (p.ej., soldado) en un orificio roscado o agujero abierto en la pared del reactor. La descarga de la suspensión de producto de la borra 22 que sale del reactor (p.ej., del reactor final en una serie de reactores) a través de la boquilla de descarga se puede procesar posteriormente, tal como mediante un sistema de recuperación de diluyente/monómero 24.

20 El sistema de recuperación de diluyente/monómero 24 puede procesar la suspensión producida de borra 22 del sistema de reactor 20 para separar componentes no poliméricos 26 (p.ej., diluyente y monómero sin reaccionar) de la borra de polímero 28. El diluyente/monómero se evaporó en un sistema de recuperación 24 para separar el diluyente/monómero de la borra 28.

25 Un sistema de fraccionamiento 30 puede procesar los componentes no poliméricos recuperados sin tratar 26 (p.ej., diluyente/monómero) para retirar, por ejemplo, componentes pesados y ligeros no deseados y producir diluyente exento de olefina. Las corrientes de productos fraccionados 32 pueden retornar luego al sistema de reactor 20 ya sea directamente (no mostrado) o través del sistema de alimentación 16. Dicho diluyente exento de olefina se puede emplear en la preparación/transferencia del catalizador en el sistema de alimentación 16 y como enjuagues de reactor o tuberías en el sistema de reactor 20.

30 Una parte o todos los componentes no poliméricos 26 pueden circunvalar el sistema de fraccionamiento 30 y ser reciclados más directamente al sistema de reactor (no mostrado) o al sistema de alimentación 16, como se indica con el número de referencia 34. En ciertas realizaciones, hasta 80-95% del diluyente descargado del sistema de reactor 20 circunvala el sistema de fraccionamiento 30 en ruta hacia el sistema de alimentación de polimerización 16 (y en última instancia al sistema de reactor 20). Además, aunque no se ilustra, los gránulos de polímero en el sistema de recuperación 24 y que contienen típicamente catalizador residual activo, se pueden retornar al sistema de reactor 20 para posterior polimerización, tal como en un tipo de reactor diferente o en condiciones de reacción diferentes.

35 La borra de polietileno 28 que se descarga del sistema de recuperación de diluyente/monómero 24 se puede extrudir formando gránulos de polietileno 38 en un sistema de extrusión 36. En el sistema de extrusión 36, la borra de polímero 28 típicamente se extrude para producir gránulos de polímero 38 con las características mecánicas, físicas y de fusión deseadas. La alimentación a la extrusora puede incluir aditivos, tales como inhibidores de UV, antioxidantes y peróxidos, que se añaden a los productos de borra 28 para conferir las características deseadas a los gránulos de polímero extrudido 32. Una extrusora/granuladora recibe la alimentación de la extrusora, incluyendo uno o más productos de borra 28 y cualquier aditivo que se haya añadido. La extrusora/granuladora calienta y funde la alimentación a la extrusora la cual puede ser extrudida (p.ej., mediante una extrusora de doble husillo) a través de la boquilla de la granuladora bajo presión para formar los gránulos de poliolefina. Tales gránulos típicamente se enfrían en un sistema de agua dispuesto en o cerca de la descarga de la granuladora.

45 Un sistema de descarga 39 puede preparar los gránulos 38 para el envío a los clientes 40. En general, los gránulos de poliolefina 38 pueden transportarse desde el sistema de extrusión 36 a un área de descarga de producto 39 donde los gránulos 38 pueden almacenarse, combinarse con otros gránulos y/o cargarse en vagones de tren, camiones, y así sucesivamente, para la distribución a los clientes 40. Los gránulos de polietileno 38 enviados a los clientes 40 pueden incluir polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), polietileno de densidad media (MDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno mejorado, y así sucesivamente.

55 Las porciones de polimerización y de recuperación de diluyente del sistema de producción de polietileno 10 se pueden denominar parte "húmeda" 42 o alternativamente lado de "reacción" del proceso 10. Los sistemas de extrusión 38 y de descarga 39 del sistema de producción de polietileno 10 se pueden denominar parte "seca" 44 o alternativamente lado de "acabado" del proceso de fabricación de poliolefina 10.

Los gránulos de poliolefina (por ejemplo, polietileno) 38 pueden usarse en la fabricación de una diversidad de productos, componentes, artículos domésticos y otros artículos incluyendo adhesivos (por ejemplo, aplicaciones de

adhesivo de termofusión), hilos y cables eléctricos, películas agrícolas, películas contráctiles, películas estirables, películas de envasado de alimentos, envases flexibles para alimentos, recipientes para leche, envases para alimentos congelados, revestimientos para bolsas de basura y latas, bolsas de supermercado, sacos de alto rendimiento, botellas de plástico, equipo de seguridad, recubrimientos, juguetes y una serie de recipientes y productos de plástico. Para formar productos o componentes finales a partir de los gránulos 38 antes de su distribución, los gránulos generalmente se someten a procesamiento, tal como moldeo por soplado, moldeo por inyección, moldeo rotacional, película soplada, película colada, extrusión (por ejemplo, extrusión de láminas, extrusión de tubos y corrugados, extrusión de revestimiento/estratificado) y así sucesivamente. Finalmente, los productos y componentes formados a partir de los gránulos de poliolefina (por ejemplo, polietileno) 38 pueden procesarse adicionalmente y ensamblarse para su distribución y venta al consumidor. Por ejemplo, se pueden envasar tubos o películas de polietileno extrudido para su distribución al consumidor, o se puede ensamblar un depósito de combustible que comprende polietileno en un automóvil para distribución y venta al consumidor, y así sucesivamente.

Las variables de proceso en el sistema de producción de polietileno 10 se pueden controlar automáticamente y/o manualmente a través de configuraciones de válvulas, sistemas de control, y así sucesivamente. En general, un sistema de control, tal como un sistema basado en procesador, puede facilitar la gestión de una variedad de operaciones en el sistema de producción de polietileno 10, tales como las representadas en la FIG. 1. Las instalaciones de fabricación de poliolefina puede incluir una sala o emplazamiento de control central, así como un sistema de control central, tal como un sistema de control distribuido (DCS) y/o un controlador lógico programable (PLC). Por supuesto, el sistema de reactor 20 emplea típicamente un sistema basado en procesador, tal como un DCS, y también puede emplear un control de proceso avanzado conocido en la técnica. El sistema de alimentación 16, la recuperación de diluyente/monómero 24, y el sistema de fraccionamiento 30 también se pueden controlar por DCS. En la parte seca de la planta, la extrusora y/o las operaciones de carga de los gránulos también se pueden controlar a través de un sistema basado en procesador (p.ej., DCS o PLC).

El DCS y el o los sistemas de control asociados en el sistema de producción de polietileno 10 pueden incluir el soporte físico, lógica y código de programas informáticos apropiados, para interactuar con los diferentes equipos de proceso, válvulas de control, conductos, instrumentación, facilitar la medición y el control de las variables de proceso, implementar esquemas de control, realizar cálculos, y así sucesivamente. Se puede proporcionar una variedad de instrumentaciones conocidas por los expertos en la técnica para medir las variables de proceso, tales como presión, temperatura, caudal, etcétera, y transmitir una señal al sistema de control, donde los resultados de medición pueden ser leídos por un operario y/o usados como información de entrada en diversas funciones de control. Dependiendo de la aplicación y otros factores, la indicación de las variables de proceso puede ser leída localmente o a distancia por un operario, y usada para múltiples fines de control a través del sistema de control.

Una instalación de fabricación de poliolefina tiene típicamente una sala de control desde la cual el gerente de planta, ingeniero, técnico, supervisor y/u operario, y así sucesivamente, supervisan y controlan el procedimiento. Cuando se usa un DCS, la sala de control puede ser el centro de la actividad, facilitando el seguimiento y control eficaz del proceso o instalación. La sala de control y DCS pueden contener una interfaz hombre máquina (HMI), que es un ordenador, por ejemplo, que ejecuta programas especializados para proporcionar una interfaz de usuario para el sistema de control. El HMI puede variar según el comercializador y presenta al usuario una versión gráfica del proceso a distancia. Puede haber múltiples consolas o estaciones de trabajo de HMI, con grados variables de acceso a los datos.

II. Sistema de reactor de polimerización

Como se analizó anteriormente, el sistema de reactor 20 puede incluir uno o más reactores de polimerización, los cuales a su vez pueden ser iguales o de diferentes tipos. Asimismo, en el caso de reactores múltiples, los reactores se pueden disponer en serie o en paralelo. Cualquiera que sea el tipo de reactor en el sistema de reactor 20, se produce un producto particulado de poliolefina, genéricamente referido como "borra" en la presente memoria. Para facilitar la explicación, los siguientes ejemplos están limitados en alcance a tipos específicos de reactores que se cree que resultan familiares a los expertos en la técnica al igual que sus combinaciones. Para un experto, sin embargo, las presentes técnicas son aplicables a disposiciones de reactor más complejas, tales como las que implican reactores adicionales, diferentes tipos de reactores, y/u ordenación alternativa de los reactores o tipos de reactores, así como diversos sistemas y equipos de recuperación de diluyente y monómero dispuestos entre los reactores, y así sucesivamente. Se considera que dichas disposiciones están sobradamente dentro del alcance de la presente invención.

Un tipo de reactor incluye reactores en los que se lleva a cabo la polimerización en una fase líquida. Ejemplos de dichos reactores de fase líquida incluyen autoclaves, reactores combinados de líquido en ebullición, reactores en suspensión de circuito cerrado (verticales u horizontales), y otros. Por simplicidad, en el contexto de las presentes técnicas se analizará un reactor en suspensión de circuito cerrado que produce poliolefina, tal como polietileno, aunque se debe entender que las presentes técnicas son aplicables igualmente a otros tipos de reactores de fase líquida.

La FIG. 2 ilustra un ejemplo de sistema de reactor de polimerización 20 (de la FIG. 1) que tiene dos reactores de (polimerización) en suspensión de circuito cerrado 50A, 50B dispuestos y operados en serie. Por supuesto, reactores de circuito cerrado adicionales u otros reactores (p.ej., reactores de fase gaseosa) pueden disponerse en serie o en paralelo en la combinación ilustrada. Además, en realizaciones alternativas, puede disponerse equipo de procesamiento entre los dos reactores de circuito cerrado 50A, 50B (véase FIG. 10 y FIG. 11, por ejemplo). Asimismo, la configuración operacional de los dos reactores de circuito cerrado representados 50 se puede cambiar a una operación en paralelo. De hecho, las presentes técnicas contemplan una variedad de configuraciones de sistema de reactor tales como las divulgadas en la solicitud de patente de EE.UU. n.º. 2011/0288247.

El reactor en suspensión de circuito cerrado 50A, 50B está compuesto generalmente de segmentos de tubería conectados por curvas o codos suaves. La representación de los reactores de circuito cerrado 50A, 50B en la FIG. 2 se simplifica, como puede apreciar el experto en la técnica. De hecho, un ejemplo de configuración de reactor 50A, 50B puede incluir de ocho a dieciséis u otro número de segmentos de tubería verticales encamisados, de aproximadamente 24 pulgadas (0,61 metros) de diámetro y aproximadamente 200 pies (61 metros) de longitud, conectados por codos de tubería en la parte superior y en el fondo de los segmentos. La FIG. 2 muestra un reactor de segmento de cuatro tubos dispuesto verticalmente. También se puede disponer horizontalmente. Las camisas de reactor 52 se proporcionan normalmente para eliminar el calor originado por la polimerización exotérmica mediante circulación de un medio de refrigeración, tal como agua tratada, por todas las camisas del reactor 52.

Los reactores 50A, 50B se pueden usar para llevar a cabo la polimerización de poliolefina (p.ej., polietileno) en condiciones de suspensión en las que se forman partículas insolubles de poliolefina (p.ej., polietileno) en un medio líquido en el que permanecen en suspensión hasta ser retiradas. Un dispositivo motriz, tal como bomba 54A, 54B, hace circular la suspensión fluida en cada reactor 50A, 50B. Un ejemplo de bomba 54A, 54B es una bomba en línea de flujo axial con el impulsor de la bomba dispuesto en el interior del reactor 250A, 50B para crear una zona de mezclado turbulento en el medio fluido. El impulsor también puede ayudar a impulsar el medio fluido por todo el circuito cerrado del reactor a una velocidad suficiente para mantener suspendidas en el medio fluido las partículas sólidas, tales como las de catalizador y de producto de poliolefina. La impulsor puede ser accionado por un motor 56A, 56B u otra fuerza motriz.

El medio fluido presente en cada reactor 50 puede incluir monómeros y comonómeros de olefinas, diluyente, cocatalizadores (p.ej., alquilos, trietilboro, TiBAL, TEAL, metilaluminoxano o MAO, boratos, TEB), agentes de control del peso molecular (p.ej., hidrógeno), y otros correactivos o aditivos deseados. Dichos monómeros y comonómeros de olefinas son generalmente 1-olefinas que tienen hasta 10 átomos de carbono por molécula y no tienen típicamente ramificaciones 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. De nuevo, los diluyentes típicos son hidrocarburos que son inertes y líquidos en las condiciones de la reacción e incluyen, por ejemplo, isobutano, propano, n-butano, n-pentano, i-pentano, neopentano, n-hexano, ciclohexano, ciclopentano, metilciclopentano, etilciclohexano. Estos componentes se introducen en el interior del reactor por entradas o conductos en posiciones específicas, como se representa en las corrientes de alimentación 58A, 58B que generalmente se corresponde con una de las corrientes de alimentación 18 de la FIG. 1.

Análogamente, un catalizador, tal como los analizados previamente, se puede añadir al reactor 50A por un conducto en una posición adecuada, tal como se representa en la corriente de alimentación 60, que puede incluir un portador diluyente y que también se corresponde generalmente con una de las corrientes de alimentación 18 de la FIG. 1. De nuevo, los conductos que alimentan los diversos componentes se conectan (es decir, por brida o soldadura) al reactor 50. En la realización ilustrada, la alimentación de catalizador 60 se añade al primer reactor 50A en serie, pero no al segundo reactor 50B. Sin embargo, el catalizador activo se puede descargar en una suspensión de borra 21 desde el primer reactor 50A al segundo reactor 50B. Además, aunque no se representa, se puede añadir un catalizador de nueva aportación 60 al segundo reactor 50B en ciertas realizaciones. En total, los componentes añadidos que incluyen el catalizador y otros componentes de alimentación componen generalmente un medio fluido en el reactor 50A, 50B en el que están suspendidas las partículas del catalizador.

Las condiciones de reacción, tales como temperatura, presión y concentraciones de reactivos, en cada reactor 50 se regulan para facilitar las propiedades y velocidad de producción deseadas de la poliolefina en el reactor, para controlar la estabilidad del reactor. La temperatura se mantiene típicamente por debajo del nivel al que el polímero producido se podría disolver, hinchar, ablandar, o llegar a ser pegajoso. Como se ha indicado, debido a la naturaleza exotérmica de la reacción de polimerización, se puede hacer circular un fluido de refrigeración por todas las camisas 52 que rodean porciones del reactor en suspensión de circuito cerrado 50A, 50B para eliminar calor en exceso, con lo cual se mantiene la temperatura dentro del intervalo deseado, generalmente entre 65 y 121°C (150°F a 250°F). Análogamente, se puede regular la presión en cada reactor de circuito cerrado dentro de un intervalo de presión deseado, generalmente de 6,9 a 55 bares manométricos (100 a 800 psig), siendo típico un intervalo de 31 a 48 bares (450-700 psig).

A medida que progresa la reacción de polimerización en cada reactor 50, el monómero (p.ej., etileno) y comonómeros (p.ej., 1-hexeno) se polimerizan para formar polímeros de poliolefina (p.ej., 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 sólidas de poliolefina pueden ser retiradas de cada reactor 50A, 50B por un tubo de sedimentación u otros medios, o una descarga continua (CTO), y así sucesivamente.

5 Como se ha mencionado, la FIG. 2 representa dos reactores de circuito cerrado 50A, 50B en serie. Los dos reactores de circuito cerrado 50A, 50B se pueden hacer funcionar de tal modo que la borra de polietileno en la suspensión de borra 22 que se descarga desde el segundo reactor 50B sea monomodal o bimodal. En ciertos casos de producción monomodal, las condiciones de funcionamiento del reactor se pueden fijar para que se polimerice esencialmente el mismo polietileno en cada reactor 50A, 50B. Por otra parte, en el caso de producción bimodal, las condiciones de funcionamiento del reactor se pueden fijar para que el polietileno polimerizado en el primer reactor 50A sea diferente al polietileno polimerizado en el segundo reactor 50B. Por lo tanto, con dos reactores, un primer polietileno producido en el primer reactor de circuito cerrado 50A y el segundo polietileno producido en el segundo reactor de circuito cerrado 50B se pueden combinar para producir un polietileno bimodal o un polietileno monomodal.

15 El funcionamiento de los dos reactores de circuito cerrado 50A, 50B puede incluir introducir más comonomero en el primer reactor de polimerización que en el segundo reactor de polimerización, o viceversa. El funcionamiento también puede incluir introducir más hidrógeno en el segundo reactor de polimerización que en el segundo reactor, o viceversa. Por supuesto, la misma cantidad de comonomero y/o la misma cantidad de hidrógeno se pueden introducir en cada reactor 50A, 50B. Además, se puede mantener la misma o diferente concentración de comonomero en cada reactor 50. Análogamente, se puede mantener la misma o diferente concentración de hidrógeno en cada reactor 50A, 50B. Asimismo, el primer polietileno (es decir, el polietileno polimerizado en el primer reactor 50A) puede tener un primer intervalo para una propiedad física, y el segundo polietileno (es decir, el polietileno polimerizado en el segundo reactor 50B) puede tener un segundo intervalo para una propiedad física. El primer intervalo y el segundo intervalo pueden ser iguales o diferentes. Los ejemplos de propiedades físicas incluyen densidad del polietileno, porcentaje de comonomero, cantidad de ramificaciones de cadena corta, peso molecular, viscosidad, índice de fluidez en masa fundida.

25 Como se ha indicado, la suspensión de borra del polietileno producido 22 se descarga desde el segundo reactor 50B y se somete a un procesamiento aguas abajo, tal como en un sistema de recuperación de diluyente/monómero 24 (FIG. 1). La suspensión de borra producida 22 se puede descargar a través de un tubo de sedimentación, una retirada continua (CTO), u otras configuraciones de válvula. La suspensión de borra producida 30 22 se puede descargar de forma intermitente tal como a través de una configuración de tubo de sedimentación, o si no se puede descargar de manera continua. Se contempla una variedad de configuraciones de descarga para una descarga continua. El empleo de una válvula de aislamiento (p.ej., válvula de paso total Ram) sin una válvula moduladora anexa puede proporcionar una descarga continua de suspensión desde el reactor de circuito cerrado. Además, CTO se define como una descarga continua que tiene al menos una válvula de flujo de modulación, y 35 proporciona una descarga continua de suspensión desde el reactor de circuito cerrado. En ciertos ejemplos, una CTO tiene una válvula de aislamiento (p.ej., válvula Ram) en la pared del reactor y una válvula moduladora (p.ej., válvula de bola tipo V) en el conducto de descarga. Una válvula Ram en una posición cerrada puede proporcionar beneficiosamente una superficie que está a ras de la pared interna del reactor para impedir la presencia de una cavidad, espacio, o vacío para recoger el polímero cuando la válvula Ram está en la posición cerrada.

40 En funcionamiento, dependiendo de la posición de la descarga en el reactor, por ejemplo, una suspensión de descarga 22 que tiene una mayor concentración de sólidos que la suspensión que circula en el reactor 50B puede realizarse con una configuración de descarga que tiene una válvula de aislamiento (válvula Ram) sola, o que tiene una configuración de CTO con una válvula de aislamiento (válvula Ram) y válvula moduladora 25. Ejemplos de configuraciones y control de CTO, y otras configuraciones de descarga, se pueden encontrar en la solicitud de 45 patente de EE.UU. previamente mencionada nº. 2011/0288247, y en la patente de EE.UU. nº. 6.239.235.

En la realización ilustrada, la suspensión de borra producida 22 se descarga a través de una CTO. En ciertos ejemplos, una CTO tiene una válvula Ram en la pared de reactor 50B, y una válvula de control de flujo de modulación 25 (p.ej., válvula de bola tipo V) en el conducto de descarga. De nuevo, sin embargo, en una realización alternativa, la suspensión de borra producida 22 se puede descargar a través de una configuración de 50 tubo de sedimentación, por ejemplo, en lugar de una CTO.

Una suspensión de borra de transferencia 21 se descarga desde el primer reactor de circuito cerrado 50A al segundo reactor de circuito cerrado 50B a través de una tubería de transferencia 21L. Los contenidos de la suspensión de borra de transferencia 21 pueden ser representativos de los contenidos del primer reactor de circuito cerrado 50A. Sin embargo, la concentración de sólidos puede ser mayor en la suspensión de transferencia 21 que 55 en el primer reactor de circuito cerrado 50A, dependiendo de la posición de la entrada de la tubería de transferencia 21L en el primer reactor de circuito cerrado 50A, por ejemplo, y otras consideraciones. La suspensión de borra de transferencia 21 se puede descargar desde el primer reactor de circuito cerrado 50A al interior de la tubería de transferencia 21L a través de un tubo de sedimentación, una válvula de aislamiento (p.ej., válvula Ram), una descarga continua (donde la CTO tiene una válvula de aislamiento o válvula Ram y una válvula moduladora), 60 u otra configuración de válvula. En la realización ilustrada, la descarga de la suspensión de transferencia 21 desde

el primer reactor de circuito cerrado 50A es continua y no directamente modulada. No se emplea una CTO o tubo de sedimentación. En cambio, en este ejemplo la suspensión de transferencia 21 se descarga a través de una válvula de aislamiento o válvula Ram (no mostrado) en la tubería de transferencia 21L en la pared del reactor y sin una válvula moduladora. En un ejemplo particular, la suspensión de transferencia 21 se descarga a través de una

5 válvula de cierre completo Ram mantenida en una posición totalmente abierta, y no adicionalmente a través de una válvula moduladora.

La válvula Ram puede proporcionar aislamiento de la tubería de transferencia 21L del reactor de circuito cerrado 50A cuando dicho aislamiento es deseado. También se puede posicionar una válvula Ram en la salida de la tubería de transferencia 21L en la pared del segundo reactor de circuito cerrado 50B para proporcionar aislamiento de la tubería de transferencia 21L del segundo reactor de circuito cerrado 50B cuando dicho aislamiento es deseado. Puede ser deseable aislar la tubería de transferencia 21L del primer y segundo reactores de circuito cerrado 50A, 50B durante el mantenimiento o inactividad del sistema de reactor 20, o cuando se pone en servicio una tubería de transferencia alternativa, y así sucesivamente. El funcionamiento o control de las válvulas Ram puede ser manual, asistido hidráulicamente, asistido por aire, a distancia, automatizado, y así sucesivamente. La tubería de transferencia 21L se puede retirar manualmente de servicio (p.ej., cerrando manualmente las válvulas Ram) o retirar automáticamente (p.ej., a través de un sistema de control que cierra automáticamente las válvulas Ram) de servicio.

10 El control de la presión (y rendimiento) en el primer reactor de circuito cerrado 50A y en el segundo reactor de circuito cerrado 50B puede ser facilitado por el funcionamiento de la válvula de control de flujo CTO 25. En algunos ejemplos, la presión en el primer reactor de circuito cerrado 50A puede flotar sobre la presión en el segundo reactor de circuito cerrado 50B. Los reactores 50A, 50B se pueden mantener a una presión igual, similar, o diferente. Los elementos o instrumentos de presión se pueden disponer en los reactores 50A, 50B y en la tubería de transferencia 21L. Además, también se pueden disponer otros elementos o instrumentos de variables de proceso que indican la temperatura, caudal, densidad de la suspensión, y otros.

20 Dicha instrumentación puede incluir un sensor o elemento de detección, un transmisor, etcétera. Para un elemento de presión, el elemento de detección puede incluir, por ejemplo, un diafragma. Para un elemento o instrumento de temperatura, el elemento de detección puede incluir, por ejemplo, un termopar, un detector de temperatura de resistencia (RTD), que puede alojarse en una vaina. Los transmisores pueden convertir una señal análoga recibida procedente del elemento de detección en una señal digital, por ejemplo, para alimentación o transmisión a un sistema de control. Por supuesto, los diversos instrumentos pueden tener indicación local de la variable sensitiva. Por ejemplo, un elemento o instrumento de presión puede ser o tener un medidor de presión local y un elemento o instrumento de temperatura puede ser o tener un medidor de temperatura local, ambos de los cuales pueden ser

25 leídos, por ejemplo, por un operario o un ingeniero.

La posición de entrada del tubo de transferencia 21L se puede acoplar al primer reactor de circuito cerrado 50A en el lado de descarga de la bomba de circulación 56A en el primer reactor de circuito cerrado 50A. La posición de salida de la tubería de transferencia 21L se puede acoplar al segundo reactor de circuito cerrado 50A en el lado de succión de la bomba de circulación 56B en el segundo reactor de circuito cerrado 50B. Dicha configuración puede proporcionar un diferencial de presión positivo (es decir, una fuerza impulsora) para la circulación de la suspensión de transferencia 21 por toda la tubería de transferencia 21L desde el primer reactor de circuito cerrado 50A al segundo reactor de circuito cerrado 50B. En un ejemplo, un diferencial de presión típico (proporcionado de la descarga de la primera bomba 54A a la succión de la segunda bomba 54B) es de aproximadamente 1,4 bares (20 libras por pulgada cuadrada (psi)). En ciertos ejemplos, los elementos de presión 61-1 y 61-2 que indican presión se pueden disponer en el tubo de transferencia 21L, y se pueden situar para determinar, por ejemplo, la presión diferencial por toda la tubería de transferencia 21L.

45 III. Sistema de recuperación de diluyente/monómero

Al principio, cabe señalar que el sistema de recuperación de diluyente/monómero 24 (FIG. 1 y FIG. 3) analizado en la presente memoria y que recibe y procesa la suspensión de descarga 22 del sistema de reactor 20, se proporciona a modo de ejemplo. De hecho, se puede emplear una variedad de otros equipos, configuraciones y operaciones de unidad para retirar o separar diluyente, monómero, y otros componentes de la suspensión de borra producida 22. Asimismo, según las presentes técnicas, el control del tamaño de partícula de la borra de polietileno en la suspensión 22 que se descarga del sistema de reactor 20 puede ser beneficioso en una variedad de operaciones de unidad que separan hidrocarburo (p.ej., diluyente, monómero) o hidrocarburo residual de la borra de polietileno. En general, cuanto menor es el tamaño de partícula (p.ej., menor tamaño medio de partícula, menor mediana de tamaño de partícula), menor es la cantidad de hidrocarburo residual o VOC que permanece en la borra de polietileno (p.ej., después de que la borra se haya sometido a una columna de purga u otra operación de separación). En otras palabras, generalmente cuanto menor es el tamaño de partícula, más cantidad de hidrocarburo residual o VOC que se puede retirar en la separación. (Véase la FIG. 7 a modo de ejemplo.) Dicha eficacia aumentada en la retirada de hidrocarburo residual o VOC puede estar relacionada con el aumento de la relación de superficie específica a volumen de las partículas más pequeñas, a menos volumen de porosidad de las

60 partículas más pequeñas.

La FIG. 3 es un ejemplo de sistema de recuperación de diluyente/monómero 24. La suspensión de borra de polietileno 22 que se descarga del reactor 50B fluye a través de una tubería de evaporación instantánea que tiene un calentador de evaporación instantánea en línea 62, y entra en un recipiente de separación 64. El recipiente de separación 64 puede ser un recipiente de evaporación instantánea, una cámara de evaporación instantánea, un tambor de sedimentación sencillo, un ciclón de alta eficacia, o una combinación de ciclón y cámara de evaporación instantánea, u otro dispositivo adecuado para separar los sólidos de la mayor parte del diluyente.

El calentador de evaporación instantánea en línea 62 puede ser un conducto o camisa circundante que usa, por ejemplo, vapor de agua o condensado de vapor de agua, como un medio de calentamiento para proporcionar calentamiento indirecto a la suspensión 22. Por lo tanto, el efluente del segundo reactor de circuito cerrado 50B (suspensión de borra producida 22) se calienta antes de su introducción en la cámara de evaporación instantánea 64. Además, la suspensión 22 en general puede experimentar una reducción de presión por toda la tubería de evaporación instantánea y por consiguiente la vaporización de los componentes no sólidos debida tanto a la disminución de presión como al aumento de presión. También, antes de que la suspensión de borra producida 22 entre en la cámara de evaporación instantánea 64, se pueden inyectar agua u otros venenos de catalizadores en la suspensión 22 para desactivar cualquier catalizador y cocatalizador residual en la suspensión 22. Como estos componentes inyectados son por lo general venenos del catalizador por definición, por regla general se eliminan completamente, o por lo menos sustancialmente, de cualquier material recuperado (p.ej., monómero o diluyente) reciclado a los reactores 50A, 50B.

En la cámara de evaporación instantánea 64 (p.ej., o más generalmente un recipiente de separación), la mayor parte de los componentes no sólidos de la suspensión de descarga 22 del reactor se separan por la parte superior como vapor en el gas de evaporación instantánea 66. Cabe señalar que este gas de evaporación instantánea reciclado 66 se puede condensar y circunvalar 34 el sistema de fraccionamiento 30 en su ruta hacia los reactores 50A, 50B (es decir, por el sistema de alimentación 16), por ejemplo, (véase también la Fig. 1). Por otra parte, todo o una parte del gas de evaporación instantánea 66 (como vapor y/o líquido) se puede enviar al sistema de fraccionamiento 30 (véase también la Fig. 1). En la producción de polietileno, este vapor es principalmente diluyente, tal como isobutano u otros diluyentes previamente mencionados. También puede contener la mayor parte del monómero que no ha reaccionado (p.ej., etileno) y otros componentes ligeros, así como comonómero que no ha reaccionado (p.ej., 1-hexeno, buteno, 1-penteno, 1-octeno y 1-deceno) y otros componentes pesados (p.ej., hexano y oligómeros). Un ejemplo de composición aproximada del gas de evaporación instantánea 66 es 94% en peso de isobutano, 5% en peso de etileno, y 1 % en peso de otros componentes. Se puede mantener un nivel o volumen de borra en la cámara de evaporación instantánea 64 que proporcione un tiempo de residencia adicional de la borra en la cámara 64 para facilitar la separación de líquido y vapor atrapados en las partículas porosas de la borra.

El gas de evaporación instantánea 66 se puede procesar en equipos como ciclones, filtros de mangas, donde los sólidos atrapados en la borra se retiran y retornan a la cámara de evaporación instantánea 64 o a otro equipo aguas abajo, tal como la columna de purga analizada más adelante. El gas de evaporación instantánea 66 también puede pasar, por ejemplo, a través de un lecho de desoxigenación. Asimismo, el gas de evaporación instantánea 66 se puede enfriar o condensar en un cambiador de calor (p.ej., del tipo de carcasa y haz tubular) antes de ser reciclado al sistema de alimentación 16 o al sistema de fraccionamiento 30 (véase también la Fig. 1). Beneficiosamente, en parte porque la presión de funcionamiento de la cámara de evaporación instantánea 64 en ciertas realizaciones, tales como refrigeración, condensación, y reciclado directo del gas de evaporación instantánea 66 se puede realizar sin compresión en algunos ejemplos. El gas de evaporación instantánea 66 puede corresponder a parte o todas las corrientes de reciclado 26 y 34 de la FIG. 1 en ciertos ejemplos.

En cuanto a los sólidos (polímero) presentes en la cámara de evaporación instantánea 64, éstos son retirados con una pequeña cantidad de diluyente (y monómero) atrapado y enviados a la columna de purga 68 por la descarga de sólidos 70. Como deben apreciar los expertos en la técnica, el conducto 70 de descarga de sólidos puede incluir configuraciones de válvulas que permitan al polímero fluir en dirección descendente a lo largo del conducto al tiempo que se reduce la posibilidad de que el vapor fluya entre la columna de purga 68 y la cámara de evaporación instantánea 64. Por ejemplo, una o más válvulas rotativas o de reciclado, una sola válvula de control de bola de tipo V, depósitos de compensación de borra, cámara de borra relativamente pequeña, y así sucesivamente, se pueden disponer en el conducto 70 de descarga de sólidos. Asimismo, se puede mantener un nivel de sólidos en la cámara de evaporación instantánea 64 a través de una válvula de control de nivel en la base de la cámara de evaporación instantánea 64 o en el conducto 70 de descarga de sólidos, proporcionando un tiempo de residencia aumentado de los sólidos en la cámara de evaporación instantánea 64. En configuraciones más tradicionales, los sólidos de la borra procedentes de la cámara de evaporación instantánea 64 se pueden descargar en una cámara de evaporación instantánea de menor presión, requiriendo el gas de evaporación instantánea de menor presión compresión para el sistema de fraccionamiento 30 y reactor. Sin embargo, tecnologías más modernas han previsto la eliminación de evaporación instantánea a baja presión y la compresión de gas asociada, y en su lugar se descargan los sólidos de borra procedentes de la cámara de evaporación instantánea 70 a la columna de purga 68.

En la realización ilustrada, la alimentación de sólidos principal a la columna de purga 68 aguas abajo es típicamente la descarga de sólidos 70 (borra de polietileno) que sale de la cámara de evaporación instantánea 64. Una finalidad de la columna de purga 68 es retirar hidrocarburo residual de las corrientes de sólidos entrantes y proporcionar borra de polietileno sustancialmente limpia 72 con como máximo cantidades relativamente pequeñas de contenido orgánico volátil (VOC) atrapado. La borra 72 se puede enviar o transportar al sistema de extrusión 36 (FIG. 1) para la conversión en gránulos 38, y para la distribución y venta como resina de gránulo de poliolefina a los clientes 40 (véase FIG. 1) a través de un sistema de descarga 39. En general, las partículas de polímero tratadas descargadas de la columna de purga 68 como borra 72 de polímero se pueden procesar en una operación convencional de acabado, tal como en una extrusora de doble husillo, en el sistema de extrusión/descarga 36 (FIG. 1).

En el ejemplo ilustrado del sistema de columna de purga 68, se inyecta nitrógeno en una columna de purga 68 para retirar hidrocarburos residuales por la descarga de la parte superior 74. Esta descarga 74 puede ser enviada a través de una unidad de separación 76 tal como, por ejemplo, una unidad de recuperación del tipo de membrana, unidad de adsorción a presión oscilante, unidad de refrigeración, y así sucesivamente, para recuperar nitrógeno en forma de corriente de nitrógeno 78, y descargar una corriente separada de hidrocarburos 80 que se puede comprimir y alimentar a un sistema de fraccionamiento 30. En ciertos ejemplos, esta corriente separada de hidrocarburos 80 puede corresponder a una parte de la corriente 26 de la FIG. 1. En la técnica, la unidad de separación 76 puede ser conocida como unidad de recuperación de diluyente nitrógeno (DNRU), unidad de recuperación de isobutano nitrógeno (INRU). Además, se puede añadir nitrógeno de nueva aportación 82 al circuito de nitrógeno para reponer las pérdidas de nitrógeno en el sistema de la columna de purga 68. Finalmente, cabe señalar que la corriente de hidrocarburos 80 que se descarga desde la unidad de separación 76 se puede comprimir y procesar en el sistema de fraccionamiento 30 (FIG. 1) para proporcionar diluyente exento de olefina usado en la preparación del catalizador y enjuagues de reactor o tubería.

Por último, como será apreciado por los expertos en la técnica, se puede emplear una variedad de configuraciones en el sistema de recuperación de diluyente/monómero 24. Por ejemplo, la descarga de sólidos 70 desde la cámara de evaporación instantánea 64 se puede enviar a otro reactor (p.ej., un reactor de fase líquida o un reactor de fase gaseosa) o a una cámara de evaporación instantánea a baja presión en lugar de a la columna de purga 68. El polímero después puede entrar en la columna de purga 68 (es decir, desde el reactor adicional o cámara de evaporación instantánea a baja presión). Si se descarga en otro reactor desde la cámara de evaporación instantánea 64, el veneno de catalizador no se inyecta generalmente aguas arriba en la descarga 22, y, por lo tanto, permanecen catalizadores activos residuales para posterior polimerización. En otra configuración, la columna de purga 68 se puede eliminar del sistema de recuperación 20 y combinar con el depósito de alimentación a la extrusora aguas abajo, llevándose a cabo la retirada de hidrocarburo residual o de compuestos orgánicos volátiles (VOC) en dicha combinación. De hecho, la unidad de separación 76 asociada con la columna de purga 68 se puede reubicar para dar cabida a la combinación de columna de purga/depósito de alimentación a la extrusora. Por supuesto, se contempla una variedad de otras configuraciones y tipos de recipientes y equipos en las presentes técnicas.

IV. Sistema de alimentación al reactor de polimerización

Con referencia a la FIG. 4 y como se analiza más adelante, se puede ajustar una variedad de alimentaciones a los reactores de polimerización para ajustar el tiempo de residencia del catalizador en los reactores de polimerización, y por lo tanto ajustar el tamaño de partículas de la borra de polietileno en los reactores de polimerización. La FIG. 4 representa un ejemplo de sistema de alimentación 16 al reactor (de la FIG. 1) para los reactores de polimerización. En esta realización, el monómero 90 (p.ej., etileno) se alimenta a través de tratadores de monómero 92 al reactor de fase líquida (p.ej., reactor en suspensión de circuito cerrado 50A, 50B) en el sistema de reactor 20. Asimismo, se pueden usar un caudalímetro 94 (p.ej., caudalímetro de gas másico, caudalímetro Coriolis, caudalímetro de placa perforada, caudalímetro de presión diferencial) para medir el caudal de etileno al reactor de polimerización 50A, 50B. De hecho, el caudal del monómero de etileno 90 al reactor por lo general se mide (y controla) típicamente para facilitar las condiciones operativas deseadas (p.ej., densidad de la suspensión, relación de comonómero/monómero, velocidad de producción) en el reactor de polimerización y proporcionar las propiedades deseadas del polietileno formado en el reactor.

El gas de evaporación instantánea 66 (véase también la FIG. 3) que tiene principalmente diluyente reciclado (p.ej., isobutano) o con una cantidad relativamente pequeña de etileno atrapado se puede retornar desde el sistema de recuperación diluyente/monómero 24 (p.ej., que corresponde a la corriente 34 de la FIG. 1) y se envía al reactor de polimerización 50A, 50B en el sistema de reactor 20. En el ejemplo de reciclado "directo" al reactor, el diluyente reciclado o gas de evaporación instantánea 66 puede enfriarse y hacerse pasar a través de un depósito de eliminación de componentes pesados 96, donde los componentes pesados se retiran de una descarga de cola y se envían a una bomba centrífuga 98, por ejemplo, como alimentación 100 al sistema de fraccionamiento 30. La corriente de cabeza 102 del depósito de eliminación 96 puede enfriarse posteriormente en un cambiador de calor 106 y recogerse en un depósito de equilibrado de diluyente de reciclado 108 para alimentarlo al reactor. Aguas abajo, una bomba centrífuga 110 puede suministrar el diluyente 112 a través de los tratadores de diluyente de

reciclado 114 al reactor de suspensión de circuito cerrado. Debe observarse que puede añadirse una cantidad relativamente pequeña de diluyente de nueva aportación (no ilustrado) en el sistema de fraccionamiento 30, por ejemplo, para compensar las pérdidas de diluyente en el sistema de fabricación 10 de polietileno. Asimismo, el comonomero 116 (p.ej., 1-hexeno) se puede añadir a la bomba de succión 110 o en otros puntos del circuito de diluyente de reciclado para su adición al reactor. Los tratadores de monómero 92 y tratadores de diluyente de reciclado 114 pueden incluir, por ejemplo, tamiz molecular o relleno de aluminio configurados para retirar venenos de catalizador del monómero, diluyente de reciclado, alimentaciones de comonomero, y otras alimentaciones.

Se pueden añadir otros componentes al reactor de suspensión de circuito cerrado. Por ejemplo, se puede añadir hidrógeno 118 para controlar el peso molecular de la poliolefina formada en el reactor. Asimismo, se pueden inyectar otros aditivos, tales como materiales antiestáticos, inhibidores de la actividad catalítica, y otros, como se indica mediante el número de referencia 120. Las diversas corrientes de componentes se pueden combinar en una corriente de alimentación 58A, 58B o 60 (véase también la FIG. 2) para alimentación al reactor de suspensión de circuito cerrado. Además, como se analizará más adelante, el diluyente 122 que está sustancialmente exento de olefina se puede reciclar desde el sistema de fraccionamiento 30 por medio de tratadores 124 para usar en la preparación del catalizador alimentado al reactor. De hecho, el diluyente 122 puede actuar como un portador de la corriente de catalizador 60 descargado desde el sistema de preparación del catalizador 126 en su ruta hacia el reactor en suspensión de circuito cerrado. Por último, los tratadores se pueden emplear para procesar las diversas alimentaciones, tal como retirar los venenos de catalizador del comonomero, isobutano de nueva aportación, e hidrógeno.

20 V. Tamaño de partícula

La FIG. 5 es un método 130 de operar o controlar un sistema de producción de polietileno 10 (FIG.1) que tiene un sistema de reactor 20 (FIG. 2). El método 130 controla beneficiosamente el tamaño de partícula del polietileno formado en el sistema de reactor de polimerización 20, y por lo tanto mejorar la operabilidad, por ejemplo, del sistema de producción 10. En ciertas realizaciones, el sistema de reactor 20 tiene dos reactores de polimerización (p.ej., reactores de fase líquida, reactores de circuito cerrado) dispuestos y operados en serie. Así, como se ha analizado, un primer reactor de polimerización se puede descargar en un segundo reactor de polimerización. Como también se analizó anteriormente, diversos componentes de alimentación tales como catalizador, diluyente, etileno, comonomero (p.ej., 1-hexeno), hidrógeno, y así sucesivamente, se pueden alimentar al sistema de reactor 20.

Inicialmente, como se indicó en la FIG. 5, el etileno se polimeriza (bloque 132) en un catalizador en un primer reactor de polimerización para formar partículas de polietileno intermedias que tienen el catalizador y un primer polietileno. En ciertos ejemplos, a medida que el etileno se polimeriza en el primer reactor para producir el primer polietileno, éste crece para formar las partículas de polietileno intermedias. Las partículas intermedias (bloque 134) se descargan del primer reactor de polimerización en una suspensión de transferencia a través de una tubería de transferencia al segundo reactor de polimerización. La suspensión de transferencia puede incluir partículas de polietileno intermedias (que tienen catalizador activo), diluyente, y componentes que no han reaccionado tales como etileno, comonomero (p.ej., 1-hexeno), y así sucesivamente.

El etileno se polimeriza (bloque 136) en el catalizador en las partículas de polietileno intermedias en el segundo reactor de polimerización para formar un segundo polietileno y formar partículas de polietileno producidas que tienen el catalizador, el primer polietileno, y el segundo polietileno. En ciertos ejemplos, a medida que el etileno se polimeriza en el segundo reactor para producir el segundo polietileno, éste crece sobre las partículas de catalizador en las partículas de polietileno intermedias para formar las partículas de polietileno producidas. La descarga de las partículas de polietileno producidas (bloque 138) del segundo reactor de polimerización (es decir, en una suspensión de descarga) para posterior procesamiento tal como en un sistema de recuperación de diluyente/monómero 24 (FIG. 1 y FIG. 3), y así sucesivamente.

El método 130 puede incluir controlar (bloque 140) el tamaño de partícula de las partículas de polietileno producidas que se descargan desde el segundo reactor de polimerización. El tamaño de partícula de las partículas producidas se puede controlar ajustando el tiempo de residencia del catalizador por todo el primer reactor de polimerización y/o el segundo reactor de polimerización. Un aumento del tiempo de residencia puede proporcionar partículas más grandes (p.ej., un mayor tamaño medio o mediana de tamaño de partícula) de las partículas de polietileno producidas. En cambio, una disminución del tiempo de residencia puede proporcionar partículas más pequeñas (p.ej., un menor tamaño medio o mediana de tamaño de partícula) de las partículas de polietileno producidas.

Se puede aumentar el tiempo de residencia del catalizador al aumentar la concentración de sólidos de la suspensión que circula en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización. Se puede aumentar la concentración de sólidos, por ejemplo, al disminuir la velocidad de alimentación del diluyente y/o al aumentar la velocidad de alimentación del catalizador a los reactores de polimerización. En cambio, se puede disminuir el tiempo de residencia del catalizador al disminuir la concentración de sólidos de la suspensión que circula en uno o en ambos reactores de polimerización. Se puede disminuir la concentración de sólidos, por

ejemplo, al aumentar la velocidad de alimentación del diluyente y/o al disminuir la velocidad de alimentación del catalizador a los reactores de polimerización.

5 En ciertas realizaciones, el tiempo de residencia total del catalizador en los reactores puede ser por lo general una suma del tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor de polimerización más el tiempo de residencia del catalizador en el segundo reactor de polimerización. Por lo tanto, ajustar el tiempo de residencia (es decir, el tiempo de residencia total) del catalizador puede implicar ajustar el tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor y/o en el segundo reactor.

10 Se puede ajustar el tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor de polimerización al ajustar, por ejemplo, una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización. Se puede ajustar el tiempo de residencia del catalizador en el segundo reactor del catalizador al ajustar una velocidad de una primera corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización y/o al ajustar una velocidad de una segunda corriente de alimentación de diluyente al segundo reactor de polimerización. Un cambio en la velocidad de alimentación del diluyente al primer reactor de polimerización puede tener un impacto sobre el tiempo de residencia en el segundo reactor de polimerización debido a que la presencia aumentada de diluyente en el primer reactor se comunica a través de la suspensión de transferencia al segundo reactor. Por último, junto con el ajuste de la alimentación del diluyente, se puede ajustar el tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor de polimerización y en el segundo reactor de polimerización al ajustar la concentración de sólidos relacionada en el primer reactor de polimerización y en el segundo reactor de polimerización, respectivamente.

20 El tamaño de partícula también se puede controlar ajustando la actividad del catalizador (p.ej., que tiene unidades de masa de polímero producido por masa de catalizador usado por tiempo) en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización. Un catalizador más activo por lo general proporciona un aumento del tamaño de partícula de las partículas de polietileno producidas que se descargan del segundo reactor. En cambio, un catalizador menos activo por lo general proporciona una disminución del tamaño de partícula de las partículas de polietileno producidas.

25 Una actividad catalítica inicial puede ser una propiedad asociada con el catalizador suministrado. Sin embargo, como se analizará más adelante, la actividad catalítica se puede ajustar a través de la adición de un modificador de la actividad (inhibidor o promotor) al proceso. Ciertos componentes de alimentación o reactor, tal como hidrógeno añadido para el control del peso molecular, pueden actuar, por ejemplo, como un inhibidor catalítico disminuyendo la actividad del catalizador, o puede actuar como promotor catalítico aumentando la actividad de catalizador, dependiendo del sistema catalítico empleado y la poliolefina producida. También, se pueden añadir cocatalizadores (p.ej., alquilos de aluminio) a la alimentación de catalizador o reactor para activar el catalizador, por ejemplo, y los cuales aumentan típicamente la actividad del catalizador. Además, según las presentes técnicas, se puede añadir un modificador de la actividad que inhibe o disminuye la actividad del catalizador para facilitar el control del tamaño de partícula del polietileno.

35 Según las presentes técnicas, se puede añadir un modificador de la actividad (inhibidor o promotor) a los reactores de polimerización para ajustar la actividad del catalizador. Los modificadores de la actividad pueden incluir un retardante de la actividad o un inhibidor de la actividad (p.ej., un veneno de catalizador). De hecho, se puede realizar una disminución deseada de la actividad del catalizador (es decir, para reducir el tamaño de partícula de las partículas de polietileno producidas) añadiendo un inhibidor de la actividad al primer reactor de polimerización y/o al segundo reactor de polimerización. Asimismo, se puede realizar un aumento de la actividad del catalizador (es decir, aumentar el tamaño de partícula de las partículas de polietileno producidas) deteniendo o disminuyendo la velocidad de adición del inhibidor de la actividad.

45 Los ejemplos de inhibidores de la actividad incluyen inhibidores fenólicos (hidroxitolueno butilado BHT, antioxidante BHEB, Irganox 1076, Irganox 1010), fosfitos (trisonilfenil fosfito TNPP, Irgafos 168, Weston 626), tioésteres (antioxidantes DLTDP y DSTDP), aminas (Tinuvin 622, Chimmassorb 944), agentes antiestáticos de reactor (Stadis 450), dióxido de carbono, monóxido de carbono, y así sucesivamente. En algunas realizaciones, los inhibidores de la actividad se pueden inyectar en la corriente de alimentación (p.ej., alimentación 58) desde un recipiente (cilindro, tambor, caja, vasija) que tiene el inhibidor de la actividad.

50 De nuevo, la actividad del catalizador se puede controlar al menos en parte mediante la adición de un inhibidor de la actividad o veneno de catalizador. En ciertos ejemplos, si se usa un catalizador de Zeigler Natta en un procedimiento de circuito cerrado doble en donde se produce un componente de polietileno de alta densidad y bajo peso molecular en el primer reactor, la actividad del catalizador podría ser muy alta debido a las condiciones del primer reactor (p.ej., hidrógeno alto, la temperatura, la concentración de etileno). En algunos ejemplos, esta mayor actividad en el primer reactor se podría beneficiosamente atemperar para igualar la actividad entre los reactores y controlar mejor el tamaño de partícula del polietileno, y así sucesivamente.

55 Cabe señalar que el tamaño de partícula de la borra de polietileno generalmente se puede correlacionar con la productividad del catalizador, que es masa de polietileno producido por masa de catalizador usado. La productividad del catalizador se puede caracterizar como actividad del catalizador multiplicada por el tiempo de

residencia en el reactor del catalizador. Por lo tanto, las técnicas anteriormente mencionadas de ajustar el tiempo de residencia y la actividad del catalizador puede ser la aplicación del ajuste de la productividad del catalizador para controlar el tamaño de partícula. Además, como se analizará más adelante, la cantidad de fracturación de una partícula de polietieno puede estar relacionada con la productividad del catalizador, actividad del catalizador, y tiempo de residencia del catalizador, densidad de partícula del catalizador, y así sucesivamente. Controlar o ajustar el tamaño de partícula puede incluir ajustar una cantidad de fracturación de las partículas de polietieno en el sistema de reactor.

Además, para ajustar la actividad (y por lo tanto la productividad) del catalizador para controlar el tamaño de partícula de la borra de polietieno, se puede ajustar la temperatura en el primer y/o segundo reactores de polimerización. La actividad y la productividad del catalizador en el primer reactor 50A se pueden ajustar alterando la temperatura (es decir, de la suspensión circulante) en el primer reactor 50A. Análogamente, la actividad y la productividad del catalizador en el segundo reactor 50B se pueden ajustar alterando la temperatura (es decir, de la suspensión circulante) en el segundo reactor 50A. Típicamente, existe una relación proporcional directa entre actividad/productividad del catalizador frente a temperatura del reactor. En otras palabras, en general, un aumento de la temperatura del reactor proporciona un aumento de la actividad y productividad del catalizador, y una disminución de la temperatura del reactor proporciona una disminución de la actividad y productividad del catalizador. Sin embargo, dicha relación entre la actividad y la productividad del catalizador frente a la temperatura del reactor depende de las condiciones de funcionamiento en relación al punto o región resultante de la cinética (reacción) de polimerización. De hecho, dependiendo del punto en la curva de la cinética, por ejemplo, ajustar la temperatura puede proporcionar un cambio significativo (relación directa) en actividad y productividad, o sustancialmente ningún cambio en actividad y productividad.

Por último, para controlar el tamaño de partícula de las partículas de polietileno producidas se puede incluir además seleccionar un catalizador alternativo y alimentar el catalizador alternativo al sistema de reactor (p.ej., al primer reactor de polimerización). El catalizador alternativo puede ser un tipo de catalizador igual o diferente al catalizador que se está empleando pero con un diferente tamaño de partícula del catalizador. De hecho, el tamaño de partícula de la borra de polietileno producida puede estar relacionado con el tamaño de partícula del catalizador alimentado. Como se ha indicado, el tamaño de partícula se puede caracterizar como un tamaño medio de partícula, una mediana de tamaño de partícula, una distribución de tamaño de partícula, y así sucesivamente.

Como se analizó previamente, la descarga de suspensión del reactor incluye típicamente la borra de polímero así como componentes no poliméricos, tales como monómero (y comonómero) de olefina sin reaccionar, diluyente, y otros. En el caso de la producción de polietileno, los componentes no poliméricos por regla general comprenden principalmente diluyente, tal como isobutano, que tiene una pequeña cantidad de etileno sin reaccionar (p.ej., 5 % en peso). Esta corriente de descarga se procesa generalmente, tal como mediante un sistema de recuperación de diluyente/monómero (p.ej., recipiente de evaporación instantánea o recipiente separador, columna de purga) para separar los componentes no poliméricos de la borra de polímero. El diluyente recuperado, monómero sin reaccionar, y otros componentes no poliméricos procedentes del sistema de recuperación se pueden tratar, tal como mediante lechos de tratamiento y/o un sistema de fraccionamiento, y son retornados en última instancia como alimentación purificada o tratada al reactor. Algunos de los componentes pueden ser quemados o retornados al proveedor, tal como a una planta de producción de olefina o refinería de petróleo. En cuanto al polímero (sólidos) recuperado, el polímero se puede tratar para desactivar el catalizador residual, retirar hidrocarburos atrapados o disueltos, secar el polímero, y granular el polímero en una extrusora, y así sucesivamente, antes de suministrar el polímero al cliente.

Un particular problema en la producción de polietileno es el remanente no deseado de componentes orgánicos volátiles (p.ej., diluyente, monómero, comonómero, y otros hidrocarburos) con y en las partículas de borra de polímero que salen de la "parte húmeda" del proceso de fabricación de poliolefina (p.ej., que salen de una columna de purga en el sistema de recuperación de monómero/diluyente). Esta corriente de partículas de borra que sale de la parte húmeda se transporta generalmente al "lado seco" (p.ej., a través de un sistema de transporte neumático) donde la borra se puede almacenar en silos, extrudir en gránulos, y después cargar en depósitos o vagones de tren. El hidrocarburo en la corriente de borra de polímero que sale de la parte húmeda (p.ej., que sale de la columna de purga) puede estar atrapado en la borra de polímero, disuelto en la borra de polímero, absorbido y/o adsorbido en la borra de polímero, contenido en los poros de la borra de polímero, y así sucesivamente. El hidrocarburo se puede liberar inapropiadamente en la atmósfera en varios momentos del proceso de la parte seca (p.ej., en los sistemas de extrusión y descarga del producto), dando como resultado la pérdida de hidrocarburo, sobrepasando los permisos medioambientales, y así sucesivamente.

Además, cabe señalar que la cantidad de VOC en la borra de polímero puede verse afectada por la cantidad y condición de gas de purga si se emplea en la operación de desgasificación, y las condiciones del reactor aguas arriba tales como tipo y cantidad de comonómero, y así sucesivamente. Los comonómeros más pesados (p.ej., 1-hexeno) añadidos en los reactores aguas arriba, por ejemplo, pueden contribuir a un mayor contenido de VOC en la borra aguas abajo.

En ciertas realizaciones, el tamaño de partícula de la borra de polietileno en los reactores de polimerización se puede controlar o ajustar para aumentar beneficiosamente la separación o eficacia de separación en la retirada de hidrocarburo de la borra de polietileno en el equipo de procesamiento aguas abajo (p.ej., recipientes de evaporación instantánea, tambores, columna de purga 228). Para un análisis de la retirada de hidrocarburo residual de la borra de polietileno, y el contenido de compuestos orgánicos volátiles (VOC) de la borra de polietileno, véase la patente de EE.UU. n°. 7.957.947. Cabe señalar que las presentes técnicas dan cabida a un aumento de la eficacia de separación en una variedad de recipientes o separadores aguas abajo (distintos a la columna de purga 68 descrita) al ajustar el tamaño de partícula de las partículas de borra de polietileno en los reactores de polimerización aguas arriba.

En el caso de la columna de purga analizada, un ejemplo de columna de purga 228 puede ser un recipiente cilíndrico que tiene una sección vertical relativamente alta, una cubierta o cabeza en la parte superior, lados inclinados o forma cónica en la parte inferior con una abertura para la descarga de la borra de polietileno. La borra de polímero (p.ej., polietileno) que se va a desgasificar de hidrocarburos volátiles puede entrar en el recipiente por la parte de arriba, mientras que el gas de purga, típicamente nitrógeno, se puede introducir en el recipiente por los lados inferiores inclinados. El flujo puede ser contracorriente entre el gas de purga y la borra de polímero en el recipiente. De nuevo, en ciertas realizaciones, el gas de purga rico en hidrocarburo sale del recipiente a través de una abertura en la parte superior, mientras que la borra desgasificada sale por la parte inferior del recipiente.

La eficacia de la desgasificación en este recipiente de purga y en otros recipientes de purga puede basarse en el mantenimiento de flujo pistón uniforme de la borra de polímero y el gas de purga, por lo que se facilita el buen contacto entre los dos. En algunos ejemplos, el diámetro del recipiente típico varía de 1,5 a 1,8 metros (5 a 6 pies), pero su longitud (relación L/D) se elige para conseguir un tiempo de residencia (p.ej., de 30 a 180 minutos) suficiente para desgasificar la borra de polímero. Un ejemplo de relaciones L/D puede variar de 1,2 a 2,4 metros (4 a 8 pies), o fuera de este intervalo. Cabe señalar que se pueden emplear elementos internos en la columna de purga, tal como una placa distribuidora para introducir el gas de purga (nitrógeno), un cono invertido para facilitar el flujo pistón del polímero (p.ej., reducir el puenteo o canalización de la borra de polímero), y así sucesivamente.

La FIG. 6 es un método 150 dirigido a aumentar la separación de hidrocarburo (es decir, eliminación de VOC) de las partículas de borra de polietileno en el equipo de separación aguas abajo. En particular, la FIG. 6 es un método de operar un sistema de producción de polietileno 10 donde el tamaño de partícula de la borra de polietileno se ajusta en los reactores de polimerización para aumentar la separación o retirada de hidrocarburo, hidrocarburo residual, VOC, retirada de las partículas de borra de polietileno en el equipo aguas abajo, tal como un recipiente de evaporación instantánea a baja presión, columna de purga 68, y así sucesivamente. En ciertas realizaciones, se considera un sistema de reactor 20 con dos reactores de circuito cerrado 50A, 50B.

Inicialmente, como se representa mediante el bloque 152, el etileno (y un comonomero opcional tal como 1-hexeno) se polimerizan en el primer reactor de circuito cerrado para producir un primer polietileno, y se polimerizan en un segundo reactor de circuito cerrado para producir un segundo polietileno. En el caso de la producción monomodal o no diferenciada, el primer polietileno se puede asemejar o ser algo diferente al segundo polietileno. Por otra parte, en el caso de la producción bimodal o diferenciada, el primer polietileno es diferente en al menos algunas propiedades con respecto al segundo polietileno. Con los dos reactores funcionando en serie, una suspensión de transferencia 21 se descarga del primer reactor de circuito cerrado 50A a través de la tubería de transferencia 21L al segundo reactor de circuito cerrado 50B. Además, una suspensión producida 22 se descarga del segundo reactor de circuito cerrado 50B, por ejemplo, mediante descarga continua a través de una CTO.

La suspensión producida 22 se puede enviar a través de la tubería de evaporación instantánea al primer recipiente separador (p.ej., recipiente de evaporación instantánea) para evaporar (bloque 154) hidrocarburo (p.ej., diluyente, etileno sin reaccionar) de la borra de polietileno en la suspensión producida 22. La borra de polietileno que se descarga desde el primer recipiente separador se puede purgar (bloque 156) en un segundo recipiente separador (p.ej., columna de purga) para retirar hidrocarburo residual de la borra de polietileno. Según las presentes técnicas, el tamaño de partícula de la borra de polietileno se puede ajustar (bloque 158) en los reactores de polimerización aguas arriba para aumentar (bloque 160) la eficacia de separación en el segundo recipiente separador (p.ej., columna de purga 68).

La FIG. 7 es un ejemplo de resultado (esquema) de un estudio de sensibilidad con un ejemplo de modelo para evaluar el impacto de los parámetros de purga (p.ej., tamaño de partícula de polietileno) sobre los VOC de la corriente de polímero de poliolefina (es decir, borra) que sale de la columna de purga. El ejemplo de modelo está basado en la teoría de transferencia de masa, y se analiza con detalle en la patente de EE.UU. n°. 7.957.947 anteriormente mencionada. Los VOC de la corriente de polímero disminuyeron en los tamaños de partícula polimérica más pequeños. Se cree que las partículas más pequeñas mejoran por lo general la difusión de los componentes hidrocarbonados absorbidos o adsorbidos del polímero.

En particular, la FIG. 7 es una representación esquemática 170 de ejemplos de resultados de modelo de VOC 172 ppm (parte por millón) en la corriente de borra de poliolefina descargada desde la columna de purga frente al tamaño medio de partícula 174 en 10^{-6} metros (micrómetros o μ) de borra de polímero de poliolefina. Existe una

relación entre VOC 172 y el tamaño de partícula 174 del polímero, como se ilustra mediante el ejemplo de curva 176. En un ejemplo de sensibilidad del modelo, con una disminución del tamaño de partícula de la borra de 800 micrómetros a 600 micrómetros (disminución del 25%), el VOC 172 se redujo en aproximadamente 43% de 47 ppm a 26 ppm.

- 5 Las figuras 8A-9B presentan resultados calculados con resultados comerciales relacionados para la producción de polietileno con respecto al tamaño de partícula de la borra de polietileno y VOC, sin suponer ninguna fracturación. Para mayor claridad, se supone la no fracturación de las partículas de la borra de polietileno. Las figuras 8A y 8B proporcionan resultados de la polimerización del polietileno con catalizador que tiene una mediana de tamaño de partícula (D-50) de aproximadamente 12 micrómetros (10^{-6} metro o μm), y la posterior retirada de VOC del polietileno. Las figuras 9A y 9B proporcionan resultados de la polimerización del polietileno con catalizador que tiene una mediana de tamaño de partícula (D-50) de aproximadamente 20 micrómetros, y la posterior retirada de VOC del polietileno. Los resultados muestran que un mayor tamaño de partícula proporciona un mayor tamaño de partícula de la borra de polietileno con tiempo de residencia y actividad del catalizador similares. Además, las presunciones de esta relación replicada incluyen: (1) ninguna fracturación de las partículas de borra de polietileno; 10 y/o (2) una similar densidad de partícula de dos catalizadores que tienen diferentes diámetros.

La densidad de partícula del catalizador también puede afectar el tamaño de partícula resultante de la borra. En general, un catalizador que tiene mayor densidad de partícula (una partícula de catalizador más compacta) puede proporcionar un mayor tamaño medio o mediana de tamaño de partícula de la borra debido a una menor fracturación en los reactores. Por lo tanto, en ciertos ejemplos, una partícula de catalizador más pequeña con una mayor densidad de partícula puede proporcionar un mayor tamaño de partícula de la borra de lo que lo haría una partícula catalítica de mayor tamaño con una menor densidad de partícula. Según las presentes técnicas, el tamaño de partícula de la borra se puede ajustar al seleccionar un catalizador con cierta densidad de partícula de catalizador, es decir, para modular una cantidad de fracturación como se analiza más adelante.

Los resultados indicados por las figuras 8A-9B también muestran una separación mejorada en la columna de purga 68 (FIG. 3) para mayor tamaño de partícula de la borra de polietileno. En un sentido, la separación mejorada o aumentada (retirada aumentada de hidrocarburo residual o VOC de la borra) puede caracterizarse como una eficacia mejorada o aumentada de la separación (p.ej., en la columna de purga) porque dada la misma masa de borra, menos hidrocarburo residual permanece en la borra (es decir, con menor tamaño de partícula).

La FIG. 8A es una representación esquemática 180 del diámetro del tamaño medio de partícula de la borra 182 (μm) frente a tiempo total de residencia del catalizador 184 (horas) en los reactores de polimerización aguas arriba en diversas actividades de catalizador 186. Como se ha indicado, el tamaño medio de partícula del catalizador es de aproximadamente 12 micrómetros. Tres actividades de catalizador 186 en unidades de gramos/horas de borra de polietileno (PE) por gramo de catalizador se dan a 10.000, 30.000, y 50.000, respectivamente. El tamaño de partícula de la borra 182 es de la borra que se descarga del segundo reactor o reactor final y que podría entrar en última instancia en la columna de purga 68 (FIG. 3). Las relaciones en la FIG. 8A muestran que el tamaño de partícula de la borra se puede controlar al ajustar el tiempo de residencia en el reactor o al ajustar la actividad del catalizador.

La FIG. 8B es una representación esquemática 190 del VOC de borra 192 (ppm) de la borra que sale de la columna de purga frente al tiempo total de residencia 184 del catalizador en los reactores de polimerización aguas arriba en tres actividades 186 del catalizador. De nuevo, las tres actividades 186 del catalizador son 10.000, 30.000, y 50.000 en unidades (gramos/hora) de PE polimerizado y producido por (gramo) de catalizador usado. También, como con los resultados de la FIG. 8A, el tamaño medio de partícula del catalizador es de aproximadamente 12 micrómetros en los resultados presentados en la FIG. 9. En total, las relaciones en las figuras 8A and 8B muestran que la eficacia de separación, es decir, la retirada aumentada de hidrocarburo residual o VOC de la borra de PE, se puede aumentar en la columna de purga al ajustar el tamaño de partícula de PE, el tiempo de residencia en el reactor del catalizador, y la actividad del catalizador.

La FIG. 9A es una representación esquemática 200 del diámetro (μm) del tamaño medio de partícula de la borra 202 frente al tiempo total de residencia del catalizador 204 (horas) en los reactores de polimerización aguas arriba en tres actividades de catalizador 206, respectivamente, que son las mismas actividades de catalizador 186 de los resultados presentados en las figuras previas 8A y 8B. Sin embargo, en contraste con los resultados presentados en las figuras 8A and 8B, los resultados asociados con la FIG. 9A es para un tamaño medio de partícula de catalizador de aproximadamente 20 micrómetros. Las relaciones en la FIG. 9 indican que el tamaño de partícula de la borra de PE se puede controlar al ajustar el tiempo de residencia en el reactor o al ajustar la actividad del catalizador.

La FIG. 9B es una representación esquemática 210 del VOC de borra 212 (ppm) de la borra de PE que sale de la columna de purga frente al tiempo total de residencia del catalizador 204 en los reactores de polimerización aguas arriba en las tres actividades de catalizador 206, respectivamente. Las relaciones en las figuras 9A y 9B indican que la eficacia de separación, es decir, la retirada aumentada de hidrocarburo residual o VOC de la borra de PE,

se puede aumentar en la columna de purga al ajustar el tamaño de partícula de borra de PE, el tiempo de residencia en el reactor del catalizador, y la actividad del catalizador.

Como se ha mencionado, el cambio de una partícula de catalizador más pequeña con un diámetro de 12 micrómetros (FIGS. 8A y 8B) a una partícula de catalizador más grande con un diámetro de 20 micrómetros (FIGS. 9A y 9B) da como resultado un mayor tamaño de partícula de la borra de polietileno, tal como, por ejemplo, con la borra de polietileno en la suspensión producida 22 que se descarga del segundo reactor de circuito cerrado, o con la borra de polietileno en la descarga de sólidos 70 procedente de la cámara de evaporación instantánea 64 a la columna de purga 68. Por lo tanto, como se ha analizado, controlar el tamaño de partícula de las partículas de polietileno producidas que se descargan del reactor de polimerización puede incluir seleccionar un catalizador inicial o alternativo, para alimentar al sistema de reactor 20. El catalizador se puede seleccionar basándose, en parte, en el tamaño de partícula del diámetro del catalizador, y así proporcionar un tamaño medio o mediana de tamaño de partícula deseados de la borra producida de polietileno.

Además, la densidad de la partícula de catalizador también se puede tomar en cuenta para controlar o ajustar el tamaño de partícula de la borra, como se mencionó anteriormente. Por ejemplo, se puede realizar menos fracturación del catalizador y de la borra seleccionando un catalizador que tenga una mayor densidad de partícula de catalizador, y por lo tanto proporcionar un mayor tamaño medio o mediana de tamaño de partícula de la borra de polietileno. Por otra parte, se puede realizar más fracturación del catalizador y de la borra seleccionando un catalizador que tenga una menor densidad de partícula de catalizador, y por lo tanto proporcionar un menor tamaño medio o mediana de tamaño de partícula de la borra de polietileno.

La fracturación es rotura de las partículas de borra de polietileno en el reactor y afecta al tamaño de partícula y VOC de la borra de polietileno. Como se ha indicado, la cantidad de fracturación se puede relacionar con la densidad de partícula del catalizador. Además, como con el tamaño de las partículas de borra en general, el tamaño de las partículas fracturadas de la borra de polietileno se puede relacionar con la actividad del catalizador y el tiempo de residencia en el reactor, y por lo tanto también se relaciona con la productividad del catalizador. Las tablas 1 y 2 proporcionan información comercial y resultados de cálculos para la producción de polietileno en doble reactor de circuito cerrado, disponiéndose en serie estos dos reactores de circuito cerrado. Los datos presentados están en un intervalo de actividad de catalizador y tiempo de residencia de catalizador (tiempo total de residencia en los dos reactores), y productividad del catalizador asociada. Se enumera una mediana de tamaño de partícula D-50 de borra resultante de la borra total de polietileno. Como pueden apreciar los expertos en la técnica, el tamaño de partícula D-50 es la mediana de tamaño de partícula, es decir, en la que 50% de las partículas en la distribución son menores que el tamaño del diámetro D-50, y 50% de las partículas en la distribución son mayores que el tamaño del diámetro D-50.

Además, los resultados de fracturación se presentan en la Tabla 1 y Tabla 2. En estos ejemplos, la fracturación se clasifica para fracturas en 2 partículas, fracturas en 4 partículas, fracturas en 8 partículas, y fracturas en 16 partículas. En la Tabla 1, se enumera el diámetro de la mediana de tamaño de partícula para la parte no fracturada y para cada parte fracturada. Además, en este ejemplo, la población supuesta es de 0,5 para partículas no fracturadas, 0,267 para la de 2 fracturas, 0,133 para la de 4 fracturas, 0,067 para la de 8 fracturas, y 0,033 para la de 16 fracturas. Como se ha mencionado el diámetro de la mediana de tamaño de partícula puede ser el tamaño de partículas D-50 de una parte determinada. Como pueden apreciar los expertos en la técnica, el tamaño de partícula D-50 se define como el diámetro de partícula en el 50% del intervalo de población determinado. Por lo tanto, el tamaño de partícula D-50 es la mediana del tamaño de partícula.

Como puede observarse en la Tabla 1, en las partículas totales de borra que incluyen las partículas no fracturadas y las partículas fracturadas, el tamaño de partícula del polietileno aumenta con el tiempo de residencia y con la productividad del catalizador. Como pueden apreciar los expertos en la técnica, la productividad del catalizador es la actividad del catalizador multiplicada por el tiempo de residencia del catalizador. En la Tabla 2, se enumera un valor de VOC por cada parte fracturada. Como puede observarse en la Tabla 2, el VOC de la borra que se descarga de la columna de purga disminuye beneficiosamente con la disminución del tamaño de partícula de la borra, disminución de la actividad del catalizador, disminución del tiempo de residencia en el reactor, y disminución de la productividad del catalizador.

Tabla 1. Fracturación de partícula de polietileno en el sistema de reactor de circuito cerrado

Actividad	Residencia	Productividad	Partículas de borra*	Fractura*	Fractura*	Fractura*	Fractura*
lbPE /lbcath	Tiempo, horas	lbPE/lbcath	no fracturada	2 partículas	4 partículas	8 partículas	16 partículas
10,000	1,50	15000	296	148	74	16,8	8,6

ES 2 631 155 T3

10,000	1,75	17500	312	156	78	39	8,6
10,000	2,00	20000	326	163	81	18,6	20
10,000	2,25	22500	339	170	85	42	21
10,000	2,50	25000	351	176	88	44	9,9
30,000	1,50	45000	427	214	107	53	27
30,000	1,75	52500	450	225	112	56	28
30,000	2,00	60000	470	235	118	59	29
30,000	2,25	67500	489	244	122	61	31
30,000	2,50	75000	506	253	127	63	32
50,000	1,50	75000	506	253	127	63	32
50,000	1,75	87500	533	267	133	30,4	14,9
50,000	2,00	100000	557	279	139	70	35
50,000	2,25	112500	580	290	145	72	16,3
50,000	2,50	125000	600	300	150	75	17,2
10,000	1,50	15000	494	247	123	62	31
10,000	1,75	17500	520	260	130	65	32
10,000	2,00	20000	543	272	136	68	34
10,000	2,25	22500	565	283	141	71	35
10,000	2,50	25000	585	293	146	73	16,8
30,000	1,50	45000	712	356	178	89	44
30,000	1,75	52500	749	375	187	94	47
30,000	2,00	60000	784	392	196	98	49
30,000	2,25	67500	815	407	204	102	51
30,000	2,50	75000	844	422	211	106	53
50,000	1,50	75000	844	422	211	106	53
50,000	1,75	87500	889	444	222	111	56
50,000	2,00	100000	929	464	232	116	58
50,000	2,25	112500	966	483	242	121	60
50,000	2,50	125000	1001	500	250	125	63

* Los valores dados son diámetros de mediana en micrómetros para esa porción

ES 2 631 155 T3

Tabla 2. VOC de la borra de polietileno descargada de la columna de purga

VOC no fracturado* ppm	VOC 2 partes* ppm	VOC 4 partes* ppm	VOC 8 partes* ppm	VOC 16 partes* ppm	VOC medio ppm
10.000gPE/gcat./h					
25.4064	0.6468	0.3140	0.3170	0.3170	12.9493
32.2584	0.7921	0.3139	0.3169	0.3170	16.4140
39.3882	0.9466	0.3142	0.3169	0.3170	20.0201
46.6900	1.1494	0.3148	0.3169	0.3170	23.7252
54.0498	1.4168	0.3158	0.3168	0.3170	27.4765
30.000gPE/gcat./h					
112.6436	4.3408	0.3046	0.3162	0.3170	57.5516
133.6712	5.8459	0.3538	0.3160	0.3170	68.4733
154.0129	7.5939	0.3718	0.3157	0.3158	79.1127
173.6605	9.4407	0.3924	0.3170	0.3170	89.4318
192.6302	11.4533	0.4175	0.3152	0.3170	99.4565
50.000gPE/gcat./h					
192.6302	11.4533	0.4175	0.3152	0.3170	99.4565
222.8157	15.0319	0.4692	0.3138	0.3170	115.5104
251.3430	18.8693	0.5290	0.3144	0.3170	130.8054
278.3665	22.8997	0.5987	0.3141	0.3170	145.4012
304.0271	27.1098	0.6792	0.3140	0.3170	159.3649
10.000gPE/gcat./h					
178.6433	9.9626	0.3945	0.3154	0.3170	92.0625
207.3809	13.1395	0.4101	0.3150	0.3170	107.2806
234.6284	16.5686	0.4916	0.3150	0.3170	121.8296
260.5095	20.1959	0.5497	0.3130	0.3170	135.7451
285.1445	23.9793	0.6187	0.3141	0.3170	149.0807
30.000gPE/gcat./h					
448.2843	57.1321	1.5285	0.3168	0.3168	239.6128
498.1291	70.0027	2.0395	0.3194	0.3167	268.0357

579.1022	82.8112	2.6367	0.3236	0.3166	312.0178
622.1107	95.5462	3.2773	0.3291	0.3164	337.0038
661.8310	108.0816	4.0417	0.3291	0.3163	360.3086
50.000gPE/gcat./h					
661.8310	108.0816	4.0417	0.3291	0.3163	360.3086
765.2598	128.5097	5.4511	0.3491	0.3150	417.6597
820.3976	148.3075	7.0960	0.3605	0.3158	450.7281
918.8769	167.4591	8.8477	0.3731	0.3155	505.3093
966.7119	185.9735	10.7303	0.3731	0.3143	534.4149

*VOC en ppm para la partícula de diámetro de mediana en esa porción

- La FIG. 10 representa una realización alternativa de un sistema de reactor de polimerización de polietileno 240 en el que un sistema de procesamiento de la borra 242 se dispone entre un primer reactor de circuito cerrado 50A y un segundo reactor de circuito cerrado 50B. El sistema de procesamiento en suspensión de borra 242 puede implicar, por ejemplo, retirar componentes finales livianos 243 tales como hidrógeno y monómero (p.ej., etileno), y otros componentes, de la suspensión de transferencia 21-1 que se descarga desde el primer reactor de circuito cerrado 50A. Pueden estar implicadas otras corrientes de recuperación y de procesamiento. El equipo puede incluir recipientes de evaporación instantánea, columnas de destilación, bombas, cambiadores de calor, equipo analítico, válvulas de control, y así sucesivamente. El control del tamaño de partícula (p.ej., ajustar hacia mayor tamaño de partícula) de la borra de polietileno que se descarga desde el primer reactor puede mejorar beneficiosamente la operabilidad (p.ej., a través de la menor viscosidad de la suspensión e hidráulica mejorada) en el flujo de suspensión y rendimiento de la bomba, por ejemplo, en el sistema de procesamiento de la borra 242. Por lo tanto, el control del flujo de suspensión de transferencia, una bomba de suspensión de transferencia, etc., dentro del sistema de procesamiento de la borra 242 puede estar unido al menos en parte al tamaño de partícula de la borra, mejorando la estabilidad de las operaciones. Además, el control del tamaño de partícula (p.ej., ajustar hacia menor tamaño de partícula) puede mejorar la separación de hidrocarburos de la suspensión o de los sólidos de borra de polietileno en el sistema de procesamiento en suspensión 242. Por lo tanto, el control de un recipiente de evaporación instantánea o recipiente de separación, por ejemplo, en el sistema de procesamiento en suspensión 242 puede estar unido al menos en parte al tamaño de partícula de la borra, mejorando la operación asociada.
- Como con el sistema de reactor 20 anteriormente analizado, los dos reactores (de polimerización) en suspensión de circuito cerrado 50A, 50B en un sistema de reactor 240 se pueden disponer y operar en serie, y se pueden cambiar si se desea a operación en paralelo. Se pueden incluir reactores de circuito cerrado adicionales u otros reactores (p.ej., reactores de fase gaseosa) en la combinación ilustrada. Como también se ha analizado, el reactor en suspensión de circuito cerrado 50A, 50B está compuesto generalmente de segmentos de tubería conectados por curvas o codos suaves. Las camisas de reactor 52 se pueden proporcionar para eliminar el calor originado por la polimerización exotérmica mediante circulación de un medio de refrigeración, tal como agua tratada, por todas las camisas del reactor 52.
- Los reactores 50A, 50B se pueden usar para llevar a cabo la polimerización de poliolefina (p.ej., polietileno) en condiciones de suspensión. Un respectivo dispositivo motriz, tal como bomba 54A, 54B, hace circular la suspensión fluida en cada reactor 50A, 50B. La bomba puede ser accionada por un motor 56A, 56B u otra fuerza motriz. Los diversos componentes de alimentación representados por las corrientes de alimentación 58A, 58B anteriormente analizadas se pueden aplicar al sistema de reactor 240. Además, al menos una corriente de catalizador 60 se introduce en el sistema de reactor 240.
- Una suspensión producida de borra 22 se puede descargar desde el segundo reactor de circuito cerrado 50B y se somete a posterior procesamiento que incluye la extrusión en última instancia en gránulos de polietileno. La suspensión producida de borra 22 se puede descargar a través de un tubo de sedimentación, CTO, aislamiento, válvula, válvula Ram, u otras configuraciones de válvulas. La suspensión producida de borra 22 puede incluir un polietileno monomodal (o no diferenciado) o un polietileno bimodal (o diferenciado).
- Una primera tubería de transferencia 21L-1 puede hacer circular una primera suspensión de transferencia 21-1 de la descarga del primer reactor de circuito cerrado 50A al sistema de procesamiento en suspensión de la borra 242. Esta descarga del primer reactor de circuito cerrado y la tubería de transferencia asociada 21L-1 pueden incluir una válvula Ram, una CTO, un tubo de sedimentación, u otra configuración de válvula. Una segunda tubería de

transferencia 21L-2 puede hacer circular una segunda suspensión de transferencia 21-2 del sistema de procesamiento en suspensión de la borra 242 al segundo reactor de circuito cerrado 50B. En ciertos ejemplos, una bomba en el sistema de procesamiento en suspensión 242 puede proporcionar una fuerza motriz para la circulación de la segunda suspensión de transferencia 21-2 a través de la segunda tubería de transferencia 21L-2.

5 Las técnicas anteriormente mencionadas con respecto al control del tamaño de partícula de la borra de polietileno son aplicables a la realización ilustrada de la FIG. 10. Por ejemplo, el tamaño de partícula de la borra de polietileno que se descarga del primer reactor 50A (en la suspensión de transferencia 21-1) y/o del segundo reactor 50B (en la suspensión producida 22) se puede controlar o ajustar, al ajustar las condiciones del reactor. Dichas condiciones del reactor pueden incluir el tiempo de residencia del catalizador, actividad del catalizador, productividad del catalizador, y fracturación del polietileno, y así sucesivamente. Se pueden añadir modificadores de la actividad que incluyen inhibidores de la actividad. Además, la selección del catalizador, con respecto al tamaño de partícula del catalizador y/o a la densidad del catalizador, puede ajustar el tamaño de partícula. El control del tamaño de partícula puede mejorar beneficiosamente la operabilidad de los reactores 50, el sistema de procesamiento en suspensión 242, y operaciones y equipo de unidades aguas abajo.

10 La FIG. 11 es un ejemplo de un sistema de procesamiento en suspensión de la borra 242 dispuesto entre el primer reactor de polimerización 50A y el segundo reactor de polimerización 50B. En este ejemplo, el sistema de procesamiento en suspensión 242 tiene un sistema concentrador opcional 244 y un sistema de eliminación de compuestos ligeros 246. Por supuesto, se pueden implementar otras configuraciones de sistema de procesamiento en suspensión 242. Las técnicas anteriormente mencionadas para controlar el tamaño de partícula en el primer reactor 50A pueden mejorar la hidráulica y operabilidad del sistema concentrador 244, y también mejorar la hidráulica, desgasificación, y operabilidad de las suspensiones en el sistema de eliminación de compuestos ligeros 246, y así sucesivamente.

15 Como analizó anteriormente, una finalidad del sistema concentrador 244 puede ser formar una corriente de reciclado para facilitar el control de las concentraciones de sólidos en el primer reactor de circuito cerrado 50A. Además, el sistema concentrador 244 puede reducir la carga de hidrocarburo (p.ej., diluyente, monómero, comonómero) enviada al sistema de eliminación de compuestos ligeros 246.

20 Como se ha indicado, el sistema concentrador 244 se puede eliminar, y la suspensión de transferencia 21-1 descargada del primer reactor 50A se envía al sistema de eliminación de compuestos ligeros 246 u otros sistemas de tratamientos de suspensión. En ciertos ejemplos, se emplea una retirada continua (CTO) en lugar de o además del sistema concentrador 244, y la CTO se dispone, por ejemplo, en la descarga del primer reactor 50A en la tubería de transferencia 21L-1. La CTO en dichos ejemplos puede proporcionar concentración de la suspensión de transferencia 21-1 con respecto a a la suspensión circulante en el primer reactor de circuito cerrado 50A.

25 En la realización ilustrada, la tubería de transferencia 21L-1 transporta la suspensión de transferencia de borra 21-1 descargada desde el primer reactor de polimerización 50A al interior del hidrociclón 248 del sistema concentrador 244. Una corriente de reciclado 250 procedente del hidrociclón 248 se puede retornar a través de una bomba 252 al primer reactor 50A. La corriente de reciclado 250 puede incluir diluyente y partículas finas de borra (que pueden tener catalizador activo). El caudal de la corriente de reciclado 250 se puede regular para facilitar el control de la concentración de sólidos de la suspensión que circula por el primer reactor de circuito cerrado 50A. El caudal de la corriente de reciclado 250 se puede modular con una válvula de control (no mostrado), y/o controlando la velocidad de la bomba 250, y así sucesivamente. En cuanto a la corriente de sólidos primarios del hidrociclón 248, una corriente en suspensión de sólidos concentrada 254 sale del hidrociclón 108 a través de una válvula reductora de presión 255 al sistema de eliminación de gases ligeros 246.

30 En este ejemplo, el sistema de eliminación de gases ligeros 246 puede eliminar componentes ligeros 243 (p.ej., hidrógeno, monómero de etileno) de la suspensión de transferencia 21-1 que se descarga desde el primer reactor de polimerización 50A. En el caso de eliminación de hidrógeno, puede ser beneficioso en producción bimodal, por ejemplo, donde se desea mantener una mayor concentración de hidrógeno en el primer reactor 50A que en el segundo reactor 50B, por ejemplo. Por supuesto, se pueden realizar otras aplicaciones, tales como con el monómero (p.ej., etileno), comonómeros ligeros, diluyentes ligeros, no condensables, y otros componentes ligeros. En ciertos ejemplos, un componente "ligero" se puede especificar como componentes que tienen un menor punto de ebullición que el diluyente (p.ej., isobutano) empleado en el primer reactor de circuito cerrado 50A. Además, se pueden realizar diversas aplicaciones dirigidas a componentes pesados (comonómeros pesados, aditivos) a través de reciclado desde el sistema concentrador 244 al primer reactor 50A, así como a través de la descarga de componentes más pesados desde el sistema de eliminación de componentes ligeros 246 (es decir, por la parte inferior del recipiente de evaporación instantánea 256, por la parte inferior de la columna de fraccionamiento 258) al segundo reactor 50A en la suspensión de transferencia 21-2, y así sucesivamente.

35 En el ejemplo ilustrado de la FIG. 11, el sistema de eliminación de gases ligeros 246 incluye un recipiente de evaporación instantánea 256 y una columna de destilación o de fraccionamiento 258. En un ejemplo, el recipiente de evaporación instantánea 256 tiene una camisa (no mostrado) para un medio de calentamiento tal como vapor de agua, condensado de vapor de agua, y así sucesivamente. En el caso de vapor de agua, el calor latente se

puede transferir a los contenidos del recipiente de evaporación instantánea 256. El recipiente de evaporación instantánea 256 también puede tener un mezclador o agitador 260.

5 La columna de fraccionamiento 258 puede tener una pluralidad de etapas teóricas proporcionadas por múltiples bandejas de destilación 262. Además, la columna de fraccionamiento 258 también puede tener un condensador de cabeza 264 dispuesto en la parte superior de la columna de fraccionamiento 258 en este ejemplo. Asimismo, el recipiente de evaporación instantánea 256, cuando está provisto de la camisa previamente referenciada, puede funcionar como un rehervidor para la columna de fraccionamiento 258. El recipiente de evaporación instantánea 256 también funciona como un depósito agitado para recoger sólidos.

10 En funcionamiento, la corriente de suspensión de sólidos 254 del hidrociclón 248 entra en el recipiente de evaporación instantánea 256 donde el hidrocarburo tal como diluyente, monómero, y comonomero se evapora por la cabeza y se envía como corriente de alimentación 266 a la columna de fraccionamiento 258. La presión del recipiente de evaporación instantánea 256 se puede mantener, por ejemplo, de 3,4 a 20,7 bares (de 50 a 300 psi) menos que la presión en el primer reactor de circuito cerrado 50A. Dicha presión de funcionamiento en la evaporación de una sola etapa en el recipiente de evaporación instantánea 256 en este ejemplo puede proporcionar, la evaporación de algo de diluyente por la cabeza así como la descarga de diluyente líquido de la parte inferior del recipiente de evaporación instantánea 256.

15 Además de diluyente y monómero, la corriente de alimentación de cabeza 266 desde el recipiente de evaporación instantánea 256 a la columna de fraccionamiento 258 puede contener hidrógeno atrapado si se introduce en el primer reactor 50A, así como algunas partículas de borra que incluyen partículas finas. La mayoría de las partículas de borra de polietileno se sedimentan en el recipiente de evaporación instantánea 256, y se descargan desde una porción de la parte inferior del recipiente de evaporación instantánea 256 como la suspensión de transferencia 21-2 (véase también la FIG. 10). Se puede añadir diluyente 270 (p.ej., isobutano) al recipiente de evaporación instantánea 256.

20 La suspensión de transferencia 21-2 que se descarga desde la parte inferior del recipiente de evaporación instantánea 256 se puede bombear a través de una serie de bombas 272 al segundo reactor de circuito cerrado 50B por la tubería de transferencia 21L-2. En la realización ilustrada, una porción 274 de la suspensión de transferencia 21-2 al segundo reactor 50B se puede reciclar al recipiente de evaporación instantánea 256 a través de una válvula de control de flujo 276. Asimismo, en ciertos ejemplos, la porción reciclada 274 se puede muestrear, y el hidrocarburo en la muestra se puede someter a ensayo con un cromatógrafo de gases, por ejemplo, para determinar la composición del hidrocarburo en la suspensión de transferencia 21-2. Dichos resultados de ensayos de composición se pueden usar para facilitar el control de las alimentaciones a los reactores 50A, 50B, y de las concentraciones de componentes en los reactores 50A, 50B.

25 En cuanto a la corriente de cabeza del recipiente de evaporación instantánea 256, la corriente de alimentación 266 se descarga desde el recipiente de evaporación instantánea 256 a la columna de fraccionamiento 258 donde el vapor de agua circula hacia arriba por la columna de fraccionamiento 258. Como se ha indicado, una camisa de vapor de agua sobre el recipiente de evaporación instantánea 256 puede funcionar como un rehervidor proporcionando calor a la parte inferior de la columna de fraccionamiento 256. El vapor de agua se mueve hacia arriba en la columna 258 y la mayor parte del diluyente y también cualquier comonomero pesado (p.ej., 1-hexeno) es condensado por el condensador de cabeza 264 y cae como un líquido junto con cualesquiera partículas finas de polietileno purificadas, al recipiente de evaporación instantánea 256 a través de la corriente 278. Se puede añadir el diluyente 270 (p.ej., isobutano) a la columna de fraccionamiento 258.

30 Una corriente de componentes ligeros 243 se descarga por la cabeza desde la columna de fraccionamiento 258 a través de la válvula de control de presión 276 a un sistema de recuperación de componentes finales ligeros, por ejemplo. La corriente de componentes ligeros 243 se puede muestrear y someter a ensayo, tal como con un cromatógrafo de gases. Los resultados de los ensayos de composición se pueden usar para facilitar el control de las concentraciones de los componentes en los reactores 50A, 50B, para ajustar los caudales de las corrientes de alimentación a los reactores 50A, 50B.

35 El ejemplo ilustrado de la FIG. 11 puede proporcionar más control independiente del tamaño de partícula de la borra en el primer reactor 50B frente al segundo reactor 50B en ciertos casos. Por ejemplo, sustancialmente todo o una parte del modificador de la actividad del catalizador (inhibidor y/o promotor) añadido en el primer reactor 50A se puede reciclar al primer reactor 50A a través del sistema concentrador 244, y/o retirar por la corriente de componentes ligeros 243 si el modificador de la actividad del catalizador es un componente ligero, y así sucesivamente. En otro ejemplo, alterar la adición de diluyente al primer reactor 50A para ajustar la concentración de sólidos o el tiempo de residencia en el primer reactor 50A se puede, en algunos ejemplos, comunicar menos al segundo reactor 50A debido a la presencia del sistema de procesamiento en suspensión 242 entremedias del primer reactor 50A y el 50B.

Divulgación adicional

Se han descrito métodos y sistemas para la producción de polietileno. Se ofrecen las siguientes cláusulas como descripción adicional:

- 5 Ejemplo 1. Un método para operar un sistema de reactor de polietileno, que comprende: polimerizar etileno en el catalizador en un primer reactor de polimerización para formar partículas intermedias que tienen el catalizador y un primer polietileno; descargar las partículas intermedias desde el primer reactor de polimerización a un segundo reactor de polimerización; polimerizar etileno en el catalizador en las partículas intermedias en el segundo reactor de polimerización para formar partículas producidas que tienen el catalizador, el primer polietileno, y el segundo polietileno; descargar las partículas producidas desde el segundo reactor de polimerización; y controlar un tamaño de partícula de las partículas producidas ajustando un tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización.
- 10 Ejemplo 2: El método según el ejemplo 1, que comprende alimentar etileno, diluyente, y el catalizador al primer reactor de polimerización, y alimentar etileno y diluyente al segundo reactor de polimerización.
- Ejemplo 3: El método según el ejemplo 1, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización.
- 15 Ejemplo 4: El método según el ejemplo 1, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al segundo reactor de polimerización.
- Ejemplo 5. El método según el ejemplo 1, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una concentración de sólidos en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización.
- 20 Ejemplo 6. El método según el ejemplo 1, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar un primer tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor de polimerización o ajustar un segundo tiempo de residencia del catalizador en el segundo reactor de polimerización, o ajustar tanto el primer tiempo de residencia como el segundo tiempo de residencia.
- Ejemplo 7. El método según el ejemplo 6, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización.
- 25 Ejemplo 8. El método según el ejemplo 6, en el que ajustar el segundo tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una primera corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización y/o ajustar una velocidad de una segunda corriente de alimentación de diluyente al segundo reactor de polimerización.
- Ejemplo 9. El método según el ejemplo 6, en el que ajustar el primer tiempo de residencia comprende ajustar la concentración de sólidos en el primer reactor de polimerización, y en el que ajustar el segundo tiempo de residencia comprende ajustar la concentración de sólidos en el segundo reactor de polimerización.
- 30 Ejemplo 10. El método según el ejemplo 1, en el que tanto el primer reactor de polimerización como el segundo reactor de polimerización comprenden un reactor de fase líquida.
- Ejemplo 11. El método según el ejemplo 1, en el que tanto el primer reactor de polimerización como el segundo reactor de polimerización comprenden un reactor de circuito cerrado.
- 35 Ejemplo 12. El método según el ejemplo 1, que comprende controlar además el tamaño de partícula de las partículas producidas ajustando la actividad del catalizador en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización.
- Ejemplo 13. El método según el ejemplo 12, en el que ajustar la actividad comprende añadir un inhibidor de la actividad en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización.
- 40 Ejemplo 14. El método según el ejemplo 13, en el que el inhibidor de la actividad comprende un veneno de catalizador.
- Ejemplo 15. El método según el ejemplo 1, que comprende seleccionar un catalizador alternativo y alimentar el catalizador alternativo en el primer reactor de polimerización para proporcionar partículas producidas alternativas que se descargan del segundo reactor de polimerización, comprendiendo las partículas producidas alternativas un tamaño medio de partículas diferente al de las partículas producidas.
- 45 Ejemplo 16. El método según el ejemplo 1, que comprende alimentar más hidrógeno al primer reactor de polimerización que al segundo reactor de polimerización, o alimentar más hidrógeno al segundo reactor de polimerización que al primer reactor de polimerización.
- Ejemplo 17. El método según el ejemplo 1, que comprende alimentar comonomero al primer reactor de polimerización y/o al segundo reactor de polimerización.
- 50

Ejemplo 18. El método según el ejemplo 17, en el que el comonomero comprende propileno, buteno, 1-penteno, 1-hexeno, 1-octeno, y/o 1-deceno.

Ejemplo 19. El método según el ejemplo 1, que comprende alimentar más comonomero al primer reactor de polimerización que al segundo reactor de polimerización, o alimentar más comonomero al segundo reactor de polimerización que al primer reactor de polimerización.

Ejemplo 20. El método según el ejemplo 1, en el que el primer polietileno y el segundo polietileno se combinan para producir un polietileno monomodal o un polietileno bimodal.

Ejemplo 21. Un método para operar un sistema de reactor de polietileno, que comprende: polimerizar etileno en un catalizador en un primer reactor de polimerización para formar un primer polietileno y formar partículas de polietileno intermedias que comprenden el catalizador y el primer polietileno; descargar las partículas de polietileno intermedias desde el primer reactor de polimerización a un segundo reactor de polimerización; polimerizar etileno en el catalizador en el segundo reactor de polimerización para formar un segundo polietileno y formar partículas de polietileno producidas que comprenden el catalizador, el primer polietileno, y el segundo polietileno; descargar las partículas de polietileno producidas desde el segundo reactor de polimerización; y controlar un tamaño de partícula de las partículas de polietileno producidas ajustando la actividad del catalizador en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización.

Ejemplo 22. El método según el ejemplo 21, en el que ajustar la actividad comprende añadir un inhibidor de la actividad al primer reactor de polimerización y/o al segundo reactor de polimerización.

Ejemplo 23. El método según el ejemplo 22, en el que el inhibidor de la actividad comprende un veneno de catalizador.

Ejemplo 24. El método según el ejemplo 21, en el que controlar el tamaño de partícula de las partículas de polietileno producidas puede incluir además seleccionar un catalizador alternativo y alimentar el catalizador alternativo al primer reactor de polimerización.

Ejemplo 25. El método según el ejemplo 21, que comprende alimentar más hidrógeno al primer reactor de polimerización que al segundo reactor de polimerización, o alimentar más hidrógeno al segundo reactor de polimerización que al primer reactor de polimerización.

Ejemplo 26. El método según el ejemplo 21, que comprende controlar además el tamaño de partícula de las partículas producidas ajustando el tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización.

Ejemplo 27. El método según el ejemplo 26, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización.

Ejemplo 28. El método según el ejemplo 26, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al segundo reactor de polimerización.

Ejemplo 29. El método según el ejemplo 26, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una concentración de sólidos en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización.

Ejemplo 30. El método según el ejemplo 26, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar un primer tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor de polimerización o ajustar un segundo tiempo de residencia del catalizador en el segundo reactor de polimerización, o ajustar tanto el primer tiempo de residencia como el segundo tiempo de residencia.

Ejemplo 31. El método según el ejemplo 21, en el que ajustar la actividad comprende ajustar la temperatura en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización.

Ejemplo 32. Un método para aumentar la eficacia de separar hidrocarburo residual de partículas de polietileno en un recipiente de purga, que incluye: polimerizar etileno en un catalizador en un sistema de reactor para formar partículas de polietileno, comprendiendo el sistema de reactor un primer reactor de polimerización y un segundo reactor de polimerización en series; descargar las partículas de polietileno desde el segundo reactor de polimerización a un recipiente de separación para separar hidrocarburo de las partículas de polietileno; descargar las partículas de polietileno desde el recipiente de vaporización instantánea a un recipiente de purga para separar hidrocarburo residual de las partículas de polietileno; y ajustar un tamaño de partícula de las partículas de polietileno que se descargan desde el segundo reactor de polimerización para aumentar la separación de hidrocarburo residual de las partículas de polietileno en un recipiente de purga aguas abajo.

Ejemplo 33. El método según el ejemplo 32, en el que ajustar el tamaño de partícula comprende ajustar el tamaño de partícula de las partículas de polietileno fracturadas en el sistema de reactor.

Ejemplo 34. El método según el ejemplo 32, en el que ajustar el tamaño de partícula comprende ajustar la productividad del catalizador en el sistema de reactor.

Ejemplo 35. El método según el ejemplo 34, en el que ajustar la productividad comprende ajustar una primera productividad del catalizador en el primer reactor de polimerización o ajustar una segunda productividad del catalizador en el segundo reactor de polimerización, o ajustar tanto la primera productividad como la segunda productividad.

Ejemplo 36. El método según el ejemplo 34, en el que ajustar la productividad comprende añadir un inhibidor de la actividad al primer reactor de polimerización o al segundo reactor de polimerización, o ambos.

Ejemplo 37. El método según el ejemplo 34, en el que ajustar la productividad comprende ajustar el tiempo de residencia del catalizador en el sistema de reactor.

Ejemplo 38. El método según el ejemplo 32, en el que ajustar el tamaño de partícula comprende ajustar el tiempo de residencia del catalizador en el sistema de reactor.

Ejemplo 39. El método según el ejemplo 32, en el que ajustar el tamaño de partícula comprende ajustar un primer tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor de polimerización o ajustar un segundo tiempo de residencia del catalizador en el segundo reactor de polimerización, o ajustar tanto el primer tiempo de residencia como el segundo tiempo de residencia.

Ejemplo 40. El método según el ejemplo 32, en el que descargar las partículas de polietileno desde el segundo reactor de polimerización comprende descargar de forma continua las partículas de polietileno desde el segundo reactor de polimerización.

Ejemplo 41. El método según el ejemplo 32, en el que ajustar el tamaño de partícula comprende seleccionar y alimentar un catalizador alternativo que tiene una densidad de partícula de catalizador para producir una cantidad deseada de fracturación de las partículas de borra de polietileno en el sistema de reactor.

Ejemplo 42. El método según el ejemplo 32, en el que ajustar el tamaño de partícula comprende ajustar la temperatura en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización.

Realización A

Un método para operar un sistema de reactor de polietileno, que comprende: polimerizar etileno en el catalizador en un primer reactor de polimerización para formar partículas intermedias que tienen el catalizador y un primer polietileno; descargar las partículas intermedias desde el primer reactor de polimerización a un segundo reactor de polimerización; polimerizar etileno en el catalizador en las partículas intermedias en el segundo reactor de polimerización para formar partículas producidas que tienen el catalizador, el primer polietileno, y el segundo polietileno; descargar las partículas producidas desde el segundo reactor de polimerización; y controlar un tamaño de partícula de las partículas producidas ajustando un tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización.

Realización B

El método según la realización A, que comprende alimentar etileno, diluyente, y el catalizador al primer reactor de polimerización, y alimentar etileno y diluyente al segundo reactor de polimerización.

Realización C

El método según las realizaciones A a B, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización.

Realización D

El método según las realizaciones A a C, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al segundo reactor de polimerización.

Realización E

El método según las realizaciones A a D, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una concentración de sólidos en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización.

Realización F

El método según las realizaciones A a E, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar un primer tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor de polimerización o ajustar un segundo tiempo de

residencia del catalizador en el segundo reactor de polimerización, o ajustar tanto el primer tiempo de residencia como el segundo tiempo de residencia.

Realización G

- 5 El método según las realizaciones A a F, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización.

Realización H

El método según las realizaciones A a G, en el que ajustar el segundo tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una primera corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización y/o ajustar una velocidad de una segunda corriente de alimentación de diluyente al segundo reactor de polimerización.

- 10 Realización I

El método según las realizaciones A a H, en el que ajustar el primer tiempo de residencia comprende ajustar la concentración de sólidos en el primer reactor de polimerización, y en el que ajustar el segundo tiempo de residencia comprende ajustar la concentración de sólidos en el segundo reactor de polimerización.

Realización J

- 15 El método según las realizaciones A a I, en el que tanto el primer reactor de polimerización como el segundo reactor de polimerización comprenden un reactor de fase líquida.

Realización K

El método según las realizaciones A a J, en el que tanto el primer reactor de polimerización como el segundo reactor de polimerización comprenden un reactor de circuito cerrado.

- 20 Realización L

El método según las realizaciones A a K, que comprende controlar además el tamaño de partícula de las partículas producidas ajustando la actividad del catalizador en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización.

Realización M

- 25 El método según las realizaciones A a L, en el que ajustar la actividad comprende añadir un inhibidor de la actividad al primer reactor de polimerización y/o al segundo reactor de polimerización.

Realización N

El método según las realizaciones A a M, en el que el inhibidor de la actividad comprende un veneno de catalizador.

- 30 Realización O

El método según las realizaciones A a N, que comprende seleccionar un catalizador alternativo y alimentar el catalizador alternativo al primer reactor de polimerización para proporcionar partículas producidas alternativas que se descargan desde el segundo reactor de polimerización, comprendiendo las partículas producidas alternativas un tamaño medio de partículas diferente al de las partículas producidas.

- 35 Realización P

El método según las realizaciones A a O, que comprende alimentar más hidrógeno al primer reactor de polimerización que al segundo reactor de polimerización, o alimentar más hidrógeno al segundo reactor de polimerización que al primer reactor de polimerización.

Realización Q

- 40 El método según las realizaciones A a P, que comprende alimentar comonomero al primer reactor de polimerización y/o al segundo reactor de polimerización.

Realización R

El método según las realizaciones A a Q, en el que el comonomero comprende propileno, buteno, 1-penteno, 1-hexeno, 1-octeno, y/o 1-deceno.

Realización S

El método según las realizaciones A a R, que comprende alimentar más comonomero al primer reactor de polimerización que al segundo reactor de polimerización, o alimentar más comonomero al segundo reactor de polimerización que al primer reactor de polimerización.

5 Realización T

El método según las realizaciones A a S, en el que el primer polietileno y el segundo polietileno se combinan para producir un polietileno monomodal o un polietileno bimodal.

Realización U

- 10 Un método para operar un sistema de reactor de polietileno, que comprende: polimerizar etileno en un catalizador en un primer reactor de polimerización para formar un primer polietileno y formar partículas de polietileno intermedias que comprenden el catalizador y el primer polietileno ; descargar las partículas de polietileno intermedias desde el primer reactor de polimerización a un segundo reactor de polimerización; polimerizar etileno en el catalizador en el segundo reactor de polimerización para formar un segundo polietileno y formar partículas de polietileno producidas que comprenden el catalizador, el primer polietileno, y el segundo polietileno; descargar las
- 15 partículas de polietileno producidas desde el segundo reactor de polimerización; y controlar un tamaño de partícula de las partículas de polietileno producidas ajustando la actividad del catalizador en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización.

Realización V

- 20 El método según la realización U, en el que ajustar la actividad comprende añadir un inhibidor de la actividad al primer reactor de polimerización y/o al segundo reactor de polimerización.

Realización W

El método según las realizaciones U a V, en el que el inhibidor de la actividad comprende un veneno de catalizador.

Realización X

- 25 El método según las realizaciones U a W, en el que controlar el tamaño de partícula de las partículas de polietileno producidas comprende además seleccionar un catalizador alternativo y alimentar el catalizador alternativo al primer reactor de polimerización.

Realización Y

- 30 El método según las realizaciones U a X, que comprende alimentar más hidrógeno al primer reactor de polimerización que al segundo reactor de polimerización, o alimentar más hidrógeno al segundo reactor de polimerización que al primer reactor de polimerización.

Realización Z

- 35 El método según las realizaciones U a Y, que comprende controlar además el tamaño de partícula de las partículas producidas ajustando el tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización.

Realización AA

El método según las realizaciones U a Z, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización.

Realización AB

- 40 El método según las realizaciones U a AA, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al segundo reactor de polimerización.

Realización AC

El método según las realizaciones U a AB, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una concentración de sólidos en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización.

Realización AD

- 5 El método según las realizaciones U a AC, en el que ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar un primer tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor de polimerización o ajustar un segundo tiempo de residencia del catalizador en el segundo reactor de polimerización, o ajustar tanto el primer tiempo de residencia como el segundo tiempo de residencia.

Realización AE

- 10 Un método para aumentar la eficacia de separar hidrocarburo residual de partículas de polietileno en un recipiente de purga, que incluye: polimerizar etileno en un catalizador en un sistema de reactor para formar partículas de polimerización en serie; descargar las partículas de polietileno desde el segundo reactor de polimerización a un recipiente de separación para separar hidrocarburo de las partículas de polietileno; descargar las partículas de polietileno desde el recipiente de vaporización instantánea a un recipiente de purga para separar hidrocarburo residual de las partículas de polietileno; y ajustar un tamaño de partícula de las partículas de polietileno que se descargan desde el segundo reactor de polimerización para aumentar la separación de hidrocarburo residual de las partículas de polietileno en un recipiente de purga aguas abajo.
- 15

Realización AF

El método según la realización AE, en el que ajustar el tamaño de partícula comprende ajustar el tamaño de partícula de las partículas de polietileno fracturadas en el sistema de reactor.

Realización AG

- 20 El método según las realizaciones AE a AF, en el que ajustar el tamaño de partícula comprende ajustar la productividad del catalizador en el sistema de reactor.

Realización AH

- 25 El método según las realizaciones AE a AG, en el que ajustar la productividad comprende ajustar una primera productividad del catalizador en el primer reactor de polimerización o ajustar una segunda productividad del catalizador en el segundo reactor de polimerización, o ajustar tanto la primera productividad como la segunda productividad.

Realización AI

El método según las realizaciones EG a AH, en el que ajustar la productividad comprende añadir un inhibidor de la actividad al primer reactor de polimerización o al segundo reactor de polimerización, o ambos.

- 30 Realización AJ

El método según las realizaciones AE a AL, en el que ajustar la productividad comprende ajustar el tiempo de residencia del catalizador en el sistema de reactor.

Realización AK

- 35 El método según las realizaciones AE a AJ, en el que ajustar el tamaño de partícula comprende ajustar el tiempo de residencia del catalizador en el sistema de reactor.

Realización AL

- 40 El método según las realizaciones AE a AK, en el que ajustar el tamaño de partícula comprende ajustar un primer tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor de polimerización o ajustar un segundo tiempo de residencia del catalizador en el segundo reactor de polimerización, o ajustar tanto el primer tiempo de residencia como el segundo tiempo de residencia.

Realización AM

El método según las realizaciones AE a AL, en el que descargar las partículas de polietileno desde el segundo reactor de polimerización comprende descargar de forma continua las partículas de polietileno desde el segundo reactor de polimerización.

- 45 Realización AN

El método según las realizaciones AE a AM, en el que ajustar el tamaño de partícula comprende seleccionar y alimentar un catalizador alternativo que tiene una densidad de partícula de catalizador para producir una cantidad deseada de fracturación de las partículas de borra de polietileno en el sistema de reactor.

REIVINDICACIONES

1. Un método para aumentar la eficacia de separar hidrocarburo residual de partículas de polietileno en un recipiente de purga, que incluye: polimerizar etileno en un catalizador en un sistema de reactor para formar partículas de polietileno, comprendiendo el sistema de reactor un primer reactor de polimerización y un segundo reactor de polimerización en serie; descargar las partículas de polietileno desde el segundo reactor de polimerización a un recipiente de separación para separar hidrocarburo de las partículas de polietileno; descargar las partículas de polietileno desde el recipiente de vaporización instantánea a un recipiente de purga para separar hidrocarburo residual de las partículas de polietileno; y ajustar un tamaño de partícula de las partículas de polietileno que se descargan desde el segundo reactor de polimerización para aumentar la separación de hidrocarburo residual de las partículas de polietileno en un recipiente de purga aguas abajo, en donde ajustar el tamaño de partícula comprende ajustar la productividad del catalizador en el sistema de reactor, y ajustar la productividad comprende ajustar una primera productividad del catalizador en el primer reactor de polimerización y ajustar una segunda productividad del catalizador en el segundo reactor de polimerización, o ajustar tanto la primera productividad como la segunda productividad.
2. El método según la reivindicación 1, en el que ajustar el tamaño de partícula comprende ajustar el tamaño de partícula de las partículas de polietileno fracturadas en el sistema de reactor.
3. El método según las reivindicaciones 1 o 2, en el que ajustar la productividad comprende añadir un inhibidor de la actividad al primer reactor de polimerización o al segundo reactor de polimerización, o ambos.
4. El método según las reivindicaciones 1 a 3, en el que ajustar la productividad comprende ajustar el tiempo de residencia del catalizador en el sistema de reactor.
5. El método según las reivindicaciones 1 a 4, en el que ajustar el tamaño de partícula comprende ajustar el tiempo de residencia del catalizador en el sistema de reactor.
6. El método según las reivindicaciones 1 a 5, en el que ajustar el tamaño de partícula comprende ajustar un primer tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor de polimerización o ajustar un segundo tiempo de residencia del catalizador en el segundo reactor de polimerización, o ajustar tanto el primer tiempo de residencia como el segundo tiempo de residencia.
7. El método según las reivindicaciones 1 a 6, en el que descargar las partículas de polietileno desde el segundo reactor de polimerización comprende descargar de forma continua las partículas de polietileno desde el segundo reactor de polimerización.
8. El método según las reivindicaciones 1 a 7, en el que ajustar el tamaño de partícula comprende seleccionar y alimentar un catalizador alternativo que tiene una densidad de partícula de catalizador para producir una cantidad deseada de fracturación de las partículas de borra de polietileno en el sistema de reactor.

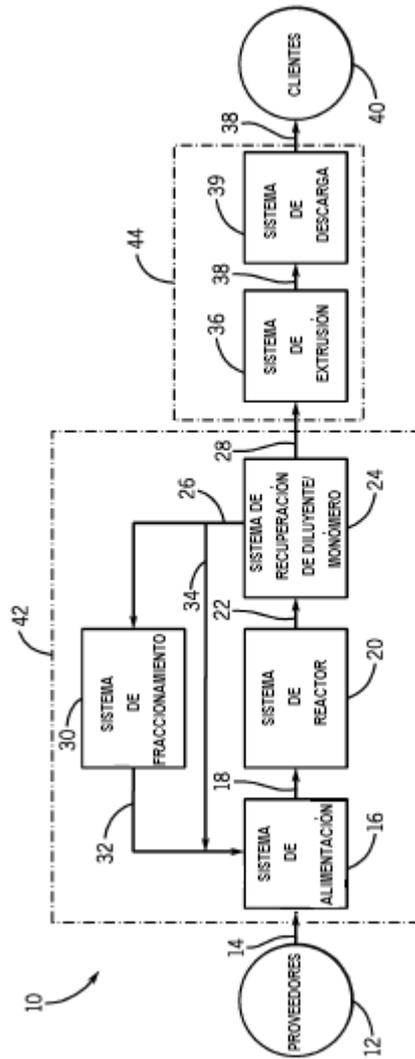


FIG. 1

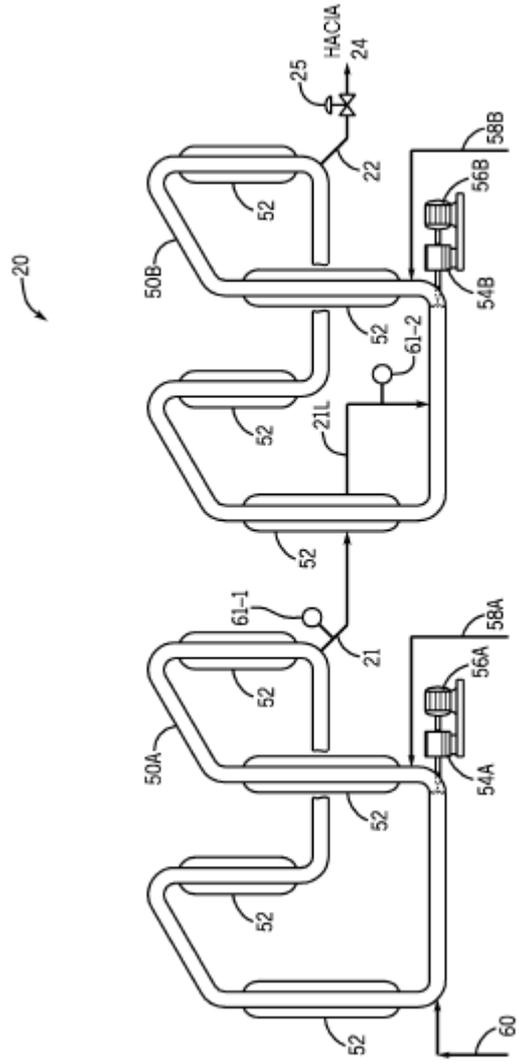


FIG. 2

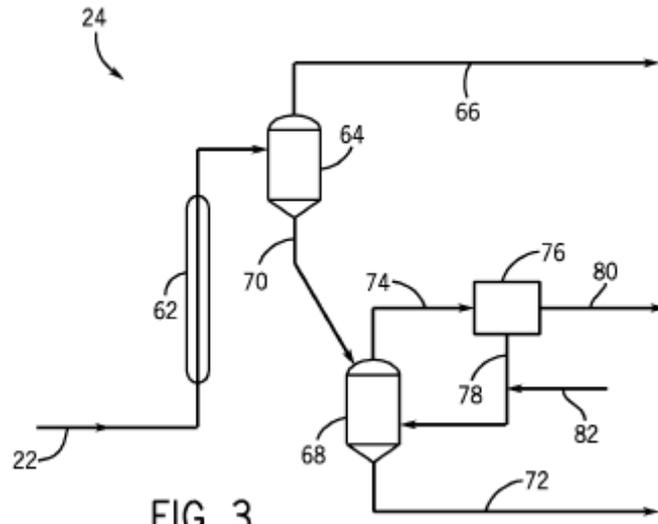


FIG. 3

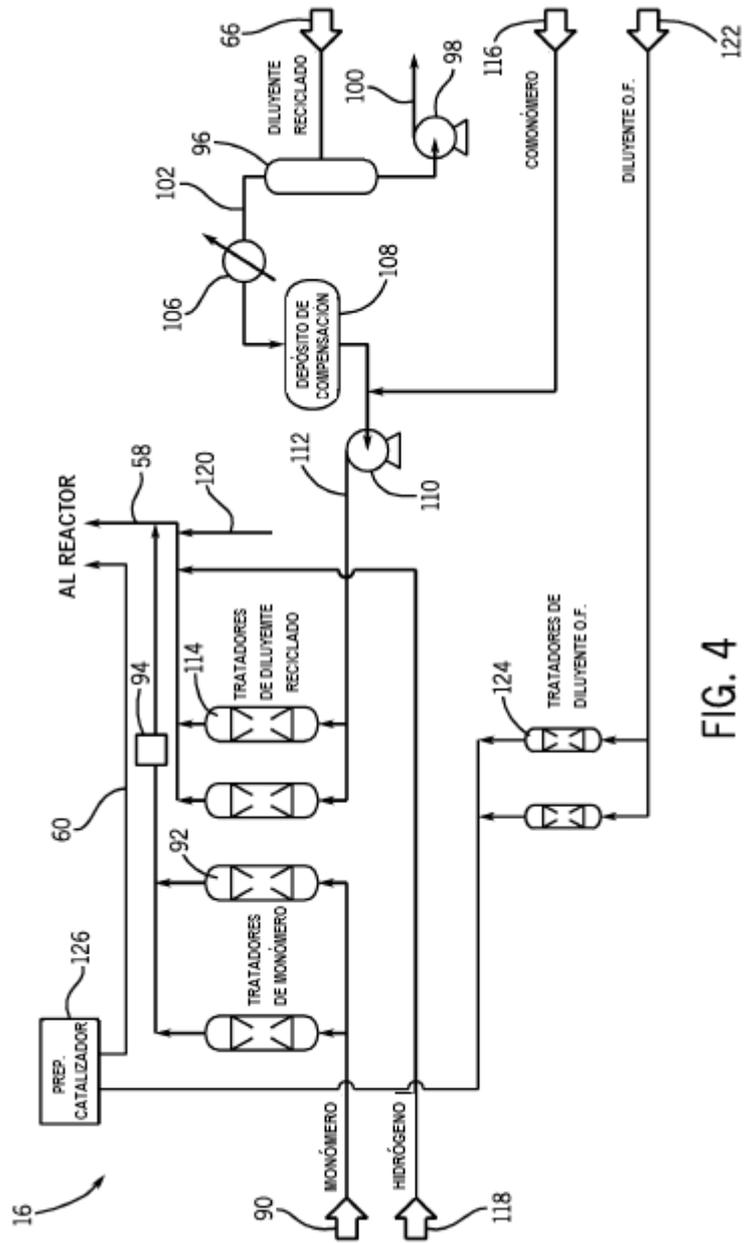


FIG. 4

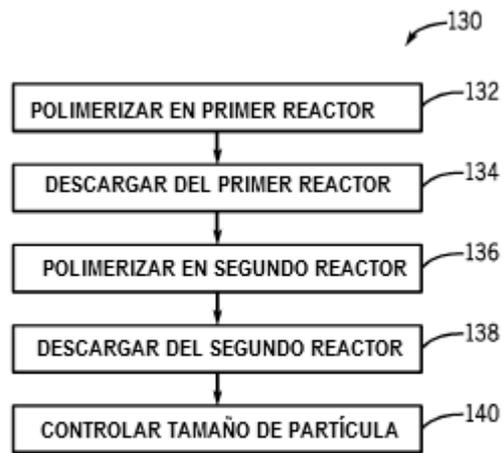


FIG. 5

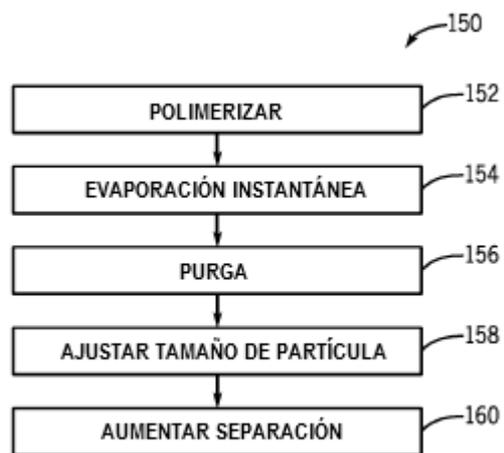


FIG. 6

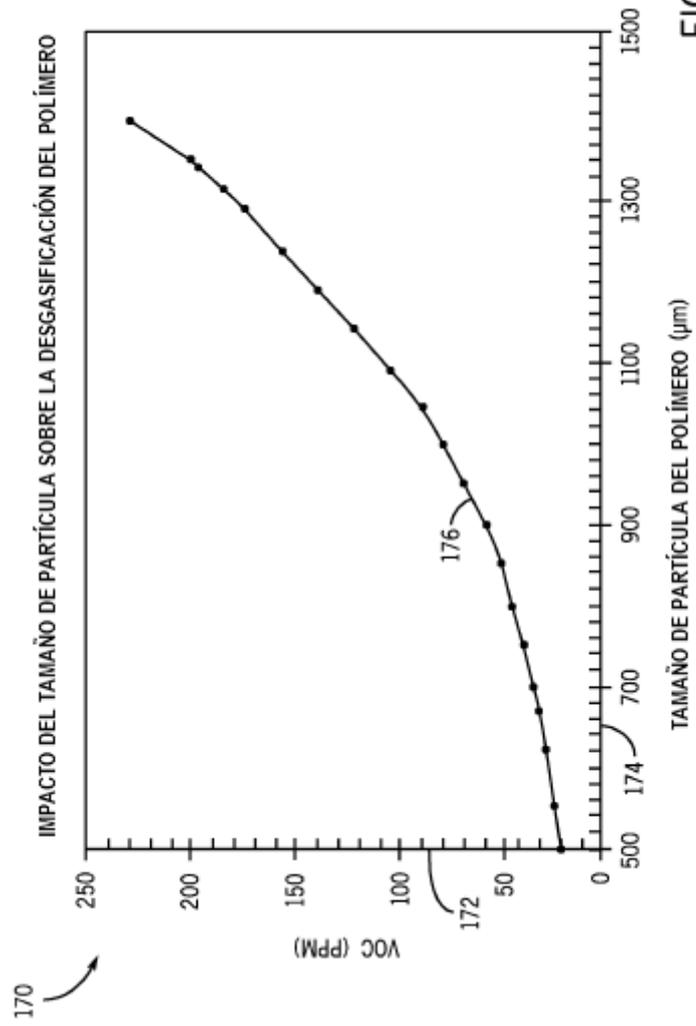


FIG. 7

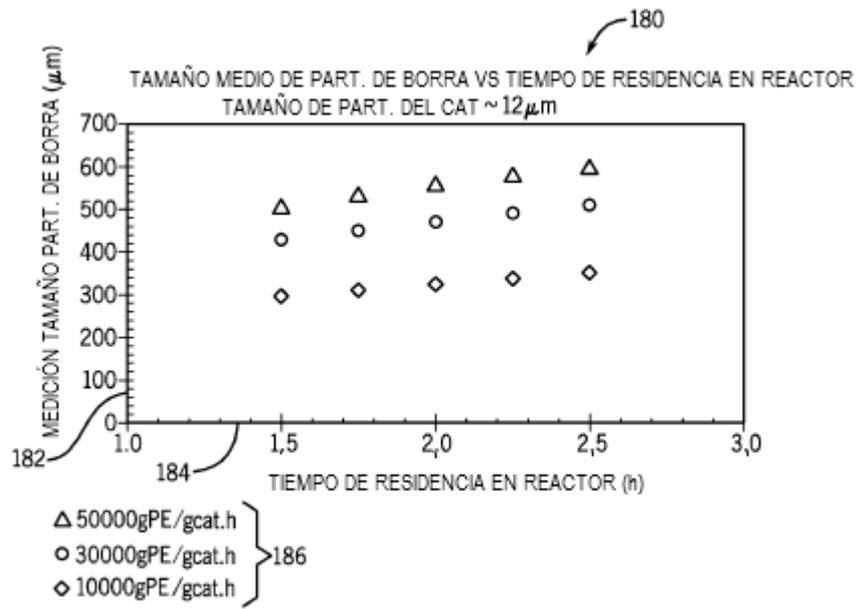


FIG. 8A

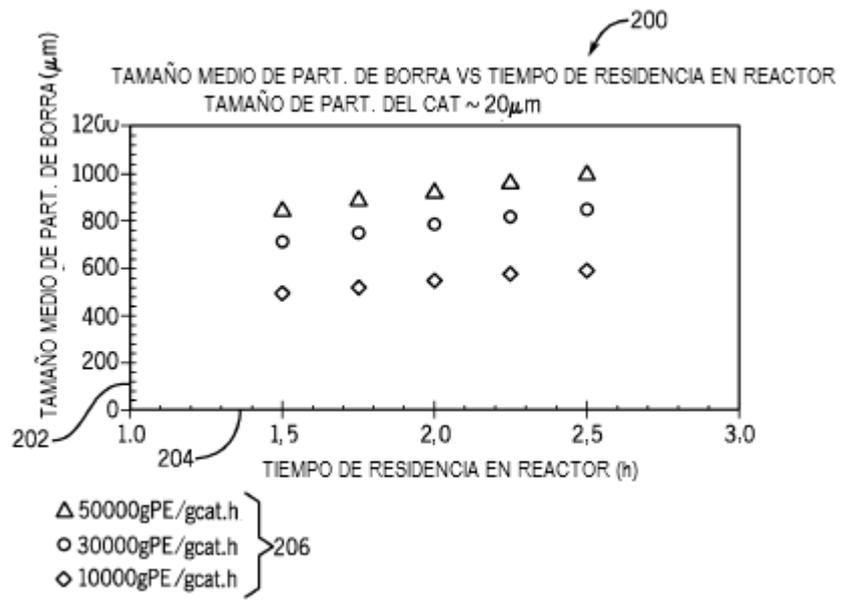


FIG. 9A

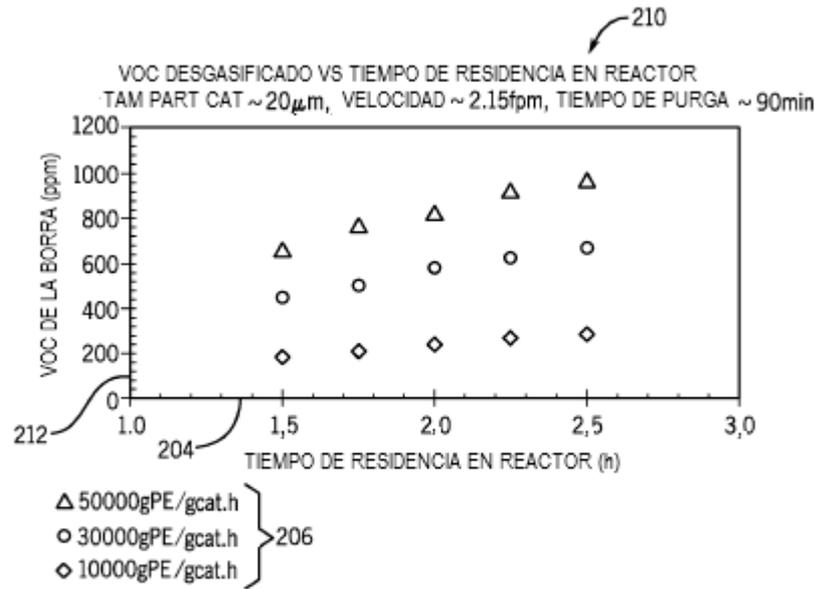


FIG. 9B

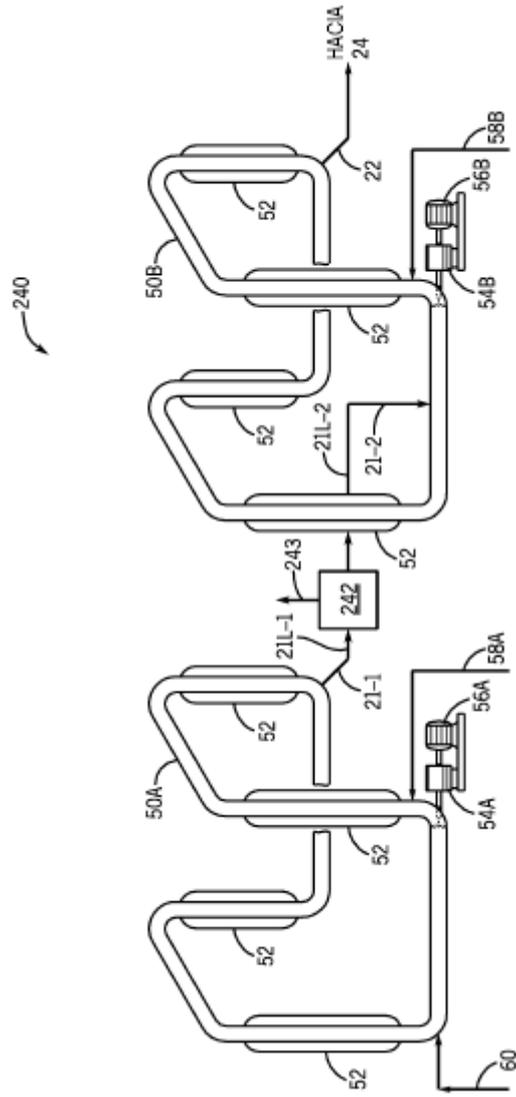


FIG. 10

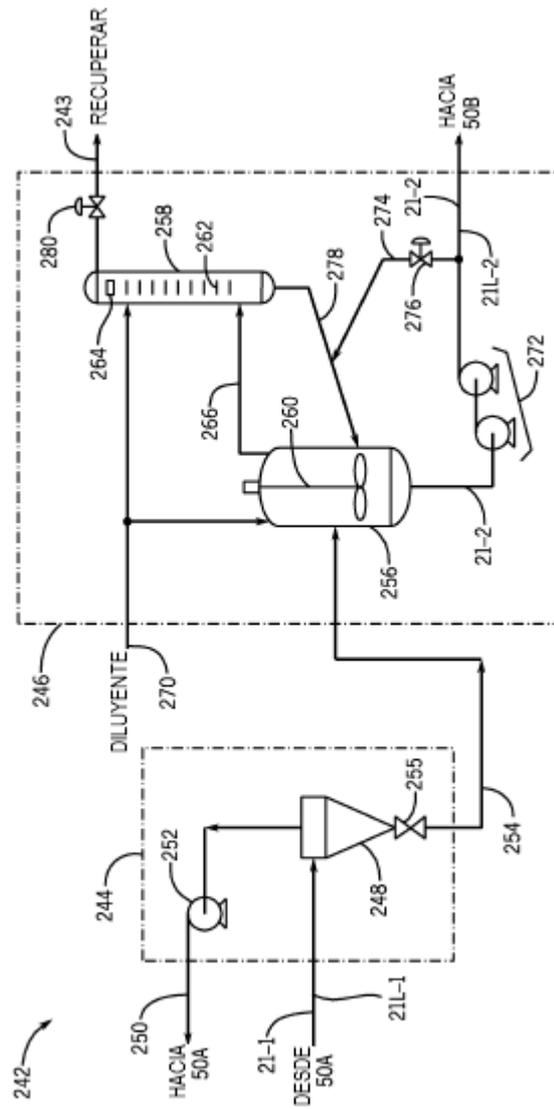


FIG. 15