(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 769 037**

(51) Int. Cl.:

C08F 10/02 (2006.01)
C08F 6/10 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2013** **E 17156900 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2019** **EP 3211012**

(54) Título: **Producción de polietileno con reactores de polimerización múltiple**

(30) Prioridad:

13.12.2012 US 201213713207

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.06.2020

(73) Titular/es:

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

(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 2 769 037 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 reactores de polimerización múltiple

Antecedentes

1. Campo de la invención

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

2. Descripción de la técnica relacionada

Esta sección pretende presentar al lector aspectos de la técnica que pueden estar relacionados con aspectos de la presente invención, que se describen y/o reivindican a continuación. Se cree que esta discusión es útil para proporcionar al lector información de antecedentes para facilitar una mejor comprensión de los diversos aspectos de la presente invención. En consecuencia, debe entenderse que estas declaraciones deben leerse a esta luz, y no como admisiones de la técnica anterior.

A medida que las tecnologías químicas y petroquímicas han avanzado, los productos de estas tecnologías se han vuelto cada vez más frecuentes en la sociedad. En particular, a medida que las técnicas para unir bloques de construcción moleculares simples en cadenas más largas (o polímeros) han avanzado, los productos de polímeros, típicamente en forma de varios plásticos, se han incorporado cada vez más en diversos artículos cotidianos. Por ejemplo, el polímero de polietileno y sus copolímeros se usan para tuberías, empaques minoristas y farmacéuticos, empaques de alimentos y bebidas, bolsas de plástico, artículos para el hogar, diversos productos industriales, etc.

El polietileno puede producirse a partir del monómero etileno. Si un único monómero etileno se usa para la polimerización, el polímero de polietileno se denomina homopolímero, mientras que la incorporación de diferentes monómeros además del etileno crea un copolímero o terpolímero de polietileno, y así sucesivamente. En la producción de polietileno, el comonómero 1-hexeno se usa comúnmente además del etileno para controlar la densidad del polietileno. Los monómeros (etileno, 1-hexeno, etc.) pueden agregarse a un reactor de polimerización, tal como un reactor de fase líquida o un reactor de fase gaseosa, donde se convierten en polímeros. En el reactor de fase líquida, puede utilizarse un hidrocarburo inerte, tales como isobutano, propano, n-pentano, i-pentano, neopentano y/o n-hexano, como diluyente para transportar el contenido del reactor. También puede añadirse al reactor un catalizador (por ejemplo, Ziegler-Natta, metaloceno, a base de cromo, etc.) para facilitar la reacción de polimerización. A diferencia de los monómeros, los catalizadores generalmente no se consumen en la reacción de polimerización.

A medida que se desarrollan cadenas poliméricas durante la polimerización, se producen partículas sólidas conocidas como "pelusa" o "escama" o "polvo". La pelusa puede poseer una o más propiedades de fusión, físicas, reológicas y/o mecánicas de interés, tales como densidad, índice de fusión (MI), contenido de comonómero, peso molecular, etc. Pueden resultar convenientes diferentes propiedades para la pelusa, en función de la aplicación en la que se empleará la pelusa de polietileno o la pelusa de polietileno posteriormente granulada. El control de las condiciones de reacción dentro del reactor, tales como la temperatura, la presión, las concentraciones químicas, la velocidad de producción del polímero, el tipo de catalizador, etc., puede afectar las propiedades de la pelusa.

En algunas circunstancias, para aumentar la capacidad de una línea de polimerización o para lograr ciertas características deseadas del polímero, las condiciones de polimerización pueden beneficiarse del empleo de más de un reactor de polimerización de polietileno, cada uno con su propio conjunto de condiciones. Las condiciones del reactor, incluida la receta de polimerización, pueden establecerse y mantenerse de modo que el producto polímero de polietileno sea monomodal, bimodal o multimodal. En el caso de polímeros bimodales o multimodales, al menos dos polímeros de polietileno, cada uno con una fracción de peso molecular diferente, por ejemplo, pueden combinarse en un producto polímero. En sentido general, un polietileno producido en cada reactor se suspenderá en un diluyente para formar una suspensión. Los reactores pueden conectarse en serie, de modo que la suspensión de un reactor puede transferirse a un reactor posterior, y así sucesivamente, hasta que se produzca un polímero de polietileno que se descargue del reactor final con el conjunto de características deseadas. Por ejemplo, un polímero bimodal puede producirse en dos reactores en serie, un polímero trimodal puede necesitar tres, y así sucesivamente.

El negocio competitivo de la producción de polietileno impulsa a los fabricantes a la mejora continua de sus procesos con el fin de reducir los costos de producción, mejorar la calidad del producto y abordar las preocupaciones ambientales, etc. En una industria en la que se producen miles de millones de libras de producto de polietileno por año, pequeñas mejoras crecientes, tales como la estabilidad y la operatividad del reactor, la recuperación de monómeros y diluyentes, y similares, pueden dar como resultado un beneficio económico significativo y un progreso ambiental, y otros.

el documento de los Estados Unidos n.° 2010/0130704 se refiere a una técnica para producir partículas de polímero de un tamaño solo un poco más grande que el tamaño de los polímeros finos.

Resumen de la invención

Un aspecto de la invención se refiere a un método para operar un sistema de reactor de polietileno, que incluye: polimerizar etileno sobre catalizador en un primer reactor de polimerización para formar partículas intermedias que tienen el catalizador y un primer polietileno; descargar las partículas intermedias del primer reactor de polimerización a un segundo reactor de polimerización; polimerizar etileno sobre el catalizador en las partículas intermedias en el segundo reactor de polimerización para formar partículas producto que tienen el catalizador, el primer polietileno y el segundo polietileno; descargar las partículas producto del segundo reactor de polimerización; y controlar un tamaño de partícula de las partículas producto mediante el ajuste de un tiempo de residencia del catalizador a través del primer reactor de polimerización y/o el segundo reactor de polimerización.

Otro aspecto de la invención se refiere a un método para operar un sistema reactor de polietileno, que incluye: polimerizar etileno sobre un catalizador en un primer reactor de polimerización para formar un primer polietileno y para formar partículas intermedias de polietileno que comprenden el catalizador y el primer polietileno; descargar las partículas intermedias de polietileno desde el primer reactor de polimerización a un segundo reactor de polimerización; polimerizar etileno sobre el catalizador en el segundo reactor de polimerización para formar un segundo polietileno y para formar partículas producto de polietileno que comprenden el catalizador, el primer polietileno y el segundo polietileno; descargar las partículas producto de polietileno desde el segundo reactor de polimerización; y controlar un tamaño de partícula de las partículas producto de polietileno mediante el ajuste de la actividad del catalizador en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización.

Otro aspecto más de la invención se refiere a un método para aumentar la eficacia de la separación de hidrocarburos residuales a partir de partículas de polietileno en un recipiente de purga, que incluye: polimerizar etileno sobre un catalizador en un sistema reactor para formar partículas de polietileno, el sistema reactor comprende un primer reactor de polimerización y un segundo reactor de polimerización en serie; descargar las partículas de polietileno del segundo reactor de polimerización en un recipiente de separación para separar el hidrocarburo de las partículas de polietileno; descargar las partículas de polietileno del recipiente de vaporización 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 del segundo reactor de polimerización para aumentar la separación del hidrocarburo residual de las partículas de polietileno en un recipiente de purga aguas abajo.

Breve descripción de los dibujos

Las ventajas de la invención pueden ser evidentes al leer la siguiente descripción detallada y al hacer referencia a los dibujos en los cuales:

La Figura 1 es un diagrama de flujo de bloques que representa un sistema de producción de polietileno ilustrativo para producir polietileno de acuerdo con modalidades de estas técnicas;

La Figura 2 es un diagrama de flujo del proceso de un sistema de reactor ilustrativo del sistema de producción de polietileno de la Figura 1 de acuerdo con modalidades de estas técnicas;

La Figura 3 es un diagrama de flujo del proceso de un sistema ilustrativo de recuperación de monómero/diluyente del sistema de producción de polietileno de la Figura 1 de acuerdo con modalidades de estas técnicas;

La Figura 4 es un diagrama de flujo del proceso de un sistema de alimentación de reactor ilustrativo del sistema de producción de polietileno de la Figura 1 de acuerdo con modalidades de estas técnicas;

La Figura 5 es un diagrama de flujo de bloques de un método para operar un sistema reactor en un sistema de producción de poliolefina de acuerdo con modalidades de estas técnicas;

La Figura 6 es un diagrama de flujo de bloques de un método para operar un sistema de producción de poliolefina que incluye aumentar la eficiencia de separación de VOC de acuerdo con modalidades de estas técnicas;

La Figura 7 es un gráfico ilustrativo de resultados modelo de carbono orgánico volátil (VOC) en una corriente de pelusa de poliolefina descargada desde una columna de purga;

La Figura 8A es un gráfico del tamaño medio de partículas de pelusa frente al tiempo de residencia del catalizador en tres actividades diferentes para el catalizador que tiene un primer tamaño de partícula;

La Figura 8B es un gráfico de VOC de la pelusa que sale de la columna de purga frente al tiempo de residencia del catalizador en tres actividades para el catalizador de la Figura 9A;

La Figura 9A es un gráfico del tamaño medio de partículas de pelusa frente al tiempo total 4 de residencia en tres actividades diferentes para el catalizador que tiene un segundo tamaño de partículas;

La Figura 9B es un gráfico de VOC de la pelusa que sale de la columna de purga frente al tiempo de residencia del catalizador en tres actividades para el catalizador de la Figura 9A;

La Figura 10 es un diagrama de flujo del proceso de un sistema de reactor alternativo ilustrativo de un sistema de producción de polietileno de acuerdo con modalidades de estas técnicas; y

La Figura 11 es un diagrama de flujo del proceso de un sistema ilustrativo de transferencia de suspensión del sistema de reactor alternativo de la Figura 10.

Descripción detallada de modalidades específicas

A continuación, se describirán una o más modalidades específicas de la presente invención. En un esfuerzo por proporcionar una descripción concisa de estas modalidades, no se describen todas las características de una implementación real en la especificación. Debe apreciarse que, en el desarrollo de cualquier implementación real, como en cualquier proyecto de ingeniería o diseño, se deben tomar numerosas decisiones específicas de implementación para lograr los objetivos específicos de los desarrolladores, como el cumplimiento de las restricciones relacionadas con el sistema y el negocio, que pueden variar de una implementación a otra. Además, debe apreciarse que tal esfuerzo de desarrollo podría ser complejo y requerir mucho tiempo, pero sin embargo sería una tarea rutinaria de diseño, fabricación y elaboración para los expertos en la materia que tienen el beneficio de esta descripción.

Las modalidades de estas técnicas se refieren a controlar o ajustar el tamaño de partícula, por ejemplo, tamaño medio de partícula (promedio), mediana del tamaño de partícula (en el medio), distribución del tamaño de partícula, y así sucesivamente, de pelusa de polietileno formada en el reactor de polimerización. Tal control y ajuste del tamaño de partícula puede mejorar la estabilidad y la operatividad del reactor, así como también aumentar beneficiosamente la separación de hidrocarburos residuales o compuestos orgánicos volátiles (COV) de la pelusa de polietileno en el procesamiento aguas abajo. De hecho, estas técnicas reconocen que el tamaño de partícula de la pelusa influye en la circulación en los reactores, la transferencia de la suspensión entre los reactores y la eficiencia de la desgasificación aguas abajo, y similares.

Con respecto a la circulación y la operatividad mejoradas del reactor, el control o la optimización del tamaño de partícula de la pelusa puede mejorar beneficiosamente el flujo de la suspensión y la hidráulica, por ejemplo, al impactar la naturaleza de los sólidos de la pelusa, la viscosidad aparente de la suspensión de la pelusa, la velocidad de sedimentación o de saltación de la suspensión de la pelusa, y así sucesivamente. Por ejemplo, aumentar el tamaño de partícula generalmente puede disminuir el área de superficie sólida total y, así, de esa manera, puede disminuir la viscosidad aparente de la suspensión, lo que requiere beneficiosamente menos cabezal de la bomba de bucle para hacer circular la suspensión, lo cual puede mejorar la estabilidad del reactor. Pueden tenerse en cuenta otros ejemplos y razones para una operación mejorada del reactor relacionada con la media o la mediana del tamaño de partícula, la distribución del tamaño de partícula, etc. En general, el control del tamaño de partícula de la pelusa puede proporcionar un reactor más estable y una operación de transferencia más estable, lo que resulta en menos tiempo de inactividad del reactor, menos producción fuera de especificaciones, mayor calidad de polietileno, menores tiempos de transición del reactor entre grados de polietileno, etc.

En cuanto a controlar o ajustar el tamaño de partícula para aumentar la separación del hidrocarburo residual de la pelusa de polietileno, la separación aumentada puede proporcionar beneficiosamente menos remanente de hidrocarburos con la pelusa de polietileno al área de extrusión de la instalación de fabricación. En ciertos casos, la disminución del tamaño de partícula de la pelusa puede aumentar la eficiencia de la separación o la cantidad de hidrocarburo residual separado de la pelusa. Además, si la distribución de partículas es estrecha o amplia, la separación puede mejorar. En total, con una mayor separación resultante del control del tamaño de partícula, puede recuperarse más diluyente y mejorar el cumplimiento ambiental, y así sucesivamente.

En resumen, puede ser beneficioso regular el tamaño de partícula de las partículas de pelusa de polietileno que se producen en los reactores de polimerización. La selección del punto óptimo o establecido para el tamaño de partícula de pelusa (por ejemplo, la media o la mediana del tamaño de partícula y la amplitud de la distribución del tamaño de partícula) puede verse afectada por las condiciones del reactor, incluidas las condiciones de funcionamiento y la receta, el tipo de producto de polietileno, etc.

El tamaño de partícula del polímero puede estar correlacionado con el tiempo de residencia en el reactor, la actividad del catalizador, el diámetro del catalizador, la tendencia a la fractura del catalizador, la densidad de partículas del catalizador, etc. Estas técnicas pueden controlar o alterar el tamaño de partícula de la pelusa de polietileno mediante el ajuste del tiempo de residencia del catalizador y/o mediante el ajuste de la actividad del catalizador en los reactores de polimerización. Además, la selección del catalizador puede dirigirse a regular el tamaño de partícula de la pelusa de polietileno. Como se discute a continuación, pueden implementarse una variedad de técnicas para controlar o ajustar el tamaño de partícula de la pelusa de polietileno.

I. Producción de polietileno

Si se vuelve a los dibujos, y se hace referencia inicialmente a la Figura 1, se ve un diagrama de bloques que representa un sistema de producción ilustrativo 10 para producir polietileno de poliolefina. El sistema de producción ilustrativo 10 es típicamente una operación continua, pero puede incluir tanto sistemas continuos como por lotes. Una capacidad nominal ilustrativa para el sistema de producción ilustrativo 10 es de aproximadamente 700-1400 millones de libras de polietileno producidas por año. Las tasas de diseño ilustrativo por hora son de aproximadamente 70 000 a 150 000 libras de polietileno polimerizado/extruido por hora. Sin embargo, debe enfatizarse que estas técnicas se aplican a los procesos de fabricación de poliolefinas, incluidos los sistemas de producción de polietileno que tienen capacidades nominales y tasas de diseño fuera de estos rangos ilustrativos.

Varios proveedores 12 pueden proporcionar materias primas del reactor 14 al sistema de producción 10 a través de tuberías, barcos, camiones, cilindros, tambores, etc. Los proveedores 12 pueden incluir instalaciones fuera del sitio y/o en el sitio, incluidas plantas de olefina, refinerías, plantas catalizadoras y similares. Los 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 (tales como el hidrógeno), catalizadores (tales como los catalizadores 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), trietilaluminio (TEAl), boratos, TiBAL, etc., y activadores tales como ácidos súper sólidos y otros aditivos. En el caso del monómero de etileno, puede suministrarse una materia prima de etileno ilustrativa a través de una tubería a aproximadamente 800-1450 libras por pulgada cuadrada de calibre (psig) a 45-65 °F. La materia prima ilustrativa de hidrógeno también puede suministrarse a través de una tubería, pero aproximadamente a 900-1000 psig a 90-110 °F. Por supuesto, puede existir una variedad de condiciones de suministro para etileno, hidrógeno y otras materias primas 14.

Los proveedores 12 normalmente proporcionan las materias primas 14 a un sistema de alimentación del reactor 16, donde las materias primas 14 pueden almacenarse en tanques de almacenamiento y alimentación de monómeros, recipientes de diluyente, tanques de catalizador, cilindros y tanques de cocatalizador, etc. En el caso de alimentación de monómero de etileno, el etileno puede alimentarse a los reactores de polimerización sin almacenamiento intermedio en el sistema de alimentación 16 en ciertas modalidades. En el sistema 16, las materias primas 14 pueden tratarse o procesarse antes de su introducción como alimentación 18 en los reactores de polimerización. Por ejemplo, las materias primas 14, tales como monómeros, comonómeros y diluyentes, pueden enviarse a través de lechos de tratamiento (por ejemplo, lechos de tamices moleculares, empaquetaduras de aluminio, etc.) para eliminar los venenos del catalizador. Tales venenos catalíticos pueden incluir, por ejemplo, agua, oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y compuestos orgánicos que contienen azufre, oxígeno o halógenos. Los monómeros y comonómeros de olefina pueden ser líquidos, gaseosos o un fluido supercrítico, dependiendo del tipo de reactor que se alimenta. Además, debe tenerse en cuenta que normalmente solo se utiliza una cantidad relativamente pequeña de diluyente de fabricación nuevo como materia prima 14, y la mayoría del diluyente que se alimenta al reactor de polimerización se recupera del efluente del reactor.

El sistema de alimentación 16 puede preparar o acondicionar otras materias primas 14, tales como catalizadores, para añadir a los reactores de polimerización. Por ejemplo, puede prepararse un catalizador y luego mezclarlo con diluyente (por ejemplo, isobutano o hexano) o aceite mineral en tanques de preparación de catalizador. Además, el sistema de alimentación 16 normalmente proporciona la medición y el 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 lograr las propiedades de poliolefina o la velocidad de producción deseadas. Además, en funcionamiento, el sistema de alimentación 16 también puede almacenar, tratar y medir el efluente del reactor recuperado para reciclarlo al reactor. De hecho, las operaciones en el sistema de alimentación 16 generalmente reciben tanto la materia prima 14 como las corrientes efluentes del reactor que se recuperan. En total, las materias primas 14 y el efluente del reactor recuperado se procesan en el sistema de alimentación 16 y se alimentan como corrientes de alimentación 18 (por ejemplo, corrientes de monómero etileno, comonómero, diluyente, catalizadores, cocatalizadores, hidrógeno, aditivos o combinaciones de estos) para el sistema del reactor 20. Como se discute a continuación, las corrientes 18 pueden suministrarse en conductos de alimentación al reactor que se conectan a la pared del reactor de polimerización en el sistema del reactor 20.

El sistema del reactor 20 puede comprender uno o más recipientes del reactor, tales como reactores de fase líquida o de fase gaseosa. Si se emplean múltiples reactores, los reactores pueden disponerse en serie, en paralelo o en otras combinaciones o configuraciones. En los recipientes del reactor de polimerización, se polimerizan uno o más monómeros de olefina (por ejemplo, etileno) y opcionalmente comonómeros (por ejemplo, 1-hexeno) para formar particulados del polímero producto, normalmente llamados pelusas o gránulos. La pelusa puede poseer una o más propiedades de fusión, físicas, reológicas y/o mecánicas de interés, tales como densidad, índice de fusión (MI), peso molecular, contenido de copolímero o comonómero, módulo y similares. Las condiciones de reacción, tales como temperatura, presión, velocidad de flujo, agitación mecánica, despegue del producto, concentraciones de componentes, tipo de catalizador, velocidad de producción de polímeros, etc., pueden seleccionarse para lograr las propiedades de pelusa deseadas.

Además del uno o más monómeros de olefina, normalmente se agrega al reactor un catalizador que facilita la polimerización del monómero de etileno. El catalizador puede ser una partícula suspendida en el medio fluido dentro del reactor. En general, pueden usarse catalizadores de Ziegler, catalizadores de Ziegler-Natta, metalocenos y otros

catalizadores de poliolefina bien conocidos, así como cocatalizadores. Un ejemplo de un catalizador particular es un catalizador de óxido de cromo que contiene cromo hexavalente sobre un soporte de sílice. Típicamente, un diluyente libre de olefina o aceite mineral, por ejemplo, se usa en la preparación y/o suministro del catalizador en un conducto de alimentación que se conecta a la pared del reactor de polimerización. Además, el diluyente puede alimentar al reactor, típicamente un reactor de fase líquida. El diluyente puede ser un hidrocarburo inerte que es líquido en condiciones de reacción, como isobutano, propano, n-butano, n-pentano, i-pentano, neopentano, n-hexano, ciclohexano, ciclopentano, metilciclopentano, etilciclohexano y similares. El propósito del diluyente es generalmente suspender las partículas de catalizador y de polímero dentro del reactor. El diluyente, como se indica, también puede usarse para el lavado del reactor o de la línea para mitigar el taponamiento o la suciedad, para facilitar el flujo de la suspensión de polímero en las líneas, etc.

Puede estar presente un dispositivo motriz dentro de cada uno de los reactores en el sistema reactor 20. Por ejemplo, dentro de un reactor de fase líquida, como un reactor de suspensión en bucle, un impulsor puede crear una zona de mezcla dentro del medio fluido. El impulsor puede ser accionado por un motor para impulsar el medio fluido, así como cualquier catalizador, pelusa de poliolefina, u otro sólido particulado suspendido dentro del medio fluido, a través del circuito cerrado del reactor. De manera similar, dentro de un reactor de fase gaseosa, tal como un reactor de lecho fluidizado o un reactor de flujo de pistón, pueden usarse una o más paletas o agitadores para mezclar las partículas sólidas dentro del reactor.

La descarga de la suspensión de producto de pelusa de polietileno 22 de los reactores del sistema 20 puede incluir la pelusa de polietileno polimérico, así como componentes no poliméricos, tales como diluyente, monómero/comonómero sin reaccionar y catalizador residual. En la construcción de los reactores en ciertas modalidades, puede instalarse una boquilla de descarga y un conducto (por ejemplo, soldado) en un grifo o agujero cortado en la pared del reactor. La descarga de la suspensión de producto de pelusa 22 que sale del reactor (por ejemplo, el reactor final en una serie de reactores) a través de la boquilla de descarga puede procesarse posteriormente, tal como mediante un sistema de recuperación de diluyente/monómero 24.

El sistema de recuperación de diluyente/monómero 24 puede procesar la suspensión del producto de pelusa 22 del sistema de reactor 20 para separar los componentes no poliméricos 26 (por ejemplo, diluyente y monómero sin reaccionar) de la pelusa polimérica 28. El diluyente/monómero puede vaporizarse rápidamente en el sistema de recuperación 24 para separar el diluyente/monómero de la pelusa 28.

Un sistema de fraccionamiento 30 puede procesar los componentes no poliméricos recuperados no tratados 26 (por ejemplo, diluyente/monómero) para eliminar componentes pesados y ligeros no deseados y para producir diluyente libre de olefinas, por ejemplo. Las corrientes de producto fraccionado 32 pueden volver luego al sistema reactor 20 ya sea directamente (no se muestra) o mediante el sistema de alimentación 16. Tal diluyente libre de olefinas puede emplearse en la preparación/suministro de catalizador en el sistema de alimentación 16 y como reactores o líneas de lavado en el sistema reactor 20.

Una parte o la totalidad de los componentes no poliméricos 26 pueden pasar por alto el sistema de fraccionamiento 30 y reciclarse más directamente al sistema del reactor (no mostrado) o al sistema de alimentación 16, como se indica por el número de referencia 34. En ciertas modalidades, hasta el 80-95 % del diluyente que se descarga del sistema reactor 20 pasa por alto el sistema de fraccionamiento 30 en ruta hacia el sistema de alimentación de polimerización 16 (y finalmente el sistema reactor 20). Además, aunque no se ilustra, los gránulos de polímero intermedios en el sistema de recuperación 24 y que típicamente contienen catalizador residual activo pueden devolverse al sistema de reactor 20 para una polimerización adicional, tal como en un tipo diferente de reactor o en diferentes condiciones de reacción.

La pelusa de polietileno 28 que se descarga del sistema de recuperación de diluyente/monómero 24 puede extruirse en gránulos de polietileno 38 en un sistema de extrusión 36. En el sistema de extrusión 36, la pelusa 28 se extruye típicamente para producir gránulos de polímero 38 con las características mecánicas, físicas y de fusión deseadas. La alimentación del extrusor puede incluir aditivos, tales como inhibidores UV, antioxidantes y peróxidos, que se añaden a los productos de pelusa 28 para impartir las características deseadas a los gránulos 32 de polímero extruido. Un extrusor/granulador recibe la alimentación del extrusor, que incluye uno o más productos de pelusa 28 y los aditivos que se hayan añadido. El extrusor/granulador calienta y funde la alimentación del extrusor que luego puede extruirse (por ejemplo, mediante un extrusor de doble tornillo) a través de un troquel granulador bajo presión para formar gránulos de poliolefina. Dichos gránulos típicamente se enfrían en un sistema de agua dispuesto en o cerca de la descarga del granulador.

Un sistema de carga 39 puede preparar los gránulos 38 para su envío a los clientes 40. Generalmente, los gránulos de poliolefina 38 pueden transportarse desde el sistema de extrusión 36 hasta un área 39 de descarga del producto donde los gránulos 38 pueden almacenarse, mezclarse con otros gránulos, y/o cargarse en vagones, camiones, bolsas, etc. para distribución a los clientes 40. Los gránulos de polietileno 38 que se envían 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, etc.

Las porciones de polimerización y recuperación de diluyente del sistema de producción de polietileno 10 pueden denominarse el extremo "húmedo" 42 o, alternativamente, el lado de "reacción" del proceso 10. Los sistemas de extrusión

38 y de carga 39 del sistema de producción de polietileno 10 pueden llamarse el extremo "seco" 44 o, alternativamente, el lado de "acabado" del proceso de poliolefina 10.

Los gránulos de poliolefina 38 (por ejemplo, polietileno) pueden usarse en la fabricación de una variedad de productos, componentes, artículos para el hogar y otros artículos, incluidos adhesivos (por ejemplo, aplicaciones de adhesivo termofusible), alambres y cables eléctricos, películas agrícolas, películas retráctiles, película estirable, películas de envasado de alimentos, envases flexibles de alimentos, contenedores de leche, envases de alimentos congelados, bolsas de basura y latas, bolsas de supermercado, sacos de alta resistencia, botellas de plástico, equipos de seguridad, revestimientos, juguetes y una variedad de contenedores y productos plásticos. Para formar productos finales o componentes a partir de los gránulos 38 antes de la distribución, los gránulos generalmente se someten a procesamientos, tales como moldeo por soplado, moldeo por inyección, moldeo por rotación, película soplada, película moldeada, extrusión (por ejemplo, extrusión de láminas, extrusión de tubos y corrugados, extrusión de recubrimiento/laminación, etc.) y así sucesivamente. Por último, los productos y componentes que se forman a partir de gránulos de poliolefina 38 (por ejemplo, polietileno) pueden, además, procesarse y ensamblarse para su distribución y venta al consumidor. Por ejemplo, la tubería o película de polietileno extruido puede empaquetarse para su distribución al consumidor, o un tanque de combustible compuesto por polietileno puede ensamblarse en un automóvil para su distribución y venta al consumidor, y así sucesivamente.

Las variables de proceso en el sistema de producción de polietileno 10 pueden controlarse automática y/o manualmente a través de configuraciones de válvulas, sistemas de control, etc. Generalmente, un sistema de control, tal como un sistema basado en un procesador, puede facilitar la gestión de una gama de operaciones en el sistema de producción de polietileno 10, tales como las representadas en la Figura 1. Las instalaciones de fabricación de poliolefinas pueden incluir una sala o locación central de control, así como también un sistema de control central, como un sistema de control distribuido (DCS) y/o un controlador lógico programable (PLC). Por supuesto, el sistema 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 pueden controlarse, además, por el DCS. En el extremo seco de la planta, las operaciones de extrusión y/o carga de gránulos pueden controlarse, además, a través de un sistema basado en un procesador (por ejemplo, DCS o PLC).

El DCS y los sistemas de control asociados en el sistema de producción de polietileno 10 pueden incluir el hardware, la lógica y el código de software apropiados, para interactuar con los diversos equipos del proceso, válvulas de control, conductos, instrumentación, etc., para facilitar la medición y el control de las variables del proceso, implementar esquemas de control, realizar cálculos, etc. Para medir las variables del proceso puede proporcionarse una variedad de instrumentos conocidos por los expertos en la técnica, tales como presión, temperatura, velocidad de flujo, etc., y para transmitir una señal al sistema de control, donde un operador puede leer los datos medidos y/o utilizarlos como entrada en varias funciones de control. En función de la aplicación y de otros factores, un operador puede leer la indicación de las variables del proceso de forma local o remota, y utilizarla para varios propósitos de control a través del sistema de control.

Una instalación de fabricación de poliolefinas típicamente tiene una sala de control desde la cual el gerente, ingeniero, técnico, supervisor y/o un operador de la planta, etc. monitorea y controla el proceso. Cuando se usa un DCS, la sala de control puede ser el centro de la actividad, lo que facilita el monitoreo y el control efectivos del proceso o de la instalación. La sala de control y DCS puede contener una interfaz hombre-máquina (HMI), que es una computadora, por ejemplo, que ejecuta el software especializado para proporcionar una interfaz de usuario para el sistema de control. La HMI puede variar según el proveedor y presentar al usuario una versión gráfica del proceso remoto. Puede haber múltiples consolas HMI o estaciones de trabajo, con diferentes grados de acceso a los datos.

II. Sistema Reactor de Polimerización

Como se discutió anteriormente, el sistema reactor 20 puede incluir uno o más reactores de polimerización, que a su vez pueden ser del mismo tipo o diferentes. Además, con múltiples reactores, los reactores pueden disponerse en serie o en paralelo. Independientemente de los tipos de reactores en el sistema reactor 20, se produce un producto particulado de poliolefina, denominado genéricamente "pelusa" en la presente descripción. Para facilitar la explicación, los siguientes ejemplos se limitan a los tipos específicos de reactores y sus combinaciones que se cree que los expertos en la técnica conocen. Sin embargo, para un experto en la técnica que use esta descripción, estas técnicas son aplicables a disposiciones más complejas de reactores, tales como aquellas que involucran reactores adicionales, diferentes tipos de reactores y/o pedidos alternativos de reactores o tipos de reactores, así como también varios sistemas y equipos de recuperación de diluyentes y monómeros dispuestos entre o en medio de los reactores, etc.. Tales disposiciones se consideran dentro del alcance de la presente invención.

Un tipo de reactor incluye reactores dentro de los cuales ocurre la polimerización dentro de una fase líquida. Los ejemplos de dichos reactores de fase líquida incluyen autoclaves, reactores de piscina para líquidos en ebullición, reactores de suspensión en bucle (verticales u horizontales), etc. Para simplificar, en el presente contexto se discute un reactor de suspensión en bucle que produce poliolefina, tal como el polietileno, aunque debe entenderse que estas técnicas pueden aplicarse de manera similar a otros tipos de reactores de fase líquida.

La Figura 2 representa un sistema de reactor de polimerización ilustrativo 20 (de la Figura 1) que tiene dos reactores de suspensión en bucle (polimerización) 50A, 50B dispuestos y operados en serie. Por supuesto, pueden colocarse reactores de bucle adicionales u otros reactores (por ejemplo, reactores de fase gaseosa) en serie o en paralelo en la combinación ilustrada. Además, en modalidades alternativas, el equipo de procesamiento puede disponerse entre los dos reactores de bucle 50A, 50B (ver la Figura 10 y la Figura 11, por ejemplo). Además, la configuración operativa de los dos reactores de bucle 50 representados puede cambiarse a una operación paralela. De hecho, estas técnicas contemplan una variedad de configuraciones de sistemas de reactores tales como las descritas en la Solicitud de Patente de Estados Unidos n.° 2011/0288247.

El reactor de suspensión en bucle 50A, 50B generalmente está compuesto por segmentos de tubería conectados por dobleces suaves o codos. La representación de los reactores de bucle 50A, 50B en la Figura 2 está simplificada, como apreciará el experto en la técnica. De hecho, la configuración de un reactor ilustrativo 50A, 50B puede incluir de ocho a dieciséis u otro número de patas de tubería vertical con camisa, de aproximadamente 24 pulgadas de diámetro y aproximadamente 200 pies de longitud, conectadas por codos de tubería en la parte superior e inferior de las patas. La Figura 2 muestra un reactor de segmento de cuatro patas, dispuesto verticalmente. También se podría disponer horizontalmente. Las camisas del reactor 52 se proporcionan normalmente para eliminar el calor de la polimerización exotérmica mediante la circulación de un medio refrigerante, tal como agua tratada, a través de las camisas del reactor 52.

Los reactores 50A, 50B pueden usarse para llevar a cabo la polimerización de poliolefina (por ejemplo, polietileno) en condiciones de suspensión en las cuales se forman partículas insolubles de poliolefina (por ejemplo, polietileno) en un medio fluido y se suspenden como suspensión hasta que se eliminan. Un respectivo dispositivo motriz, tal como la bomba 54A, 54B, hace circular la suspensión fluida en cada reactor 50A, 50B. Un ejemplo de una bomba 54A, 54B es una bomba de flujo axial en línea con el impulsor de la bomba dispuesto dentro del interior del reactor 50A, 50B para crear una zona de mezcla turbulenta dentro del medio fluido. El impulsor puede, además, ayudar a impulsar el medio fluido a través del circuito cerrado del reactor a una velocidad suficiente para mantener los particulados sólidos , tales como el catalizador o el producto de poliolefina, suspendidos dentro del medio fluido. El impulsor puede ser accionado por un motor 56A, 56B u otra fuerza motriz.

El medio fluido dentro de cada reactor 50 puede incluir monómeros y comonómeros de olefina, diluyentes, cocatalizadores (por ejemplo, alquilos, trietilboro, TiBAL, TEAl, metil aluminoxano o MAO, boratos, TEB, etc.), agentes de control de peso molecular (por ejemplo, hidrógeno), y cualquier otro correactivo o aditivo deseado. Dichos monómeros y comonómeros de olefina son generalmente 1-olefinas que tienen hasta 10 átomos de carbono por molécula y típicamente no se ramifican 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 condiciones de reacción, e incluyen, por ejemplo, isobutano, propano, n-butano, n-pentano, i-pentano, neopentano, n-hexano, ciclohexano, ciclopentano, metilciclopentano, etilciclohexano, y similares. Estos componentes se añaden al interior del reactor a través de entradas o conductos en ubicaciones específicas, tales como las que se representan en las corrientes de alimentación 58A, 58B, que generalmente corresponde a una de las corrientes de alimentación 18 de la Figura 1.

Del mismo modo, puede añadirse un catalizador, tales como los discutidos previamente, al reactor 50A a través de un conducto en una ubicación adecuada, tal como se representa en la corriente de alimentación 60, que puede incluir un portador diluyente y que generalmente corresponde, además, a una de las corrientes de alimentación 18 de la Figura 1. De nuevo, los conductos que alimentan los diversos componentes se conectan (es decir, brida o soldadura) al reactor 50. En la modalidad ilustrada, la alimentación de catalizador 60 se agrega al primer reactor 50A en serie, pero no al segundo reactor 50B. Sin embargo, el catalizador activo puede descargarse en una suspensión de pelusa 21 del primer reactor 50A al segundo reactor 50B. Además, aunque no se representa, en ciertas modalidades puede añadirse un catalizador nuevo 60 al segundo reactor 50B. En total, los componentes añadidos, que incluyen el catalizador y otros componentes de alimentación, generalmente componen un medio fluido dentro del reactor 50A, 50B en el cual el catalizador es una partícula suspendida.

Las condiciones de reacción, tales como temperatura, presión y concentraciones de reactivo, en cada reactor 50 se regulan para facilitar las propiedades deseadas y la velocidad de producción de la poliolefina en el reactor, para controlar la estabilidad del reactor y similares. La temperatura normalmente se mantiene por debajo de ese nivel en el cual el producto polimérico se disolvería, se hincharía, se ablandaría o se volvería pegajoso. Como se indica, debido a la naturaleza exotérmica de la reacción de polimerización, puede hacerse circular un fluido refrigerante a través de las camisas 52 alrededor de las porciones del reactor de suspensión en bucle 50A, 50B para eliminar el exceso de calor, y así mantener la temperatura dentro del intervalo deseado, generalmente entre 150 °F y 250 °F (65 °C a 121 °C). Asimismo, la presión en cada reactor de bucle 50A, 50B puede regularse dentro de un intervalo de presión deseado, generalmente de 100 a 800 psig, con un intervalo típico de 450-700 psig.

A medida que la reacción de polimerización avanza dentro de cada reactor 50, el monómero (por ejemplo, etileno) y los comonómeros (por ejemplo, 1-hexeno) polimerizan para formar polímeros de poliolefina (por ejemplo, polietileno) que son sustancialmente insolubles en el medio fluido a la temperatura de reacción, por lo cual forman una suspensión de

partículas sólidas dentro del medio. Estas partículas sólidas de poliolefina pueden eliminarse de cada reactor 50A, 50B a través de una pata de decantación u otros medios, o un despegue continuo (CTO), y así sucesivamente.

Como se mencionó, la Figura 2 representa dos reactores de bucle 50A, 50B en serie. Los dos reactores de bucle 50A, 50B pueden funcionar de manera que la pelusa de polietileno en la suspensión de pelusa 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 pueden establecerse de manera que esencialmente se polimerice el mismo polietileno en cada reactor 50A, 50B. Por otra parte, en el caso de la producción bimodal, las condiciones de funcionamiento del reactor pueden establecerse de manera que el polietileno polimerizado en el primer reactor 50A sea diferente del polietileno polimerizado en el segundo reactor 50B. Así, con dos reactores, un primer polietileno producido en el primer reactor de bucle 50A y el segundo polietileno producido en el segundo reactor de bucle 50B pueden combinarse para dar un polietileno bimodal o un polietileno monomodal.

El funcionamiento de los dos reactores de bucle 50A, 50B puede incluir alimentar más comonómero al primer reactor de polimerización que al segundo reactor de polimerización, o viceversa. El funcionamiento puede incluir, además, alimentar más hidrógeno al segundo reactor de polimerización que el segundo reactor, o viceversa. Por supuesto, puede alimentarse la misma cantidad de comonómero y/o la misma cantidad de hidrógeno a cada reactor 50A, 50B. Además, puede mantenerse la misma o diferente concentración de comonómero en cada reactor 50. Asimismo, puede mantenerse la misma o diferente concentración de hidrógeno en cada reactor 50A, 50B. Además, el primer polietileno (es decir, polietileno polimerizado en el primer reactor 50A) puede tener un primer intervalo para una propiedad física, y el segundo polietileno (es decir, polietileno polimerizado en el segundo reactor 50B) puede tener un segundo intervalo para la propiedad física. El primer intervalo y el segundo intervalo pueden ser iguales o diferentes. Las propiedades físicas ilustrativas incluyen densidad del polietileno, porcentaje de comonómero, cantidad de ramificaciones de cadena corta, peso molecular, viscosidad, índice de fusión y similares.

Como se indicó, la suspensión de pelusa del producto de polietileno 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 (Figura 1). La suspensión de pelusa del producto 22 puede descargarse a través de una pata de sedimentación, un despegue continuo (CTO) u otras configuraciones de válvula. La suspensión de pelusa del producto 22 puede descargarse de manera intermitente tal como a través de una configuración de pata de sedimentación, o en su lugar puede descargarse continuamente. Se contempla una variedad de configuraciones de descarga para una descarga continua. El empleo de una válvula de aislamiento (por ejemplo, una válvula Ram de diámetro completo) sin una válvula de modulación que lo acompañe puede proporcionar una descarga continua de la suspensión del reactor de bucle. Además, un CTO se define como una descarga continua que tiene al menos una válvula de modulación de flujo, y proporciona una descarga continua de la suspensión desde el reactor de bucle. En ciertos ejemplos, un CTO tiene una válvula de aislamiento (por ejemplo, válvula Ram) en la pared del reactor y una válvula de modulación (por ejemplo, válvula de bola en V) en el conducto de descarga. Una válvula Ram en una posición cerrada puede proporcionar beneficiosamente una superficie que esté al ras con la pared interna del reactor para evitar la presencia de una cavidad, espacio o vacío para que el polímero se acumule cuando la válvula Ram está en la posición cerrada.

En funcionamiento, dependiendo de la posición de la descarga en el reactor, por ejemplo, una descarga de suspensión 22 que tiene una concentración de sólidos mayor que la suspensión que circula en el reactor 50B puede llevarse a cabo con una configuración de descarga que tiene una sola válvula de aislamiento (válvula Ram), o que tiene una configuración CTO con una válvula de aislamiento (válvula Ram) y una válvula de modulación 25. Pueden encontrarse configuraciones y controles de CTO ilustrativos, y otras configuraciones de descarga, en la solicitud de patente de Estados Unidos n.° 2011/0288247 mencionada anteriormente, y en la patente de Estados Unidos n.° 6 239 235.

En la modalidad ilustrada, la suspensión de pelusa del producto 22 se descarga a través de un CTO. En ciertos ejemplos, un CTO tiene una válvula Ram en la pared del reactor 50B y una válvula de modulación del control de flujo 25 (por ejemplo, válvula de control de bola en V) en el conducto de descarga. Sin embargo, de nuevo, en una modalidad alternativa, la suspensión de pelusa del producto 22 puede descargarse a través de una configuración de pata de sedimentación, por ejemplo, en lugar de un CTO.

Una suspensión de pelusa 21 de transferencia se descarga desde el primer reactor de bucle 50A al segundo reactor de bucle 50B a través de una línea de transferencia 21L. El contenido de la suspensión de pelusa 21 de transferencia puede ser representativo del contenido del primer reactor de bucle 50A. Sin embargo, la concentración de sólidos puede ser mayor en la suspensión 21 de transferencia que en el primer reactor de bucle 50A, en dependencia de la posición de la entrada de la línea de transferencia 21L en el primer reactor de bucle 50A, por ejemplo, y otras consideraciones. La suspensión de pelusa 21 de transferencia puede descargarse del primer reactor de bucle 50A a la línea de transferencia 21L a través de una pata de sedimentación, una válvula de aislamiento (por ejemplo, una válvula Ram), un despegue continuo (cuyo CTO tiene una válvula de aislamiento o Ram y una válvula moduladora) u otra configuración de válvula. En la modalidad ilustrada, la descarga de la suspensión 21 de transferencia del primer reactor de bucle 50A es continua y no está directamente modulada. No se emplea un CTO o una pata de sedimentación. En cambio, la suspensión 21 de transferencia se descarga a través de una válvula de aislamiento o válvula Ram (no mostrada) en la línea de transferencia 21L en la pared del reactor y sin una válvula de modulación en este ejemplo. En un ejemplo particular, la suspensión 21

de transferencia se descarga a través de una válvula Ram de diámetro completo mantenida en una posición completamente abierta, y no adicionalmente a través de una válvula de modulación.

La válvula Ram puede proporcionar el aislamiento de la línea de transferencia 21L del reactor de bucle 50A cuando se desea dicho aislamiento. También puede colocarse una válvula Ram en la salida de la línea de transferencia 21L en la pared del segundo reactor de bucle 50B para proporcionar el aislamiento de la línea de transferencia 21L del segundo reactor de bucle 50B cuando se desea dicho aislamiento. Puede desearse aislar la línea de transferencia 21L de los reactores de bucle primero y segundo 50A, 50B durante el mantenimiento o el tiempo de inactividad del sistema reactor 20, o cuando se pone en servicio una línea de transferencia alternativa, y así sucesivamente. El funcionamiento o control de las válvulas Ram puede ser manual, asistido hidráulicamente, asistido por aire, remoto, automatizado, etc. La línea de transferencia 21L puede retirarse manualmente del servicio (por ejemplo, cerrar manualmente las válvulas Ram) o retirarse automáticamente (por ejemplo, a través de un sistema de control que cierra automáticamente las válvulas Ram) del servicio.

El control de la presión (y el rendimiento específico) en el primer reactor de bucle 50A y en el segundo reactor de bucle 50B puede facilitarse mediante el funcionamiento de la válvula 25 de control de flujo CTO. En algunos ejemplos, la presión en el primer reactor de bucle 50A puede flotar sobre la presión en el segundo reactor de bucle 50B. Los reactores 50A, 50B pueden mantenerse a la misma presión, similar o diferente. Pueden disponerse elementos o instrumentos en los reactores 50A, 50B y en la línea de transferencia 21L. Además, pueden disponerse otros elementos o instrumentos variables del proceso que indican temperatura, velocidad de flujo, densidad de la suspensión, etc.

Dicha instrumentación puede incluir un sensor o elemento sensor, un transmisor, etc. Para un elemento de presión, el elemento sensor puede incluir, por ejemplo, un diafragma. Para un elemento o instrumento de temperatura, el elemento sensor puede incluir un termopar, un detector de temperatura de resistencia (RTD) y similares, los cuales puede estar alojados en un termopozo, por ejemplo. Los transmisores pueden convertir una señal analógica recibida del elemento sensor en una señal digital para alimentación o transmisión a un sistema de control, por ejemplo. Por supuesto, los diversos instrumentos pueden tener una indicación local de la variable a sensar. Por ejemplo, un elemento o instrumento de presión puede ser o tener un manómetro local y un elemento o instrumento de temperatura puede ser o tener un termómetro local, los cuales pueden leerse localmente por un operador o ingeniero, por ejemplo.

La posición de entrada de la línea de transferencia 21L puede acoplarse al primer reactor de bucle 50A por el lado de descarga de la bomba de circulación 56A en el primer reactor de bucle 50A. La posición de salida de la línea de transferencia 21L puede acoplarse al segundo reactor de bucle por el lado de succión de la bomba de circulación 56B en el segundo reactor de bucle 50B. Tal configuración puede proporcionar un diferencial de presión positiva (es decir, una fuerza impulsora) para el flujo de la suspensión 21 de transferencia a través de la línea de transferencia 21L desde el primer reactor de bucle 50A al segundo reactor de bucle 50B. En un ejemplo, un diferencial de presión típico (proporcionado desde la descarga de la primera bomba 54A a la succión de la segunda bomba 54B) es de aproximadamente 20 libras por pulgada cuadrada (psi). En ciertos ejemplos, los elementos de presión 61-1 y 61-2 que indican presión pueden disponerse en la línea de transferencia 21L, y pueden situarse para determinar la presión diferencial a través de la línea de transferencia 21L, por ejemplo.

III. Sistema de recuperación de diluyente/monómero

En principio, debe enfatizarse que el sistema de recuperación de diluyente/monómero 24 (Figura 1 y Figura 3) discutido en el presente documento y que recibe y procesa la suspensión de descarga 22 del sistema reactor 20 se da como ilustrativo. De hecho, puede emplearse una variedad de otros equipos, configuraciones y operaciones unitarias para eliminar o separar diluyente, monómero y otros componentes de la suspensión de pelusa de polietileno 22. Además, de acuerdo con estas técnicas, controlar el tamaño de partícula de la pelusa de polietileno en la suspensión 22 que se descarga desde el sistema reactor 20 puede ser beneficioso en una variedad de operaciones unitarias que separan hidrocarburos (por ejemplo, diluyente, monómero, etc.) o hidrocarburos residuales de la pelusa de polietileno. Generalmente, cuanto menor es el tamaño de partícula (por ejemplo, menor tamaño medio de partícula, menor tamaño mediano de partícula), menos es el hidrocarburo residual o VOC que queda en la pelusa de polietileno (por ejemplo, después de que la pelusa se somete a una columna de purga u otra operación de separación). En otras palabras, generalmente cuanto más pequeño es el tamaño de partícula, más hidrocarburos residuales o VOC pueden eliminarse en la separación. (Ver la Figura 7 como ejemplo). Tal eficiencia incrementada de la eliminación de hidrocarburos residuales o VOC puede relacionarse con el aumento de la relación del área superficial al volumen de las partículas más pequeñas, a un menor volumen de porosidad de las partículas más pequeñas, y similares.

La Figura 3 es un sistema ilustrativo 24 de recuperación de diluyente/monómero. La suspensión de pelusa de polietileno 22 que se descarga desde el reactor 50B fluye a través de una línea de vaporización que tiene un calentador de vaporización en línea 62, y hacia dentro de un recipiente de separación 64. El recipiente de separación 64 puede ser un recipiente de vaporización, una cámara de vaporización, un tambor de sedimentación simple, un ciclón de alta eficiencia, o una combinación de ciclón y cámara de vaporización, u otro dispositivo adecuado para separar los sólidos de la mayoría del diluyente.

El calentador de vaporización en línea 62 puede ser un conducto o camisa circundante que utiliza vapor o condensado de vapor, por ejemplo, como medio de calentamiento para proporcionar calentamiento indirecto a la suspensión 22. Así, el efluente del segundo reactor de bucle de suspensión 50B (suspensión del producto de pelusa 22) se calienta antes de su introducción en la cámara de vaporización 64. Además, la suspensión 22 generalmente puede experimentar una reducción de presión a través de la línea de vaporización y, por lo tanto, la vaporización de componentes no sólidos debido tanto a la disminución de la presión como al aumento de la temperatura. Además, antes de que la suspensión del producto de pelusa 22 entre en la cámara de vaporización 64, pueden inyectarse agua u otros venenos catalizadores en la suspensión 22 para desactivar cualquier catalizador y cocatalizador residual en la suspensión 22. Debido a que estos componentes inyectados son generalmente venenos de catalizadores, típicamente se eliminan por completo, o al menos se eliminan sustancialmente, de cualquier material recuperado (por ejemplo, monómero o diluyente) reciclado a los reactores 50A, 50B.

En la cámara de vaporización 64 (por ejemplo, o más generalmente un recipiente de separación), la mayor parte de los componentes no sólidos de la suspensión 22 de descarga del reactor se extraen por encima como vapor en el gas de vaporización 66. Nótese que el gas de vaporización reciclado 66 puede condensarse y desviarse 34 del sistema de fraccionamiento 30 en ruta a un reactor 50A, 50B (es decir, a través del sistema de alimentación 16), por ejemplo (ver, además, la Figura 1). Por otra parte, todo o una parte del gas de vaporización 66 (como vapor y/o líquido) puede enviarse al sistema de fraccionamiento 30 (ver, además, la Figura 1). En la producción de polietileno, este vapor es típica y principalmente diluyente, tales como isobutano u otros diluyentes mencionados anteriormente. Además, puede contener la mayoría del monómero sin reaccionar (por ejemplo, etileno) y otros componentes ligeros, así como también el comonómero sin reaccionar (por ejemplo, 1-hexeno, buteno, 1-penteno, 1-octeno y 1-deceno) y otros componentes pesados (por ejemplo, hexano y oligómeros). Una composición aproximada ilustrativa del gas de vaporización 66 es 94 % en peso de isobutano, 5 % en peso de etileno y 1 % en peso de otros componentes. Puede mantenerse un nivel o volumen de pelusa en la cámara de vaporización 64 para proporcionar un tiempo de residencia adicional de la pelusa en la cámara 64 para facilitar la separación del líquido y el vapor atrapados en las partículas porosas de pelusa.

El gas de vaporización 66 puede procesarse en equipos tales como ciclones, filtros de bolsa, etc., donde se eliminan los sólidos atrapados en la pelusa y se devuelven a la cámara de vaporización 64 o al equipo aguas abajo, tal como la columna de purga que se analiza a continuación. El gas de vaporización 66 también puede viajar a través de un lecho de desoxigenación, por ejemplo. Además, el gas de vaporización 66 puede enfriarse o condensarse en un intercambiador de calor (por ejemplo, una construcción de carcasa y tubo) antes de su reciclaje al sistema de alimentación 16 o al sistema de fraccionamiento 30 (ver, además, la Figura 1). De manera beneficiosa, en parte debido a la presión de funcionamiento de la cámara de vaporización 64 en ciertas modalidades, tal enfriamiento, condensación y reciclado directo del gas de vaporización 66 puede realizarse sin compresión en algunos ejemplos. El gas de vaporización 66 puede corresponder a parte o a la totalidad de las corrientes de reciclaje 26 y 34 de la Figura 1 en ciertos ejemplos.

En cuanto a los sólidos (polímero) en la cámara de vaporización 64, ellos se extraen con una pequeña cantidad del diluyente atrapado (y monómero) y se envían a una columna de purga 68 a través de la descarga de sólidos 70. Como apreciarán los expertos en la técnica, el conducto de descarga de sólidos 70 puede incluir configuraciones de válvula que permiten que el polímero fluya hacia abajo a través del conducto mientras que reduce la posibilidad de que fluya vapor entre la columna de purga 68 y la cámara de vaporización 64. Por ejemplo, en el conducto de descarga de sólidos 70 pueden disponerse una o más válvulas rotativas o de ciclo, una única válvula de control de bola en V, tanques de compensación de pelusas, una cámara de pelusa relativamente pequeña, etc. Además, puede mantenerse un nivel de sólidos en la cámara de vaporización 64 a través de una válvula de control de nivel en la base de la cámara de vaporización 64 o en el conducto de descarga de sólidos 70, lo que proporciona un mayor tiempo de residencia de los sólidos en la cámara de vaporización 64. En configuraciones más tradicionales, los sólidos de pelusa desde la cámara 64 pueden descargarse a una cámara de vaporización de presión más baja, y el gas de vaporización de presión más baja requiere compresión para el reciclaje al sistema de fraccionamiento 30 y al reactor. Sin embargo, las nuevas tecnologías han proporcionado la eliminación de un instante de baja presión y la compresión de gas asociada, y en su lugar descarga los sólidos de pelusa desde la cámara de vaporización 70 a la columna de purga 68.

En la modalidad ilustrada, la alimentación de sólidos primarios a la columna de purga aguas abajo 68 es típicamente la descarga de sólidos 70 (pelusa de polietileno) que sale de la cámara de vaporización 64. Un propósito de la columna de purga 68 es eliminar el hidrocarburo residual de las corrientes de sólidos entrantes y proporcionar una pelusa de polímero sustancialmente limpia 72 con, como máximo, cantidades relativamente pequeñas de contenido orgánico volátil (VOC) atrapado. La pelusa 72 puede transportarse o llevarse al sistema de extrusión 36 (Figura 1) para su conversión en gránulos 38 y para su distribución y venta como resina de gránulos de poliolefina a los clientes 40 (ver la Figura 1) a través del sistema de carga 39. Generalmente, las partículas de polímero tratadas descargadas de la columna de purga 68 como pelusa de polímero 72 pueden procesarse en una operación de acabado convencional, tal como un extrusor de doble husillo, en el sistema de extrusión/carga 36 (Figura 1).

En el sistema ilustrativo de columna de purga 68, se inyecta nitrógeno en una columna de purga 68 para eliminar los hidrocarburos residuales a través de descarga aérea 74. Esta descarga 74 puede enviarse a través de una unidad de separación 76, tales como una unidad de recuperación de membrana, unidad de adsorción por oscilación de presión, unidad de refrigeración, etc., para recuperar nitrógeno a través de la corriente de nitrógeno 78, y para descargar una corriente de hidrocarburo separada 80 que puede comprimirse y alimentarse al sistema de fraccionamiento 30, por

ejemplo. Esta corriente 80 de hidrocarburos separada puede corresponder a una porción de la corriente 26 de la Figura 1 en ciertos ejemplos. En la técnica, la unidad de separación 76 puede conocerse como Unidad de Recuperación de Nitrógeno por Diluyente (DNRU), Unidad de Recuperación de Nitrógeno por Isobutano (INRU) y similares. Además, puede agregarse nitrógeno nuevo 82 al circuito de nitrógeno para tener en cuenta las pérdidas de nitrógeno en el sistema de columna de purga 68. Finalmente, debe observarse que la corriente de hidrocarburos 80 que se descarga desde la unidad de separación 76 puede comprimirse y procesarse en el sistema de fraccionamiento 30 (Figura 1) para dar un diluyente libre de olefina que se usa en la preparación del catalizador y en los enjuagues del reactor o de la línea.

Por último, como apreciarán los expertos en la materia, puede emplearse una variedad de configuraciones en el sistema de recuperación de diluyente/monómero 24. Por ejemplo, la descarga de sólidos 70 desde la cámara de vaporización 64 puede enviarse a otro reactor (por ejemplo, un reactor de fase líquida o reactor de fase gaseosa) o a una cámara de vaporización de baja presión en lugar de a la columna de purga 68. Posteriormente, el polímero puede entrar en la columna de purga 68 (es decir, desde el reactor adicional o la cámara de vaporización a baja presión). Si se descarga a otro reactor desde la cámara de vaporización 64, el veneno del catalizador generalmente no se inyecta aguas arriba en la descarga 22 y, así, los catalizadores activos residuales permanecen para una polimerización adicional. En otra configuración, la columna de purga 68 puede eliminarse del sistema de recuperación 20 y combinarse con el tanque de alimentación del extrusor aguas abajo, y la eliminación de hidrocarburos residuales u orgánicos volátiles (VOC) se realiza en dicha combinación. De hecho, la unidad de separación 76 asociada con la columna de purga 68 puede reubicarse para incorporar la combinación columna de purga/tanque de alimentación del extrusor, por ejemplo. Por supuesto, en estas técnicas se contemplan una variedad de otras configuraciones y tipos de recipientes y equipos.

IV. Sistema de alimentación del reactor de polimerización

Con referencia a la Figura 4 y como se discute a continuación, se puede configurar una variedad de alimentaciones a los reactores de polimerización para ajustar el tiempo de residencia del catalizador en los reactores de polimerización, y así ajustar el tamaño de partículas de la pelusa de polietileno en los reactores de polimerización. La Figura 4 representa un sistema de alimentación de reactor ilustrativo 16 (de la Figura 1) para los reactores de polimerización. En esta modalidad, el monómero 90 (por ejemplo, etileno) se alimenta a través de los tratadores de monómeros 92 al reactor de fase líquida (por ejemplo, el reactor de suspensión en bucle 50A, 50B) en el sistema del reactor 20. Además, puede usarse un medidor de flujo 94 (por ejemplo, medidor de flujo de masa, medidor de masa Coriolis, medidor de placa de orificio, medidor de presión diferencial, etc.) para medir la velocidad de flujo del etileno al reactor de polimerización 50A, 50B. De hecho, la velocidad de flujo del monómero de etileno 90 al reactor generalmente se mide (y controla) para facilitar las condiciones de funcionamiento deseadas (por ejemplo, densidad de la suspensión, relación comonómero/monómero, velocidad de producción, etc.) en el reactor de polimerización y para proporcionar las propiedades deseadas del polietileno que se forma en el reactor.

El gas de vaporización 66 (ver además la Figura 3) que tiene principalmente diluyente de reciclado (por ejemplo, isobutano) o con una cantidad relativamente pequeña de etileno atrapado puede retornar desde el sistema de recuperación de diluyente/monómero 24 (por ejemplo, correspondiente a la corriente 34 de la Figura 1) y enviarse al reactor de polimerización 50A, 50B en el sistema reactor 20. En el ejemplo de reciclado "directo" al reactor, el diluyente reciclado o el gas de vaporización 66 pueden enfriarse y pasar a través de una taza de colisión 96, donde los componentes pesados se eliminan de una descarga del fondo y se envían a través de una bomba centrífuga 98, por ejemplo, como alimentación 100 al sistema de fraccionamiento 30. La parte superior 102 de la taza de colisión 96 puede enfriarse aún más en un intercambiador de calor 106 y recogerse en un tanque de compensación del diluyente de 108 para alimentar al reactor. Aguas abajo, una bomba centrífuga 110 puede suministrar el diluyente 112 a través de tratadores de diluyentes de reciclaje 114 al reactor de suspensión en bucle. Cabe señalar que puede agregarse una cantidad relativamente pequeña de diluyente nuevo (no ilustrado) en el sistema de fraccionamiento 30, por ejemplo, para compensar las pérdidas de diluyente en el sistema 10 de fabricación de polietileno. Además, el comonómero 116 (por ejemplo, 1-hexeno) puede agregarse a la succión de la bomba 110 o en otros puntos del circuito de reciclaje del diluyente para su adición al reactor. Los tratadores de monómero 92 y los tratadores de diluyente reciclado 114 pueden incluir tamizaje molecular o empaquetadura de aluminio, por ejemplo, configurados para eliminar venenos de catalizador del monómero, reciclar diluyente, alimentaciones de comonómero y otras alimentaciones.

Pueden agregarse otros componentes de alimentación al reactor de suspensión en bucle. Por ejemplo, puede agregarse hidrógeno 118 para controlar el peso molecular de la poliolefina que se forma en el reactor. Además, otros aditivos, tales como materiales antiestáticos, inhibidores de la actividad del catalizador, etc., pueden inyectarse en el reactor, como se indica con el número de referencia 120. Las diversas corrientes componentes pueden combinarse en una corriente de alimentación 58A, 58B o 60 (ver además la Figura 2) para alimentar el reactor de suspensión en bucle. Además, como se discute a continuación, el diluyente 122 que está sustancialmente libre de olefinas puede reciclarse del sistema de fraccionamiento 30 a través de los 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 de catalizador 126 en ruta hacia el reactor de suspensión en bucle. Por último, pueden emplearse tratadores para procesar las diversas alimentaciones, tales como para eliminar los venenos de catalizador del comonómero, isobutano nuevo e hidrógeno.

V. Tamaño de partícula

La Figura 5 es un método 130 para operar o controlar un sistema de producción de polietileno 10 (Figura 1) que tiene un sistema reactor 20 (Figura 2). El método 130 controla beneficiosamente el tamaño de partícula de polietileno que se forma en el sistema reactor de polimerización 20 y, de este modo, mejora la operatividad, por ejemplo, del sistema de producción 10. En ciertas modalidades, el sistema de reactor 20 tiene dos reactores de polimerización (por ejemplo, reactores de fase líquida, reactores de bucle, etc.) dispuestos y operados en serie. Así, como se discutió, un primer reactor de polimerización puede descargar a un segundo reactor de polimerización. Como también se discutió anteriormente, varios componentes de alimentación tales como catalizador, diluyente, etileno, comonómero (por ejemplo, 1-hexeno), hidrógeno, etc., pueden alimentarse al sistema reactor 20.

Inicialmente, como se indica en la Figura 5, el etileno se polimeriza (bloque 132) sobre 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 dar el primer polietileno, el primer polietileno crece sobre la partícula de catalizador para formar las partículas de polietileno intermedias. Las partículas intermedias se descargan (bloque 134) desde el primer reactor de polimerización en una suspensión de transferencia a través de una línea de transferencia al segundo reactor de polimerización. La suspensión de transferencia puede incluir las partículas intermedias de polietileno (que tienen catalizador activo), diluyente y componentes sin reaccionar tales como etileno, comonómero (por ejemplo, 1-hexeno), etc.

El etileno se polimeriza (bloque 136) sobre el catalizador en las partículas de polietileno intermedias en el segundo reactor de polimerización para formar un segundo polietileno y para formar partículas de polietileno producto 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 dar el segundo polietileno, el segundo polietileno crece sobre la partícula de catalizador en las partículas de polietileno intermedias para formar las partículas de polietileno producto. Las partículas de polietileno producto se descargan (bloque 138) desde el segundo reactor de polimerización (es decir, en una suspensión de descarga) para procesamiento adicional tal como en un sistema de recuperación de diluyente/monómero 24 (Figura 1 y Figura 3), y así sucesivamente.

El método 130 puede incluir controlar (bloque 140) el tamaño de partícula de las partículas de polietileno producto que se descargan del segundo reactor de polimerización. El tamaño de partícula de las partículas producto puede controlarse mediante el ajuste de un tiempo de residencia del catalizador a través del primer reactor de polimerización y/o el segundo reactor de polimerización. Un tiempo de residencia incrementado puede proporcionar partículas más grandes (por ejemplo, un tamaño de partícula de media o mediana más grande) de las partículas de polietileno producto. A la inversa, un tiempo de residencia disminuido puede proporcionar partículas más pequeñas (por ejemplo, un tamaño de partícula de media o mediana menor) de las partículas de polietileno producto.

El tiempo de residencia del catalizador puede aumentarse al incrementar la concentración de sólidos de la suspensión circulante en el primer reactor de polimerización y/o el segundo reactor de polimerización. La concentración de sólidos puede aumentarse al disminuir la velocidad de alimentación del diluyente y/o al aumentar la velocidad de alimentación del catalizador a los reactores de polimerización, por ejemplo. A la inversa, el tiempo de residencia del catalizador puede reducirse al disminuir la concentración de sólidos de la suspensión circulante en uno o ambos reactores de polimerización. La concentración de sólidos puede disminuirse al aumentar la velocidad de alimentación del diluyente y/o al disminuir la velocidad de alimentación del catalizador a los reactores de polimerización, por ejemplo.

En ciertas modalidades, el tiempo de residencia total del catalizador a través de los reactores generalmente puede ser una suma del tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor de polimerización más la residencia del catalizador en el segundo reactor de polimerización. Así, 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 el segundo reactor.

El tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor de polimerización puede ajustarse mediante el ajuste de una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización, por ejemplo. El tiempo de residencia del catalizador en el segundo reactor puede ajustarse mediante el ajuste de una velocidad de la corriente de alimentación de un primer diluyente al primer reactor de polimerización y/o mediante el ajuste de una velocidad de la corriente de alimentación de un segundo diluyente al segundo reactor de polimerización. Un cambio en la velocidad de alimentación del diluyente al primer reactor de polimerización puede afectar el tiempo de residencia en el segundo reactor de polimerización porque la mayor presencia de diluyente en el primer reactor se comunica a través de la suspensión de transferencia al segundo reactor. Finalmente, junto con el ajuste de alimentación del diluyente, el tiempo de residencia del catalizador en el primer reactor de polimerización y la segunda polimerización pueden ajustarse mediante el ajuste de la concentración de sólidos relacionados en el primer reactor de polimerización y el segundo reactor de polimerización, respectivamente.

El tamaño de partícula de las partículas producto puede controlarse, además, mediante el ajuste de la actividad del catalizador (por ejemplo, tener unidades de polímero en masa producidas por masa de catalizador utilizado por tiempo) en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización. Un catalizador más activo generalmente ofrece un tamaño de partícula incrementado de las partículas de polietileno producto que se descargan del segundo reactor. Por el contrario, un catalizador menos activo generalmente ofrece un tamaño de partícula disminuido de las partículas de polietileno producto.

Una actividad inicial de catalizador puede ser una propiedad asociada con el catalizador suministrado. Sin embargo, como se discute a continuación, la actividad del catalizador puede ajustarse mediante la adición de un modificador de actividad (inhibidor o promotor) al proceso. Ciertos componentes de alimentación o del reactor, como el hidrógeno agregado para el control del peso molecular, pueden actuar como un inhibidor del catalizador que disminuye la actividad del catalizador, o pueden actuar como un promotor del catalizador que aumenta la actividad del catalizador, en función del sistema catalítico empleado y la poliolefina que se produce, por ejemplo. Además, pueden añadirse cocatalizadores (por ejemplo, alquilos de aluminio) a la alimentación de catalizador o al reactor para activar el catalizador, por ejemplo, lo cual normalmente aumenta la actividad del catalizador. Además, de acuerdo con estas técnicas, puede agregarse un modificador de actividad que inhibe o disminuye la actividad del catalizador para facilitar el control del tamaño de partícula de polietileno.

De acuerdo con estas técnicas, puede agregarse un modificador de actividad (inhibidor y/o promotor) a los reactores de polimerización para ajustar la actividad del catalizador. Los modificadores de actividad pueden incluir un retardador de actividad o un inhibidor de actividad (por ejemplo, un veneno de catalizador). De hecho, una disminución deseada en la actividad del catalizador (es decir, para reducir el tamaño de partícula de las partículas del polietileno producto) puede realizarse mediante la adición de un inhibidor de la actividad al primer reactor de polimerización y/o al segundo reactor de polimerización. Además, puede lograrse un aumento en la actividad del catalizador (es decir, para aumentar el tamaño de partícula de las partículas del polietileno producto) al detener o disminuir la velocidad de adición del inhibidor de la actividad.

Ejemplos de inhibidores de la actividad incluyen fenólicos (hidroxitolueno butilado BHT, antioxidante BHEB, Irganox 1076, Irganox 1010), fosfitos (fosfito de trisnonilfenilo TNPP, Irgafox 168, Weston 626), tioésteres (antioxidantes DLTDP y DSTDP), aminas (Tinuvin 622, Chimmassorb 944) agentes antiestáticos del reactor (Stadis 450), dióxido de carbono, monóxido de carbono, acetileno, etc. En algunas modalidades, los inhibidores de actividad pueden inyectarse en una corriente de alimentación (por ejemplo, alimentación 58) desde un contenedor (cilindro, tambor, caja, recipiente, etc.) que tiene el inhibidor de actividad.

Nuevamente, la actividad del catalizador puede controlarse 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 Zeigler Natta en un proceso de doble bucle 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 (por ejemplo, alto hidrógeno, la temperatura, la concentración de etileno, etc.). En algunos ejemplos, esta actividad más alta en el primer reactor podría atemperarse beneficiosamente para igualar la actividad entre los reactores para controlar mejor el tamaño de partícula del polietileno, y así sucesivamente.

También debe tenerse en cuenta que el tamaño de partícula de pelusa de polietileno generalmente puede estar correlacionado con la productividad del catalizador, que es la masa de polietileno producida por la masa de catalizador utilizada. La productividad del catalizador puede caracterizarse como actividad del catalizador multiplicada por el tiempo de residencia del catalizador en el reactor. Así, las técnicas antes mencionadas de ajuste del tiempo de residencia y la actividad del catalizador pueden aplicarse para ajustar la productividad del catalizador para controlar el tamaño de partícula. Además, como se discute a continuación, la cantidad de fracturas de una partícula de polietileno puede relacionarse con la productividad del catalizador, la actividad del catalizador y el tiempo de residencia del catalizador, la densidad de la partícula del catalizador, etc. Controlar o ajustar el tamaño de partícula puede incluir ajustar una cantidad de fractura de las partículas de polietileno en el sistema del reactor.

Además, para ajustar la actividad (y así, la productividad) del catalizador para controlar el tamaño de partícula de la pelusa de polietileno, puede regularse la temperatura en el primer y/o segundo reactor de polimerización. La actividad y la productividad del catalizador en el primer reactor 50A pueden ajustarse al alterar la temperatura (es decir, de la suspensión circulante) en el primer reactor 50A. Asimismo, la actividad y la productividad del catalizador en el segundo reactor 50B pueden ajustarse al alterar la temperatura (es decir, de la suspensión circulante) en el segundo reactor 50B. Normalmente, existe una relación directamente proporcional entre la actividad/productividad del catalizador frente a la temperatura del reactor. En otras palabras, generalmente, un aumento de la temperatura del reactor proporciona un aumento de la actividad y la productividad del catalizador, y una disminución de la temperatura del reactor proporciona una disminución de la actividad y la productividad del catalizador. Sin embargo, tal relación entre la actividad del catalizador y la productividad frente a la temperatura del reactor depende de las condiciones de funcionamiento en relación con el punto o región resultante de la cinética de polimerización (reacción). De hecho, en dependencia del punto de la curva cinética, por ejemplo, el ajuste de la temperatura puede proporcionar un cambio significativo (relación directa) en la actividad y la productividad, o sustancialmente ningún cambio en la actividad y la productividad.

Por último, controlar el tamaño de partícula de las partículas del polietileno producto puede incluir, además, seleccionar un catalizador alternativo y alimentar el catalizador alternativo al sistema del reactor (por ejemplo, al primer reactor de polimerización). El catalizador alternativo puede ser el mismo o diferente del que se está empleando actualmente, pero con un tamaño de partícula del catalizador distinto. De hecho, el tamaño de partícula de la pelusa de polietileno producida puede estar relacionado con el tamaño de partícula del catalizador alimentado. Como se indica, el tamaño de partícula puede caracterizarse como una media del tamaño de partícula, una mediana del tamaño de partícula, una distribución del tamaño de partícula, etc.

Como se discutió anteriormente, la descarga de la suspensión del reactor típicamente incluye la pelusa de polímero, así como también componentes no poliméricos, tales como monómero de olefina sin reaccionar (y comonómero), diluyente, etc. En el caso de la producción de polietileno, los componentes no poliméricos comprenden principalmente diluyente, tal como isobutano, que tiene una pequeña cantidad de etileno sin reaccionar (por ejemplo, 5 % en peso). Esta corriente de descarga generalmente se procesa, por ejemplo, mediante un sistema de recuperación de diluyente/ monómero (por ejemplo, recipiente de vaporización o recipiente separador, columna de purga, etc.) para separar los componentes no poliméricos de la pelusa polimérica. El diluyente recuperado, el monómero sin reaccionar y otros componentes no poliméricos del sistema de recuperación pueden tratarse, como por ejemplo mediante lechos de tratamiento y/o un sistema de fraccionamiento, y finalmente devolverse como alimentación purificada o tratada al reactor. Algunos de los componentes pueden quemarse o devolverse al proveedor, como a una planta de fabricación de olefinas o una refinería de petróleo. En cuanto al polímero recuperado (sólidos), el polímero puede tratarse para desactivar el catalizador residual, eliminar los hidrocarburos atrapados o disueltos, secar el polímero y granular el polímero en un extrusor, etc., antes de enviar el polímero al cliente.

Un problema particular en la producción de polietileno es el arrastre no deseado de compuestos orgánicos volátiles (por ejemplo, diluyente, monómero, comonómero y otros hidrocarburos) con y en las partículas de pelusa de polímero que salen del "extremo húmedo" del proceso de fabricación de poliolefina (por ejemplo, salida de una columna de purga en el sistema de recuperación de monómero/diluyente). Esta corriente de partículas de pelusa que sale del extremo húmedo generalmente se transfiere al "extremo seco" (por ejemplo, a través de un sistema de transporte neumático) donde la pelusa puede almacenarse en silos, extruirse en gránulos y luego cargarse como gránulos en contenedores o vagones de ferrocarril, y similares. El hidrocarburo en la corriente de pelusa polimérica que sale del extremo húmedo (por ejemplo, que sale de una columna de purga) puede arrastrarse con la pelusa polimérica, disolverse en la pelusa polimérica, absorberse y/o adsorberse en la pelusa polimérica, contenido dentro de los poros de la pelusa polimérica, y así sucesivamente. El hidrocarburo puede liberarse de forma no deseada en la atmósfera en varios puntos del extremo seco del proceso (por ejemplo, en los sistemas de extrusión y carga de producto), lo que provoca la pérdida de hidrocarburos, excediendo los permisos ambientales permitidos, y así sucesivamente.

Además, debe tenerse en cuenta que la cantidad de VOC en la pelusa polimérica puede verse afectada por la cantidad y el estado del gas de purga si se emplea en la operación de desgasificación, y las condiciones del reactor aguas arriba, tales como el tipo y la cantidad de comonómero, etc. El comonómero más pesado (por ejemplo, 1-hexeno) agregado a los reactores aguas arriba, por ejemplo, puede contribuir a un VOC más alto en la pelusa aguas abajo.

En ciertas modalidades, el tamaño de partícula de la pelusa de polietileno en los reactores de polimerización puede controlarse o ajustarse para aumentar de manera beneficiosa la separación o la eficiencia de la separación de la eliminación de hidrocarburos de la pelusa de polietileno en el equipo de procesamiento aguas abajo (por ejemplo, recipientes de vaporización, tambores, columna de purga 228, etc.). Para un análisis sobre la eliminación de hidrocarburos residuales de la pelusa de polietileno y el contenido orgánico volátil relacionado (VOC) de la pelusa de polietileno, ver la Patente de los Estados Unidos n.° 7 957 947. Cabe señalar que estas técnicas permiten aumentar la eficiencia de la separación en una variedad de recipientes o separadores aguas abajo (aparte de la columna de purga descrita 68) mediante el ajuste del tamaño de partícula de la pelusa de polietileno en los reactores de polimerización aguas arriba.

En el caso de una columna de purga tal como se observó, una columna de purga ilustrativa 228 puede ser un recipiente cilíndrico que tiene una sección vertical relativamente alta, una tapa o cabeza en la parte superior, lados inclinados o forma cónica en la parte inferior con una abertura para la descarga de pelusa polimérica. La pelusa polimérica (por ejemplo, polietileno) a desgasificar de hidrocarburos volátiles puede ingresar al recipiente en la parte superior, mientras que el gas de purga, típicamente nitrógeno, puede introducirse en el recipiente por los lados inferiores inclinados. El flujo puede ser contracorriente entre el gas de purga y la pelusa polimérica en el recipiente. Nuevamente, en ciertas modalidades, el gas de purga rico en hidrocarburos sale del recipiente a través de una abertura en la parte superior, mientras que la pelusa desgasificada sale por el fondo del recipiente.

La eficacia de la desgasificación en este recipiente de purga y en otros recipientes de purga puede basarse en el mantenimiento uniforme del flujo de pistón de la pelusa polimérica y el gas de purga en el recipiente, lo que facilita el buen contacto entre los dos. En algunos ejemplos, el diámetro del recipiente varía de 5 a 6 pies, pero su longitud (relación L/D) se elige para lograr un tiempo de residencia (por ejemplo, 30 a 180 minutos) suficiente para desgasificar la pelusa polimérica. Las relaciones de ejemplo L/D pueden variar de 4 a 8, o fuera de ese intervalo. También se debe tener en cuenta que pueden emplearse elementos internos en la columna de purga, tales como una placa distribuidora para introducir gas de purga (nitrógeno), un cono invertido para facilitar el brillo del pistón del polímero (por ejemplo, reducir la formación de puentes o la canalización de la pelusa polimérica), etc.

La Figura 6 es un método 150 dirigido a aumentar la separación de hidrocarburos (es decir, eliminación de VOC) de las partículas de pelusa de polietileno en el equipo de separación aguas abajo. En particular, la Figura 6 es un método para operar un sistema de producción de polietileno 10 donde el tamaño de partícula de pelusa de polietileno se ajusta en los reactores de polimerización para aumentar la separación o eliminación de hidrocarburos, hidrocarburos residuales, VOC, etc., la eliminación de las partículas de pelusa de polietileno en el equipamiento aguas abajo, tales como un recipiente de

vaporización de baja presión, columna de purga 68, etc. En ciertas modalidades, se considera un sistema de reactor 20 con reactores de doble bucle 50A, 50B.

Inicialmente, como se representa en el bloque 152, el etileno (y un comonómero opcional como el 1-hexeno) se polimerizan en el primer reactor de bucle para producir un primer polietileno, y se polimerizan en un segundo reactor para producir un segundo polietileno. En el caso de la producción monomodal o no diferenciada, el primer polietileno puede parecerse 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 del segundo polietileno. Con los dos reactores operando en serie, se descarga una suspensión de transferencia 21 desde el primer reactor de bucle 50A a través de una línea de transferencia 21L al segundo reactor de bucle 50B. Además, se descarga una suspensión de producto 22 desde el segundo reactor de bucle 50B, tal como se descarga continuamente a través de un CTO, por ejemplo.

La suspensión de producto 22 puede enviarse a través de una línea de vaporización y un primer recipiente separador (por ejemplo, recipiente de vaporización) para evaporar (bloque 154) hidrocarburos (por ejemplo, diluyente, etileno sin reaccionar, etc.) desde la pelusa de polietileno en la suspensión de producto 22. La descarga de pelusa de polietileno desde el primer recipiente separador puede purgarse (bloque 156) en un segundo recipiente separador (por ejemplo, columna de purga) para eliminar el hidrocarburo residual de la pelusa de polietileno. De acuerdo con estas técnicas, el tamaño de partícula de la pelusa de polietileno puede ajustarse (bloque 158) en los reactores de polimerización aguas arriba para aumentar (bloque 160) la eficacia de separación en el segundo recipiente separador (por ejemplo, columna de purga 68).

La Figura 7 es un resultado (gráfico) de ejemplo de un estudio de sensibilidad con un modelo ilustrativo para evaluar el impacto de los parámetros de purga (por ejemplo, tamaño de partícula de polietileno) en el VOC de la corriente de polímero de poliolefina (es decir, pelusa) que sale de la columna de purga. El modelo ilustrativo se basa en la teoría de transferencia de masa, y se discute en detalle en la Patente de Estados Unidos n.° 7 957 947 mencionada anteriormente. El VOC de la corriente de polímero disminuyó para un tamaño de partícula de polímero más pequeño. Se cree que las partículas más pequeñas generalmente mejoran la difusión de los componentes de hidrocarburos absorbidos o adsorbidos del polímero.

En particular, la Figura 7 es un gráfico 170 de resultados de modelos ilustrativos de VOC 172 ppm (partes por millón) en la corriente de pelusa de poliolefina que se descarga desde la columna de purga frente al tamaño promedio de partícula 174 en 10^{-6} metros (micras o μ) de la pelusa de polímero de poliolefina. Existe una relación entre VOC 172 y el tamaño de partícula de polímero 174, como se muestra en la curva ilustrativa 176. En un ejemplo de sensibilidad del modelo, con la reducción del tamaño de partícula de pelusa de 800 micras a 600 micras (disminución del 25 %), se redujo el VOC 172 en aproximadamente 43 % de 47 ppm a 26 ppm.

Las Figuras 8A-9B presentan resultados de cálculo con datos comerciales relacionados para la producción de polietileno con respecto al tamaño de partícula de la pelusa de polietileno y VOC, asumiendo que no hay fracturas. Para mayor claridad, se asume que no hay fractura de las partículas de pelusa de polietileno. Las Figuras 8A y 8B proporcionan datos para la polimerización del polietileno con catalizador cuya mediana del tamaño de partículas (D-50) es aproximadamente 12 micras (10^{-6} metros o μm), y la posterior eliminación de VOC del polietileno. Las Figuras 9A y 9B proporcionan datos para la polimerización del polietileno con catalizador cuya mediana del tamaño de partículas (D-50) es aproximadamente 20 micras, y la posterior eliminación de VOC del polietileno. Los datos muestran que una partícula de catalizador más grande da un tamaño de partícula de pelusa de polietileno más grande con similar tiempo de residencia de catalizador y similar actividad de catalizador. Además, los supuestos de esta relación replicada incluyen: (1) ausencia de fractura de partículas de pelusa de polietileno; y/o (2) una densidad de partículas similar de los dos catalizadores que tienen los diámetros diferentes.

La densidad de partículas del catalizador puede afectar, además, el tamaño de partícula de pelusa resultante. En general, un catalizador que tiene una mayor densidad de partículas (una partícula de catalizador más compacta) puede dar una media o mediana del tamaño de partícula de pelusa más grande debido a una menor fractura en los reactores. Así, en ciertos ejemplos, una partícula de catalizador más pequeña que tiene una densidad de partícula mayor puede dar un tamaño de partícula de pelusa más grande que una partícula de catalizador más grande que tiene una densidad de partícula más baja. De acuerdo con estas técnicas, el tamaño de partícula de pelusa puede ajustarse mediante la selección de un catalizador con una cierta densidad de partícula, es decir, para modular una cantidad de fractura, como se discute a continuación.

Los datos indicados por las Figuras 8A-9B también muestran una separación mejorada en la columna de purga 68 (Figura 3) para un tamaño de partícula más grande de la pelusa de polietileno. En cierto sentido, la separación mejorada o aumentada (mayor eliminación de hidrocarburos residuales o VOC de la pelusa) puede caracterizarse como una eficiencia mejorada o aumentada de la separación (por ejemplo, en la columna de purga) porque, dada la misma masa de pelusa, menos hidrocarburo residual permanece en la pelusa (es decir, con un tamaño de partícula más pequeño).

La Figura 8A es un gráfico 180 del diámetro medio de partícula de pelusa 182 (μm) frente al tiempo total de residencia del catalizador 184 (horas) en los reactores de polimerización aguas arriba con diversas actividades de catalizador 186. Como se indicó, el tamaño promedio de partícula del catalizador es de aproximadamente 12 micras. Se dan tres actividades de catalizador 186 en unidades de gramos/h de pelusa de polietileno (PE) por gramo de catalizador a 10 000, 30 000 y

50 000, respectivamente. El tamaño de partícula de pelusa 182 es de la pelusa que se descarga desde el segundo reactor o el reactor final y que finalmente podría entrar en la columna de purga 68 (Figura 3). Las relaciones en la Figura 8A muestran que el tamaño de partícula de pelusa puede controlarse mediante el ajuste del tiempo de residencia en el reactor y el ajuste de la actividad del catalizador.

La Figura 8B es un gráfico 190 del VOC 192 de la pelusa (ppm) de la pelusa que sale de la columna de purga frente al tiempo total de residencia del catalizador 184 en los reactores de polimerización aguas arriba con las tres actividades del catalizador 186. Nuevamente, las tres actividades 186 para el catalizador son 10 000, 30 000 y 50 000 en unidades de PE (gramos/h) polimerizadas y producidas por catalizador (gramo) usado. Además, como con los datos de la Figura 8A, el tamaño promedio de partícula del catalizador es de aproximadamente 12 micras en los resultados que se presentan en la Figura 9. En total, las relaciones en las Figuras 8A y 8B muestran que la eficacia de separación, es decir, una mayor eliminación de hidrocarburos residuales o VOC de la pelusa de PE, puede incrementarse en la columna de purga mediante el ajuste del tamaño de partícula de PE, el tiempo de residencia del catalizador en el reactor y la actividad del catalizador.

La Figura 9A es un gráfico 200 del tamaño medio del diámetro de las partículas de pelusa 202 (μm) frente al tiempo total de residencia del catalizador 204 (horas) en los reactores de polimerización aguas arriba con tres actividades de catalizador 206, respectivamente, que son las mismas actividades de catalizador 186 de los datos presentados en las Figuras 8A y 8B anteriores. Sin embargo, en contraste con los datos presentados en las Figuras 8A y 8B, los datos asociados con la Figura 9A son para un tamaño de partícula de catalizador promedio de aproximadamente 20 micras. Las relaciones en la Figura 9A indican que el tamaño de partícula de pelusa de PE puede controlarse mediante el ajuste del tiempo de residencia del catalizador en el reactor y el ajuste de la actividad del catalizador.

La Figura 9B es un gráfico 210 del VOC 212 (ppm) de la pelusa 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 con las tres actividades de catalizador 206, respectivamente. Las relaciones en las Figuras 9A y 9B indican que la eficacia de separación, es decir, el aumento de la eliminación de hidrocarburo residual o VOC de la pelusa de PE, puede incrementarse en la columna de purga mediante el ajuste del tamaño de partícula de la pelusa de PE, el tiempo de residencia del catalizador en el reactor y la actividad del catalizador.

Como se mencionó, el cambio de una partícula de catalizador más pequeña que tiene un diámetro de 12 micras (Figuras 8A y 8B) a una partícula de catalizador más grande que tiene un diámetro de 20 micras (Figuras 9A y 9B) da como resultado un tamaño de partícula de la pelusa de polietileno más grande, tal como con la pelusa de polietileno en la suspensión de producto 22 que se descarga desde el segundo reactor de bucle, o con la pelusa de polietileno en la descarga de sólidos 70 desde la cámara de vaporización 64 a la columna de purga 68, por ejemplo. Así, como se discutió, controlar el tamaño de partícula de las partículas del polietileno producto que se descargan del reactor de polimerización puede incluir seleccionar un catalizador inicial o alternativo para la alimentación al sistema del reactor 20. El catalizador puede seleccionarse, en parte, en función del tamaño del diámetro de partícula del catalizador y, así, ofrecer una media o mediana del tamaño de partícula deseado de la pelusa de polietileno producto.

Además, la densidad de la partícula de catalizador también puede tenerse en cuenta al controlar o ajustar el tamaño de partícula de la pelusa, como se mencionó anteriormente. Por ejemplo, puede haber una menor fracturación del catalizador y la pelusa con la selección del catalizador que tiene una mayor densidad de partículas, obteniendo así una media o mediana del tamaño de partícula más grande para la pelusa de polietileno. Por otra parte, puede haber una mayor fracturación del catalizador y la pelusa con la selección de un catalizador que tenga una densidad de partícula más baja, obteniendo así una media o mediana del tamaño de partícula más pequeño para la pelusa de polietileno.

La fracturación es la rotura de las partículas de pelusa de polietileno en el reactor y afecta el tamaño de partícula y el VOC de la pelusa de polietileno. Como se indicó, la cantidad de fracturación puede estar relacionada con la densidad de partículas del catalizador. Además, como con el tamaño de las partículas de pelusa en general, el tamaño de las partículas fracturadas de la pelusa de polietileno puede estar relacionado con la actividad del catalizador y con el tiempo de residencia del catalizador en el reactor, así como también con la productividad del catalizador. Las tablas 1 y 2 proporcionan datos comerciales y resultados de cálculos para la producción de polietileno en un reactor de doble bucle con los dos reactores de bucle dispuestos en serie. Los datos presentados se encuentran en un intervalo de actividad del catalizador y del tiempo de residencia del catalizador (tiempo total de residencia a través de los dos reactores) y están asociados con la productividad del catalizador. Se lista la mediana del tamaño de partícula D-50 de pelusa de polietileno total. Como observan los expertos en la materia, el tamaño de partícula D-50 es la mediana del tamaño de partícula, es decir, definido en el cual el 50 % de las partículas en la distribución son más pequeñas que el diámetro D-50 y el 50 % de las partículas en la distribución son más grandes que el diámetro D-50.

Además, los datos 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 lista la mediana del diámetro de partículas para la porción no fracturada y cada una de las porciones fracturadas. Además, en este ejemplo, la población supuesta es 0,5 para las partículas no fracturadas, 0,267 para 2 fracturas, 0,133 para 4 fracturas, 0,067 para 8 fracturas y 0,033 para 16 fracturas. Como se mencionó, la mediana del diámetro de partículas puede ser el tamaño de partículas D-50 de la porción dada. Como observa el experto en la técnica, el tamaño

de partícula D-50 se define como el diámetro de partícula al 50 % del intervalo de población dado. Así, el tamaño de partícula D-50 es la mediana del tamaño de partícula.

Como puede ver en la Tabla 1 con el total de las partículas de pelusa, incluidas 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 aprecia el experto 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 lista un valor de VOC para cada una de las porciones fracturadas. Como puede verse en la Tabla 2, el VOC de la pelusa que se descarga de la columna de purga disminuye favorablemente al reducirse el tamaño de la partícula de pelusa, la actividad del catalizador, el tiempo de residencia del reactor y la productividad del catalizador.

Tabla 1. Fracturación de partículas de polietileno en el sistema del reactor de bucle

Actividad lbPE/lbcat/h	Tiempo de residencia, horas	Productividad lbPE/lbcat	Partículas de pelusa * no fracturado	Fractura* 2 partículas	Fractura* 4 partículas	Fractura* 8 partículas	Fractura* 16 partículas
10,000	1,50	15 000	296	148	74	37	19
10,000	1,75	17 500	312	156	78	39	19
10,000	2,00	20 000	326	163	81	41	20
10,000	2,25	22 500	339	170	85	42	21
10,000	2,50	25 000	351	176	88	44	22
30,000	1,50	45 000	427	214	107	53	27
30,000	1,75	52 500	450	225	112	56	28
30,000	2,00	60 000	470	235	118	59	29
30,000	2,25	67 500	489	244	122	61	31
30,000	2,50	75 000	506	253	127	63	32
50,000	1,50	75 000	506	253	127	63	32
50,000	1,75	87 500	533	267	133	67	33
50,000	2,00	100 000	557	279	139	70	35
50,000	2,25	112 500	580	290	145	72	36
50,000	2,50	125 000	600	300	150	75	38
10,000	1,50	15 000	494	247	123	62	31
10,000	1,75	17 500	520	260	130	65	32
10,000	2,00	20 000	543	272	136	68	34
10,000	2,25	22 500	565	283	141	71	35
10,000	2,50	25 000	585	293	146	73	37
30,000	1,50	45 000	712	356	178	89	44
30,000	1,75	52 500	749	375	187	94	47
30,000	2,00	60 000	784	392	196	98	49
30,000	2,25	67 500	815	407	204	102	51
30,000	2,50	75 000	844	422	211	106	53
50,000	1,50	75 000	844	422	211	106	53
50,000	1,75	87 500	889	444	222	111	56
50,000	2,00	100 000	929	464	232	116	58
50,000	2,25	112 500	966	483	242	121	60
50,000	2,50	125 000	1.001	500	250	125	63

* Los valores dados son la mediana del diámetro en micras para esa porción

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

VOC no fracturado * ppm	VOC 2 Parte * ppm	VOC 4 Parte * ppm	VOC 8 Parte * ppm	VOC 16 Parte * ppm	VOC promedio ppm
10000gPE/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
30000gPE/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
50000gPE/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
10000gPE/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
30000gPE/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
50000gPE/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 mediana del diámetro de en esa porción

La Figura 10 representa una modalidad alternativa de un sistema reactor de polimerización de polietileno 240 en el cual se dispone un sistema de procesamiento de pelusas 242 entre un primer reactor de bucle 50A y un segundo reactor de bucle 50B. El sistema de procesamiento de suspensión de pelusa 242 puede implicar la eliminación de los extremos

ligeros 243, tales como hidrógeno y monómero (por ejemplo, etileno), y otros componentes, de la suspensión de transferencia 21-1 que se descarga desde el primer reactor de bucle 50A, por ejemplo. Otras corrientes y procesos de recuperación pueden estar involucrados. El equipo puede incluir recipientes de vaporización, columnas de destilación, bombas, intercambiadores de calor, equipos analíticos, válvulas de control, etc. El control del tamaño de partícula (por ejemplo, el ajuste hacia un tamaño de partícula más grande) de la pelusa de polietileno que se descarga del primer reactor puede mejorar favorablemente el funcionamiento (por ejemplo, a través de una menor viscosidad de la suspensión y un sistema hidráulico mejorado) en el flujo de la suspensión y el rendimiento de la bomba, por ejemplo, en el sistema de procesamiento de la pelusa 242. Así, el control del flujo de la suspensión de transferencia, una bomba de transferencia de la suspensión, etc., dentro del sistema de procesamiento de pelusas 242 pueden estar vinculados al menos en parte con el tamaño de partícula de la pelusa, y mejorar la estabilidad de las operaciones. Además, controlar el tamaño de partícula (por ejemplo, ajustar hacia un tamaño de partícula más pequeño) puede mejorar la separación de hidrocarburos de la suspensión o de los sólidos de la pelusa de polietileno en el sistema de procesamiento de la suspensión 242. Así, el control de un recipiente de vaporización o recipiente de separación, por ejemplo, en el sistema de procesamiento de la suspensión 242 puede estar vinculado al menos en parte al tamaño de la partícula de pelusa, y la operación asociada mejora.

Al igual que con el sistema de reactor 20 discutido anteriormente, los dos reactores de bucle de suspensión (polimerización) 50A, 50B en el sistema de reactor 240 pueden estar dispuestos y operar en serie, y cambiar a operación paralela si se desea. Pueden incluirse reactores de bucle adicionales u otros reactores (por ejemplo, reactores de fase gaseosa) en la combinación ilustrada. Como se discutió, además, un reactor de bucle de suspensión 50A, 50B generalmente está compuesto por segmentos de tubería conectados por curvas suaves o codos. Pueden proporcionarse camisas de reactor 52 para eliminar el calor de la polimerización exotérmica mediante la circulación de un medio refrigerante, tal como agua tratada, a través de las camisas de reactor 52.

Los reactores 50A, 50B pueden usarse para llevar a cabo la polimerización de poliolefina (por ejemplo, polietileno) en condiciones de suspensión. Un respectivo dispositivo motriz, tal como la bomba 54A, 54B, hace circular la suspensión fluida en cada reactor 50A, 50B. El impulsor puede ser accionado por un motor 56A, 56B u otra fuerza motriz. Los diversos componentes de alimentación representados por las corrientes de alimentación 58A, 58B discutidas anteriormente pueden aplicarse al sistema reactor 240. Además, al menos una corriente de catalizador 60 se agrega al sistema reactor 240.

Una suspensión de pelusa producto 22 puede descargarse del segundo reactor de bucle 50B y someterse a un procesamiento adicional que incluye finalmente la extrusión en gránulos de polietileno. La suspensión de pelusa producto 22 puede descargarse a través de una pata de sedimentación, CTO, aislamiento, válvula, válvula Ram u otra configuración de válvulas. La suspensión de pelusa producto 22 puede incluir un polietileno monomodal (o no diferenciado) o un polietileno bimodal (o diferenciado).

Una primera línea de transferencia 21L-1 puede dirigir una primera suspensión de transferencia 21-1 desde la descarga del primer reactor de bucle 50A al sistema de procesamiento de suspensión de pelusa 242. Esta descarga del primer reactor de bucle y la línea de transferencia asociada 21L-1 puede incluir una válvula Ram, un CTO, una pata de sedimentación u otra disposición de válvula. Una segunda línea de transferencia 21L-2 puede dirigir una segunda suspensión de transferencia 21-2 desde el sistema de procesamiento de suspensión de pelusa 242 al segundo reactor de bucle 50B. En ciertos ejemplos, una bomba en el sistema de procesamiento de suspensión 242 puede proporcionar fuerza motriz para el flujo de la segunda suspensión de transferencia 21-2 a través de la segunda línea de transferencia 21L-2.

Las técnicas mencionadas anteriormente con respecto al control del tamaño de partícula de la pelusa de polietileno son aplicables a la modalidad ilustrada de la Figura 10. Por ejemplo, el tamaño de partícula de la pelusa de polietileno que se descarga desde el primer reactor 50A (en la suspensión de transferencia 21-1) y/o desde el segundo reactor 50B (en la suspensión de producto 22) puede controlarse o ajustarse mediante el ajuste de las condiciones del reactor. Dichas condiciones del reactor pueden incluir el tiempo de residencia del catalizador, la actividad del catalizador, la productividad del catalizador y la fracturación de polietileno, etc. Pueden agregarse modificadores de actividad que incluyen inhibidores de actividad. Además, la selección del catalizador, tal como con respecto al tamaño de partícula del catalizador y/o la densidad del catalizador, pueden ajustar el tamaño de partícula. El control del tamaño de partícula puede mejorar favorablemente la operatividad en los reactores 50, el sistema de procesamiento de la suspensión 242 y las operaciones y equipos de la unidad aguas abajo.

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

Como se discute a continuación, el propósito del sistema concentrador 244 puede ser formar una corriente de reciclaje para facilitar el control de la concentración de sólidos en el primer reactor de bucle 50A. Además, el sistema concentrador

244 puede reducir la carga de hidrocarburos (por ejemplo, diluyente, monómero, comonómero, etc.) enviada al sistema de eliminación de ligeros 246.

Como se indicó, el sistema concentrador 244 puede eliminarse y la suspensión de transferencia 21-1 se descarga desde el primer reactor 50A y se envía al sistema de eliminación de ligeros 246 u otro sistema de tratamiento de suspensión. En ciertos ejemplos, se emplea un despegue continuo (CTO) en lugar de o además del sistema concentrador 244, y el CTO se dispone, por ejemplo, en la descarga del primer reactor 50A en la línea de transferencia 21L-1. El CTO en tales ejemplos puede propiciar la concentración de la suspensión de transferencia 21-1 en relación con la suspensión circulante en el primer reactor de bucle 50A.

En la modalidad ilustrada, la línea de transferencia 21L-1 lleva la suspensión de transferencia de pelusa 21-1 descargada desde el primer reactor de polimerización 50A al hidrociclón 248 del sistema concentrador 244. Una corriente de reciclaje 250 desde el hidrociclón 248 puede retornarse a través de una bomba 252 al primer reactor 50A. La corriente de reciclaje 250 puede incluir diluyente y partículas finas de pelusa (que pueden tener catalizador activo). La velocidad de flujo de la corriente de reciclaje 250 puede regularse para facilitar el control de la concentración de sólidos de la suspensión que circula en el primer reactor de bucle 50A. La velocidad de flujo de la corriente de reciclaje 250 puede modularse con una válvula de control (no mostrada), y/o mediante el control de la velocidad de la bomba 250, y así sucesivamente. En cuanto a la corriente de sólidos primarios desde el hidrociclón 248, una corriente de suspensión de sólidos concentrados 254 sale del hidrociclón 108 a través de una válvula de bajada de presión 255 al sistema de eliminación de gas ligero 246.

En este ejemplo, el sistema de eliminación de ligeros 246 puede eliminar componentes ligeros 243 (por ejemplo, hidrógeno, monómero de etileno, etc.) de la suspensión de transferencia 21-1 que se descarga desde el primer reactor de polimerización 50A. En el caso de la eliminación de hidrógeno, puede ser beneficiosa en la 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, pueden tenerse en cuenta otras aplicaciones, tales como con el monómero (por ejemplo, etileno), comonómeros ligeros, diluyentes ligeros, no condensables y otros componentes ligeros. En ciertos ejemplos, un componente "ligero" puede especificarse como un componente que tiene un punto de ebullición más bajo que el diluyente (por ejemplo, isobutano) empleado en el primer reactor de bucle 50A. Además, pueden realizarse diversas aplicaciones dirigidas a componentes pesados (comonómeros pesados, aditivos, etc.) mediante el reciclaje desde el sistema concentrador 244 al primer reactor 50A, así como también mediante la descarga de componentes más pesados desde el sistema de eliminación de ligeros 246 (es decir, a través del fondo del recipiente de vaporización 256, el fondo de la columna de fraccionamiento 258, etc.) al segundo reactor 50A en la suspensión de transferencia 21-2, y así sucesivamente.

En el ejemplo ilustrado de la Figura 11, el sistema de eliminación de gas ligero 246 incluye un recipiente de vaporización 256 y una columna de destilación o fraccionamiento 258. En un ejemplo, el recipiente de vaporización 256 tiene una camisa (no mostrada) para un medio de calentamiento tal como vapor, condensado de vapor, etc. En el caso del vapor, el calor latente puede transferirse al contenido del recipiente de vaporización 256. El recipiente de vaporización 256 puede tener, además, un mezclador o agitador 260.

La columna de fraccionamiento aguas abajo 258 puede tener una pluralidad de etapas teóricas proporcionadas por múltiples bandejas de destilación 262. Además, la columna de fraccionamiento 258 puede tener un condensador superior 264 dispuesto en la parte superior de la columna de fraccionamiento 258 en este ejemplo. Además, el recipiente de vaporización 256, cuando está equipado con la camisa referida anteriormente, puede funcionar como un calderín para la columna de fraccionamiento 258. El recipiente de vaporización 256 también funciona como un tanque agitado para recoger sólidos.

En funcionamiento, la corriente de suspensión de sólidos 254 del hidrociclón 248 entra en el recipiente de vaporización 256 donde los hidrocarburos, tales como diluyente, monómero y comonómero, se evaporan rápidamente y se envían como corriente de alimentación 266 a la columna de fraccionamiento 258. La presión del recipiente de vaporización 256 puede mantenerse, por ejemplo, de 50 psi a 300 psi menos que la presión en el primer reactor de bucle 50A. Tal presión operativa en la vaporización de una etapa única en el recipiente de vaporización 256 en este ejemplo puede proporcionar tanto la evaporación de algo de diluyente al aire, así como también la descarga de diluyente líquido desde el fondo del recipiente de vaporización 256.

Además del diluyente y el monómero, la corriente de alimentación aérea 266 desde el recipiente de vaporización 256 a la columna de fraccionamiento 258 puede contener hidrógeno atrapado si se agrega en el primer reactor 50A, así como también algunas partículas de pelusa que incluyen partículas finas. La mayoría de las partículas de pelusa de polietileno se depositan en el recipiente de vaporización 256, y se descargan desde una parte inferior del recipiente de vaporización 256 como la suspensión de transferencia 21-2 (ver además la Figura 10). El diluyente 270 (por ejemplo, isobutano) puede agregarse al recipiente de vaporización 256.

La suspensión de transferencia 21-2 que se descarga desde el fondo del recipiente de vaporización 256 puede bombearse a través de una serie de bombas 272 al segundo reactor de bucle 50B a través de la línea de transferencia 21L-2. Una porción 274 de la suspensión de transferencia 21-2 al segundo reactor 50B puede reciclarse al recipiente de vaporización 256 a través de una válvula de control de flujo 276 en la modalidad ilustrada. Además, en ciertos ejemplos, la porción

reciclada 274 puede muestrearse, y el hidrocarburo en la muestra puede analizarse con un cromatógrafo de gases, por ejemplo, para determinar la composición del hidrocarburo en la suspensión de transferencia 21-2. Tales resultados de los análisis de composición pueden usarse para facilitar el control de las alimentaciones a los reactores 50A, 50B y las concentraciones de componentes en los reactores 50A, 50B y similares.

En cuanto a la parte superior del recipiente de vaporización 256, la corriente de alimentación 266 se descarga desde el recipiente de vaporización 256 a la columna de fraccionamiento 258 donde el vapor viaja hacia arriba por la columna de fraccionamiento 258. Como se indicó, una camisa de vapor en el recipiente de vaporización 256 puede funcionar como un calderín que proporciona calor al fondo de la columna de fraccionamiento 256. El vapor se mueve hacia arriba por la columna 258 y la mayor parte del diluyente y también cualquier comonómero pesado (por ejemplo, 1-hexeno) es condensado por el condensador superior 264 y cae como un líquido junto con cualquier partícula fina de polietileno arrancada hacia el recipiente de vaporización 256 a través de corriente 278. El diluyente 270 (por ejemplo, isobutano) puede agregarse a la columna de fraccionamiento 258.

Una corriente de componentes ligeros 243 se descarga al aire desde la columna de fraccionamiento 258 a través de una válvula de control de presión 276 a un sistema de recuperación de extremos ligeros, por ejemplo. La corriente de componentes ligeros 243 puede muestrearse y analizarse para determinar su composición, tal como con un cromatógrafo de gases. Los resultados del análisis de composición pueden usarse para facilitar el control de las concentraciones de componentes en los reactores 50A, 50B, para ajustar las velocidades de flujo de las corrientes de alimentación a los reactores 50A, 50B y similares.

El ejemplo ilustrado de la Figura 11 puede proporcionar un control más independiente del tamaño de partícula de pelusa en el primer reactor 50B frente al segundo reactor 50B en ciertos casos. Por ejemplo, sustancialmente todo o una parte de un modificador de la actividad del catalizador (inhibidor y/o promotor) agregado al primer reactor 50A puede reciclarse al primer reactor 50A a través del sistema concentrador 244, y/o eliminarse en la corriente de componentes ligeros 243 si el modificador de la actividad del catalizador es un componente ligero, y así sucesivamente. En otro caso, 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 puede, en algunos ejemplos, comunicarse menos al segundo reactor 50B debido a la presencia del sistema de procesamiento de suspensión 242 intermedio entre el primer reactor 50A y 50B, y similares.

Modalidad A

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

Modalidad B

El método de la modalidad A, que comprende proporcionar etileno, diluyente y el catalizador al primer reactor de polimerización, y proporcionar etileno y diluyente al segundo reactor de polimerización.

Modalidad C

El método de las modalidades A a B, que comprende de qué manera ajustar el tiempo de residencia incluye ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización.

Modalidad D

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

Modalidad E

El método de las modalidades A a D, en donde 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.

Modalidad F

El método de las modalidades A a E, en donde 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.

Modalidad G

El método de las modalidades A a F, en donde ajustar el primer tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización.

Modalidad H

El método de las modalidades A a G, en donde 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.

Modalidad I

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

Modalidad J

El método de las modalidades A a I, en donde el primer reactor de polimerización y el segundo reactor de polimerización comprenden cada uno un reactor de fase líquida.

Modalidad K

El método de las modalidades A a J, en donde el primer reactor de polimerización y el segundo reactor de polimerización comprenden cada uno un reactor de bucle.

Modalidad L

El método de las modalidades A a K, que comprende controlar adicionalmente el tamaño de partícula de las partículas producto mediante el ajuste de la actividad del catalizador en el primer reactor de polimerización y/o en el segundo reactor de polimerización.

Modalidad M

El método de las modalidades A a L, en donde ajustar la actividad comprende añadir un inhibidor de actividad al primer reactor de polimerización y/o al segundo reactor de polimerización.

Modalidad N

El método de las modalidades A a M, en donde el inhibidor de actividad comprende un veneno de catalizador.

Modalidad O

El método de las modalidades A a N, que comprende seleccionar un catalizador alternativo y alimentar el catalizador alternativo al primer reactor de polimerización para dar partículas producto alternativas que se descargan desde el segundo reactor de polimerización, las partículas producto alternativas tienen una media del tamaño de partícula diferente que las partículas producto.

Modalidad P

El método de las modalidades A a O, que comprende proporcionar más hidrógeno al primer reactor de polimerización que al segundo reactor de polimerización, o proporcionar más hidrógeno al segundo reactor de polimerización que al primer reactor de polimerización.

Modalidad Q

El método de las modalidades A a P, que comprende proporcionar comonómero al primer reactor de polimerización y/o al segundo reactor de polimerización.

Modalidad R

El método de las modalidades A a Q, en donde el comonómero comprende propileno, buteno, 1-penteno, 1-hexeno, 1-octeno y/o 1-deceno.

Modalidad S

El método de las modalidades A a R, que comprende alimentar más comonómero al primer reactor de polimerización que al segundo reactor de polimerización, o alimentar más comonómero al segundo reactor de polimerización que al primer reactor de polimerización.

Modalidad T

El método de las modalidades A a S, en donde el primer polietileno y el segundo polietileno se combinan para dar un polietileno monomodal o un polietileno bimodal.

Modalidad U

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

Modalidad V

El método de la modalidad U, en donde ajustar la actividad comprende añadir un inhibidor de actividad al primer reactor de polimerización y/o al segundo reactor de polimerización.

Modalidad W

El método de las modalidades U a V, en donde el inhibidor de la actividad comprende un veneno de catalizador.

Modalidad X

El método de las modalidades U a W, en donde controlar el tamaño de partícula de las partículas producto de polietileno comprende, además, seleccionar un catalizador alternativo y alimentar el catalizador alternativo al primer reactor de polimerización.

Modalidad Y

El método de las modalidades 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.

Modalidad Z

El método de las modalidades U a Y comprende además controlar un tamaño de partícula de las partículas producto mediante el ajuste de un tiempo de residencia del catalizador a través del primer reactor de polimerización y/o del segundo reactor de polimerización.

Modalidad AA

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

Modalidad AB

El método de las modalidades U a AA, en donde ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al segundo reactor de polimerización.

Modalidad AC

El método de las modalidades U a AB, en donde 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.

Modalidad AD

El método de las modalidades U a AC, en donde 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.

Modalidad AE

Un método para aumentar la eficiencia de separar hidrocarburos residuales de partículas de polietileno en un recipiente de purga, que comprende: polimerizar etileno sobre un catalizador en un sistema reactor para formar partículas de polietileno, el sistema reactor comprende 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 los hidrocarburos de las partículas de polietileno; descargar las partículas de polietileno del recipiente de vaporización a un recipiente de purga para separar los hidrocarburos residuales 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 los hidrocarburos residuales de las partículas de polietileno en un recipiente de purga aguas abajo.

Modalidad AF

El método de la modalidad AE, en donde ajustar el tamaño de partícula comprende ajustar el tamaño de partícula de las partículas de polietileno fracturadas en el sistema reactor.

Modalidad AG

El método de modalidades AE a AF, en donde ajustar el tamaño de partícula comprende ajustar la productividad del catalizador en el sistema reactor.

Modalidad AH

El método de modalidades AE a AG, en donde 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.

Modalidad AI

El método de las modalidades AE a AH, en donde el ajuste de la productividad comprende añadir un inhibidor de actividad al primer reactor de polimerización o al segundo reactor de polimerización o a ambos.

Modalidad AJ

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

Modalidad AK

El método de las modalidades AE a AJ, en donde ajustar el tamaño de partícula comprende ajustar el tiempo de residencia del catalizador en el sistema reactor.

Modalidad AL

El método de las modalidades AE a AK, en donde 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.

Modalidad AM

El método de las modalidades AE a AL, en donde descargar las partículas de polietileno desde el segundo reactor de polimerización comprende descargar continuamente las partículas de polietileno desde el segundo reactor de polimerización.

Modalidad AN

El método de las modalidades AE a AM, en donde el ajuste del tamaño de partícula comprende seleccionar y alimentar un catalizador alternativo que tiene una densidad de partícula de catalizador para dar una cantidad deseada de fracturas de las partículas de pelusa de polietileno en el sistema reactor.

REIVINDICACIONES

1. Un método para operar un sistema reactor de polietileno, que comprende: polimerizar etileno en un 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 sobre el catalizador en las partículas intermedias en el segundo reactor de polimerización para formar partículas producto que tienen el catalizador, el primer polietileno y el segundo polietileno; descargar las partículas producto desde el segundo reactor de polimerización; y controlar un tamaño de partícula de las partículas producto mediante el ajuste de un tiempo de residencia del catalizador a través del primer reactor de polimerización, el segundo reactor de polimerización, o ambos reactores de polimerización primero y segundo.

2. El método de conformidad con la reivindicación 1, que comprende proporcionar etileno, diluyente y el catalizador al primer reactor de polimerización, y proporcionar etileno y diluyente al segundo reactor de polimerización.

3. El método de conformidad con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende en donde ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización, o en donde ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al segundo reactor de polimerización.

4. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una concentración de sólidos en el primer reactor de polimerización, en el segundo reactor de polimerización, o en ambos reactores de polimerización primero y segundo.

5. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde 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 ambos, el primer tiempo de residencia y el segundo tiempo de residencia.

6. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde ajustar el primer tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización.

7. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde ajustar el segundo tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una primera corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización, ajustar una velocidad de una segunda corriente de alimentación de diluyente al segundo reactor de polimerización, o ajustar una velocidad de una primera corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización y ajustar una velocidad de una segunda corriente de alimentación de diluyente al segundo reactor de polimerización.

8. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde ajustar el primer tiempo de residencia comprende ajustar la concentración de sólidos en el primer reactor de polimerización, y en donde ajustar el segundo tiempo de residencia comprende ajustar la concentración de sólidos en el segundo reactor de polimerización.

9. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el primer reactor de polimerización y el segundo reactor de polimerización comprenden cada uno un reactor de fase líquida.

10. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde el primer reactor de polimerización y el segundo reactor de polimerización comprenden cada uno un reactor de bucle.

11. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende controlar adicionalmente el tamaño de partícula de las partículas producto mediante el ajuste de la actividad del catalizador en el primer reactor de polimerización, en el segundo reactor de polimerización, o en ambos reactores de polimerización primero y segundo.

12. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde ajustar la actividad comprende agregar un inhibidor de actividad al primer reactor de polimerización, al segundo reactor de polimerización, o a ambos, reactores de polimerización primero y segundo, en donde el inhibidor de actividad comprende un veneno de catalizador.

13. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende alimentar comonómero al primer reactor de polimerización, al segundo reactor de polimerización, o a ambos reactores de polimerización primero y segundo.

14. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en donde el primer polietileno y el segundo polietileno se combinan para dar un polietileno monomodal, un polietileno bimodal o un polietileno multimodal.

15. Un método para operar un sistema reactor de polietileno, que comprende: polimerizar etileno sobre un catalizador en un primer reactor de polimerización para formar un primer polietileno y para formar partículas intermedias de polietileno que comprenden el catalizador y el primer polietileno; descargar las partículas intermedias de polietileno desde el primer reactor de polimerización a un segundo reactor de polimerización; polimerizar etileno sobre el catalizador en el segundo reactor de polimerización para formar un segundo polietileno y para formar partículas de polietileno producto que comprenden el catalizador, el primer polietileno y el segundo polietileno; descargar las partículas de polietileno producto desde el segundo reactor de polimerización; y controlar un tamaño de partícula de las partículas de polietileno producto mediante el ajuste de la actividad del catalizador en el primer reactor de polimerización, en el segundo reactor de polimerización, o en ambos reactores de polimerización primero y segundo.

16. El método de conformidad con la reivindicación 15, en donde ajustar la actividad comprende agregar un inhibidor de actividad al primer reactor de polimerización, al segundo reactor de polimerización, o a ambos reactores de polimerización primero y segundo, en donde el inhibidor de actividad comprende un veneno de catalizador.

17. El método de conformidad con la reivindicación 15 o 16, que comprende controlar adicionalmente un tamaño de partícula de las partículas producto mediante el ajuste de un tiempo de residencia del catalizador a través del primer reactor de polimerización, el segundo reactor de polimerización o ambos reactores de polimerización primero y segundo.

18. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, en donde ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al primer reactor de polimerización, o en donde ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una velocidad de una corriente de alimentación de diluyente al segundo reactor de polimerización.

19. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 18, en donde ajustar el tiempo de residencia comprende ajustar una concentración de sólidos en el primer reactor de polimerización, en el segundo reactor de polimerización, o en ambos reactores de polimerización primero y segundo.

20. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 19, en donde 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 ambos, el primer tiempo de residencia y el segundo tiempo de residencia.

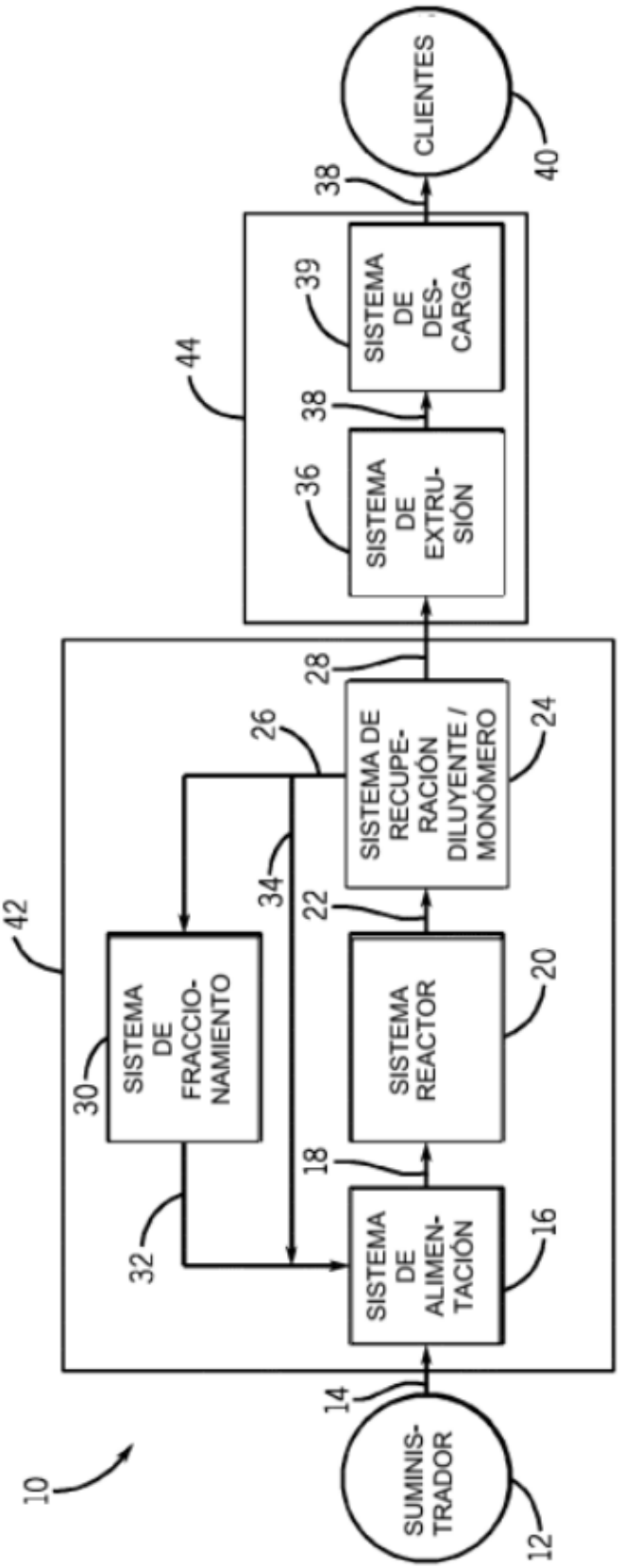
10
SUMINIS-
TRADOR
12
14
SISTEMA
DE
ALIMEN-
TACIÓN
16
18
SISTEMA
REACTOR
20
22
SISTEMA DE
RECUPE-
RACIÓN
DILUYENTE /
MONÓMERO
24
26
28
SISTEMA
DE
FRACCIO-
NAMIENTO
30
32
34
42
SISTEMA
DE
EXTRU-
SIÓN
36
38
SISTEMA
DE
DES-
CARGA
39
38
44
CLIENTES
40

FIG. 1

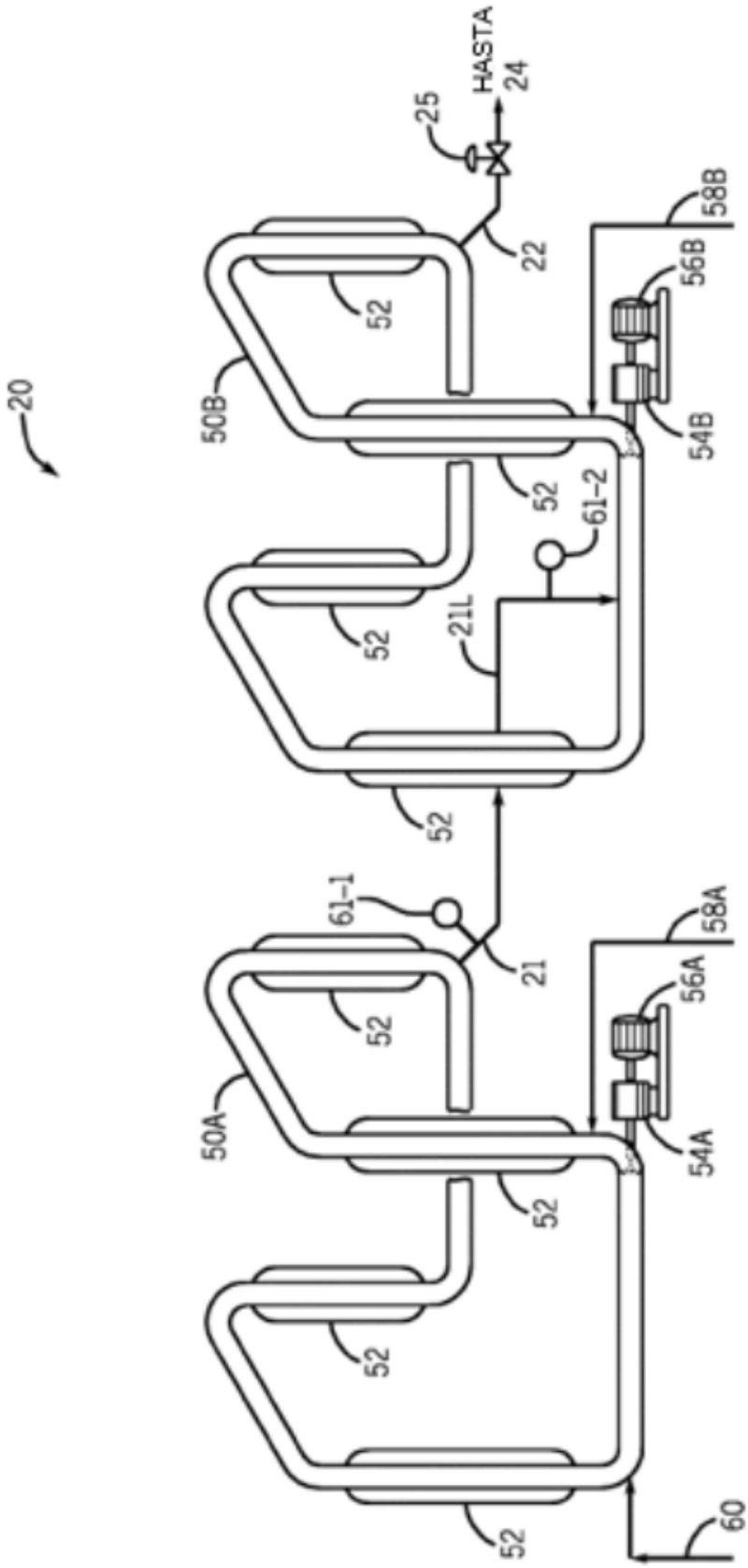
20
50B
52
52
52
52
25
HASTA
24
22
58B
56B
54B
61-2
21L
61-1
21
58A
56A
54A
50A
52
52
52
52
60

FIG. 2

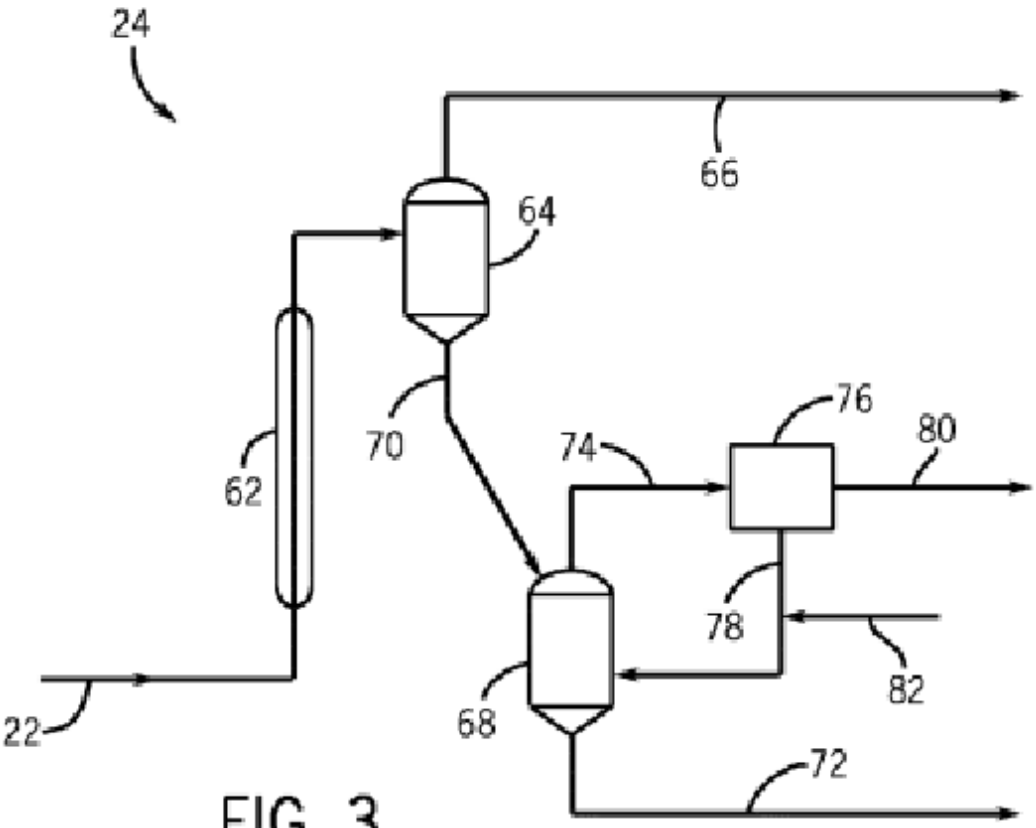

FIG. 3

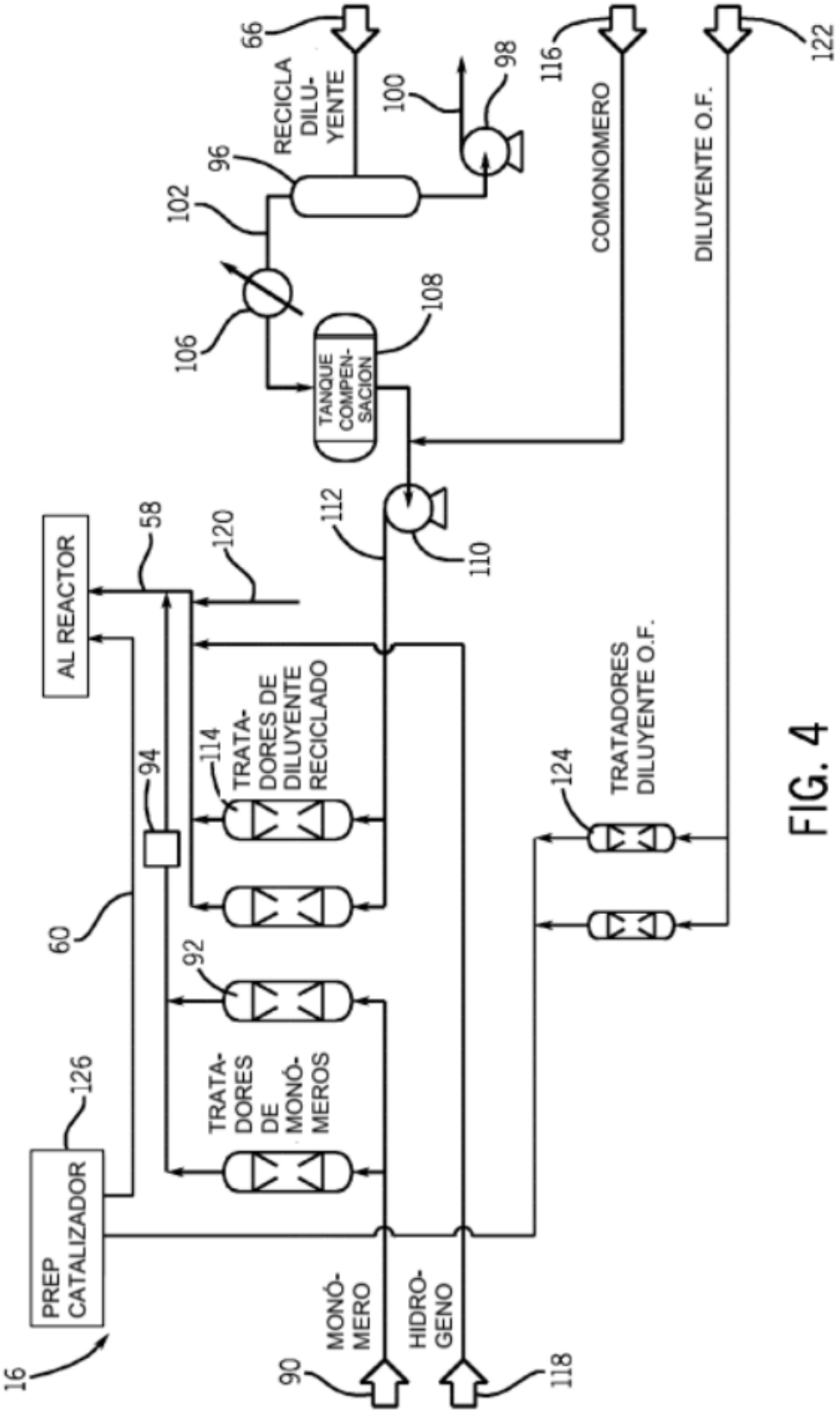
66
RECICLA DILU-YENTE
96
102
106
100
98
116
COMONOMERO
122
DILUYENTE O.F.
108
TANQUE COMPEN-SACION
112
110
AL REACTOR
58
120
114
TRATA-DORES DE DILUYENTE RECICLADO
94
60
92
TRATA-DORES DE MONÓ-MEROS
126
PREP CATALIZADOR
16
124
TRATADORES DILUYENTE O.F.
MONÓ-MERO
HIDRO-GENO
90
118

FIG. 4

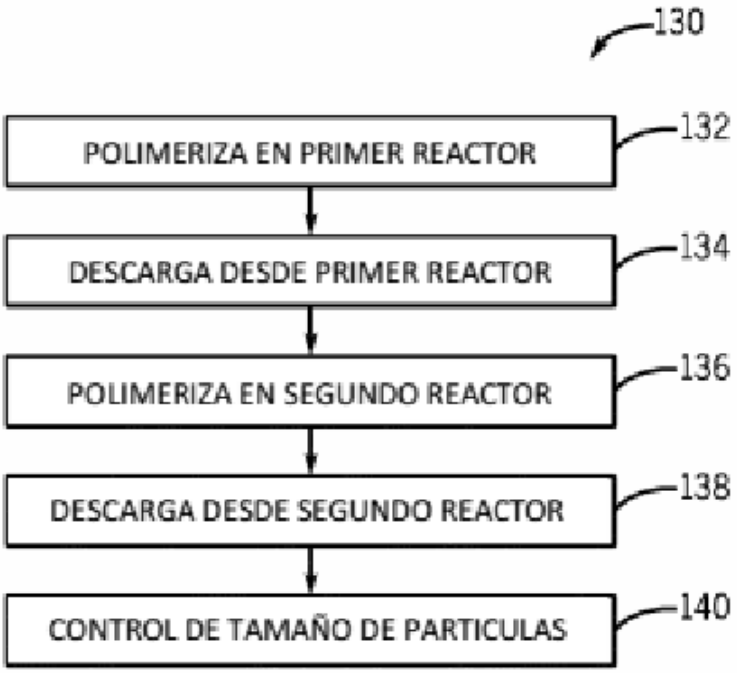
130
POLIMERIZA EN PRIMER REACTOR
132
DESCARGA DESDE PRIMER REACTOR
134
POLIMERIZA EN SEGUNDO REACTOR
136
DESCARGA DESDE SEGUNDO REACTOR
138
CONTROL DE TAMAÑO DE PARTICULAS
140

FIG. 5

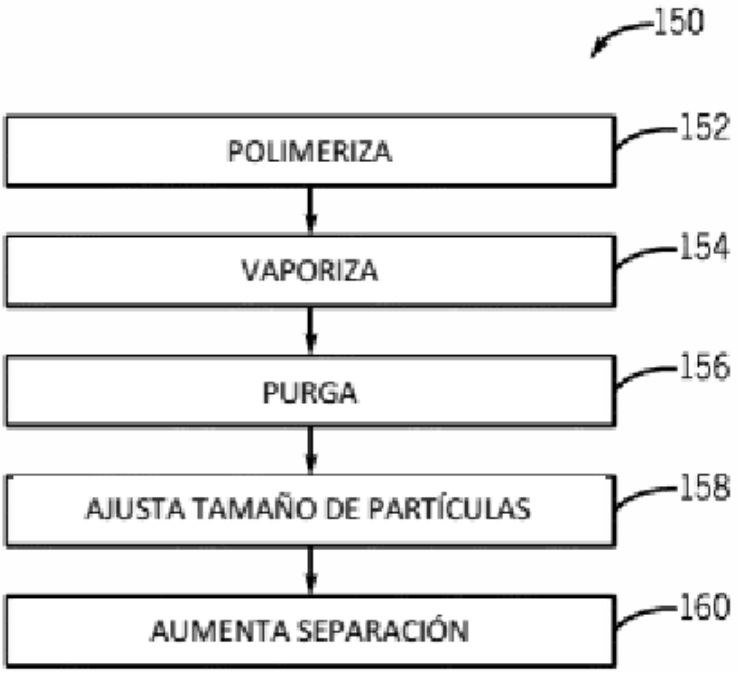
150
POLIMERIZA
152
VAPORIZA
154
PURGA
156
AJUSTA TAMAÑO DE PARTÍCULAS
158
AUMENTA SEPARACIÓN
160

FIG. 6

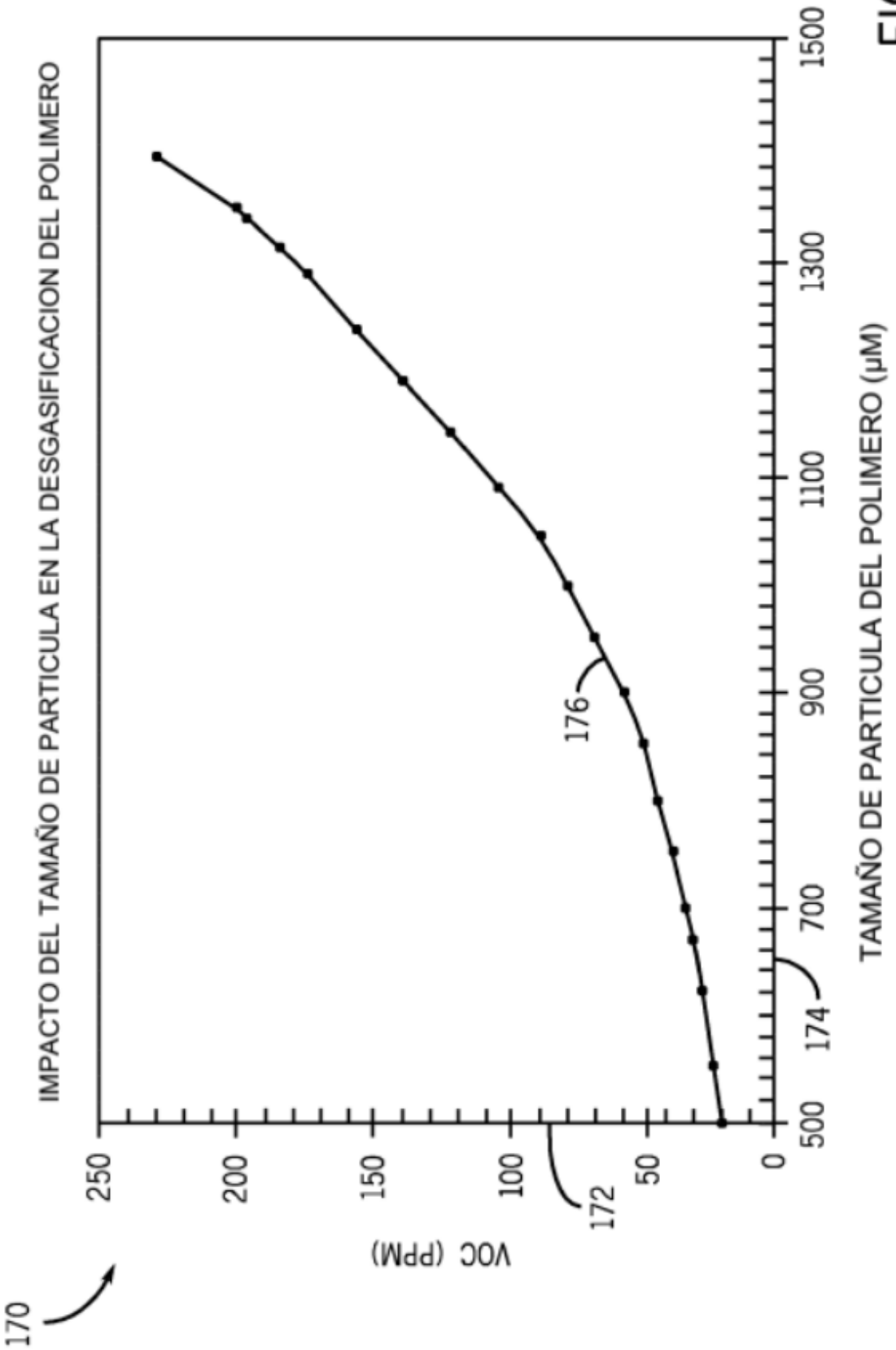
IMPACTO DEL TAMAÑO DE PARTICULA EN LA DESGASIFICACION DEL POLIMERO
VOC (PPM)
250
200
150
100
50
0
500
700
900
1100
1300
1500
TAMAÑO DE PARTICULA DEL POLIMERO (µM)
170
172
174
176

FIG. 7

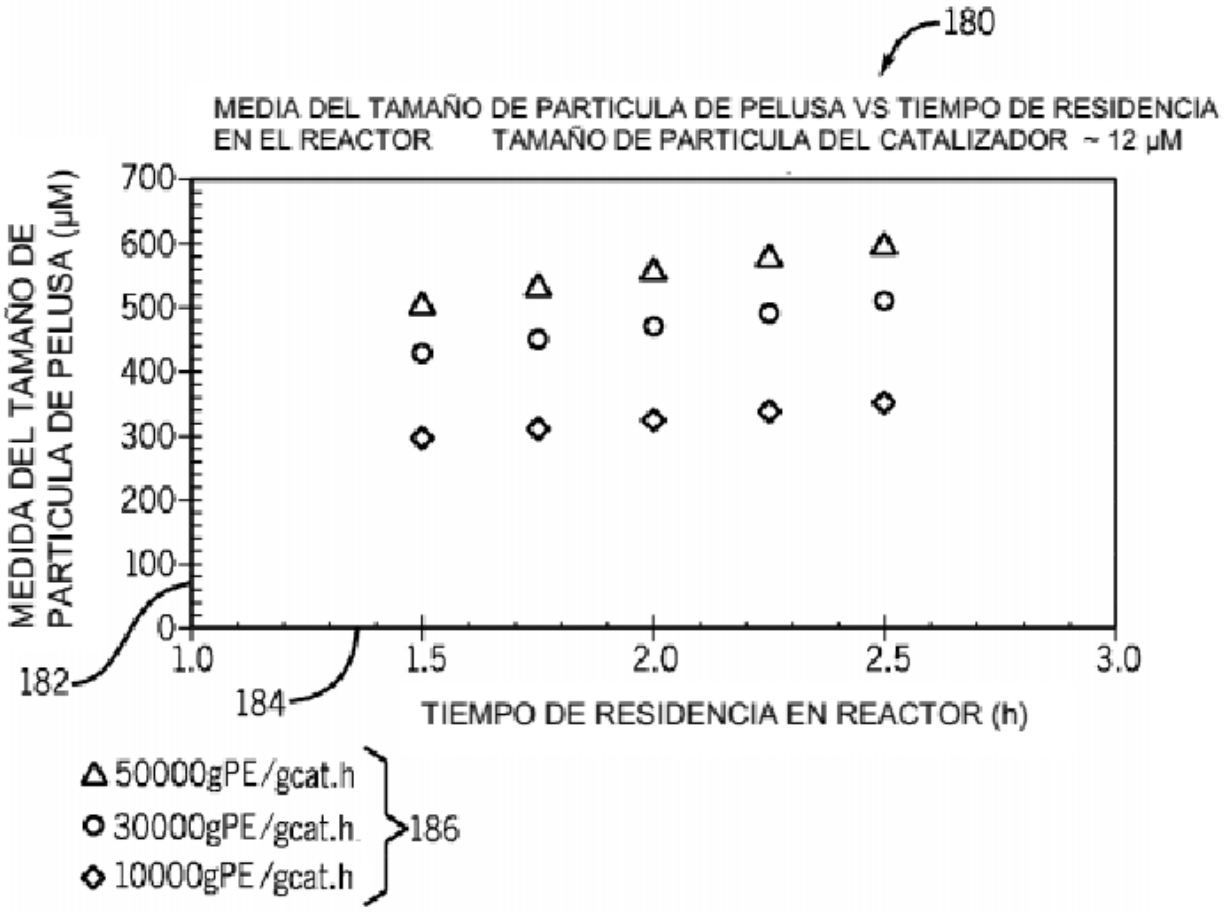
180
MEDIA DEL TAMAÑO DE PARTICULA DE PELUSA VS TIEMPO DE RESIDENCIA EN EL REACTOR
TAMAÑO DE PARTICULA DEL CATALIZADOR ~ 12 μM
MEDIDA DEL TAMAÑO DE PARTICULA DE PELUSA (μM)
700
600
500
400
300
200
100
0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
182
184
TIEMPO DE RESIDENCIA EN REACTOR (h)
50000gPE/gcat.h
30000gPE/gcat.h
10000gPE/gcat.h
186

FIG. 8A

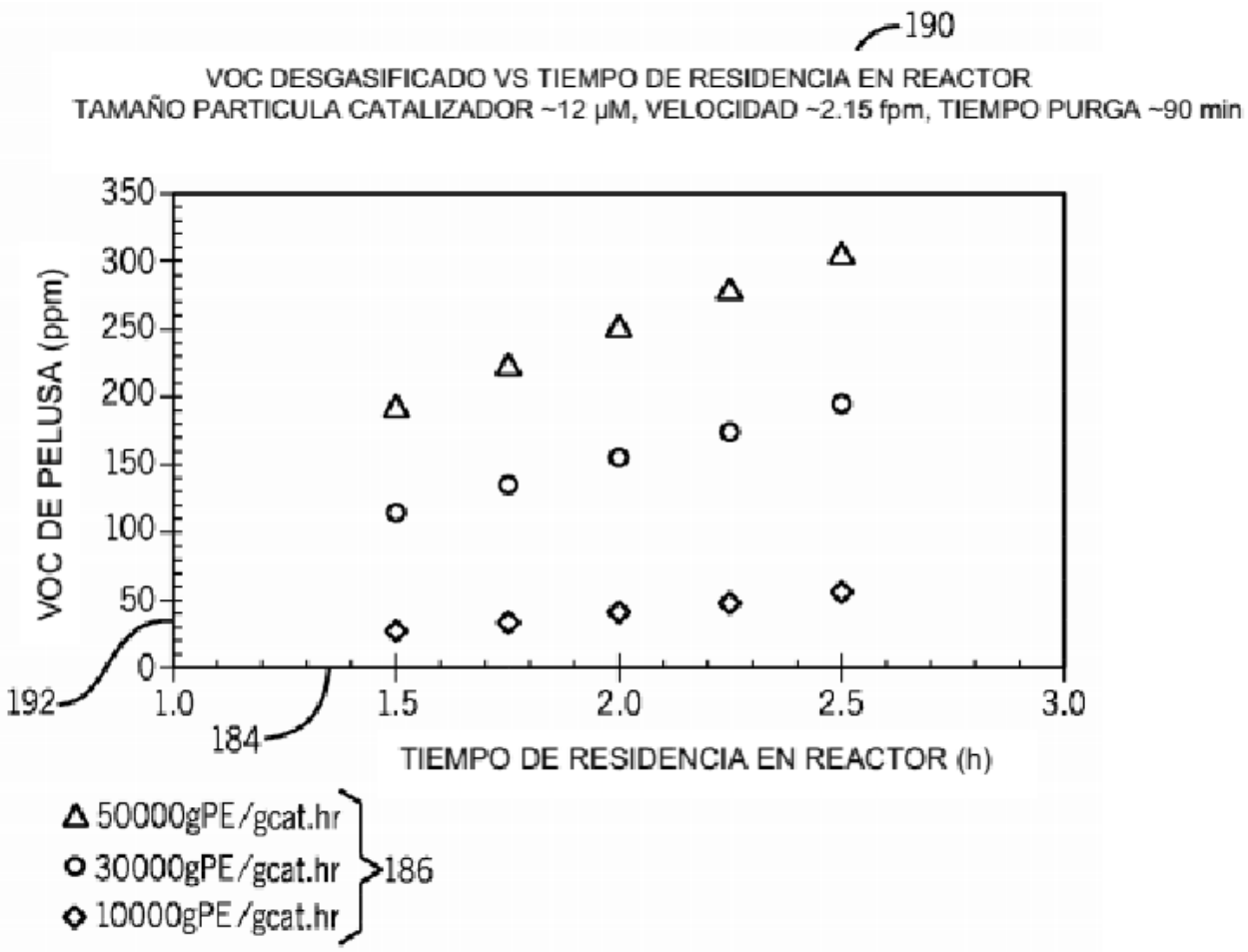
190
VOC DESGASIFICADO VS TIEMPO DE RESIDENCIA EN REACTOR
TAMAÑO PARTICULA CATALIZADOR ~12 μM, VELOCIDAD ~2.15 fpm, TIEMPO PURGA ~90 min
VOC DE PELUSA (ppm)
350
300
250
200
150
100
50
0
192
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
184
TIEMPO DE RESIDENCIA EN REACTOR (h)
50000gPE/gcat.hr
30000gPE/gcat.hr
10000gPE/gcat.hr
186

FIG. 8B

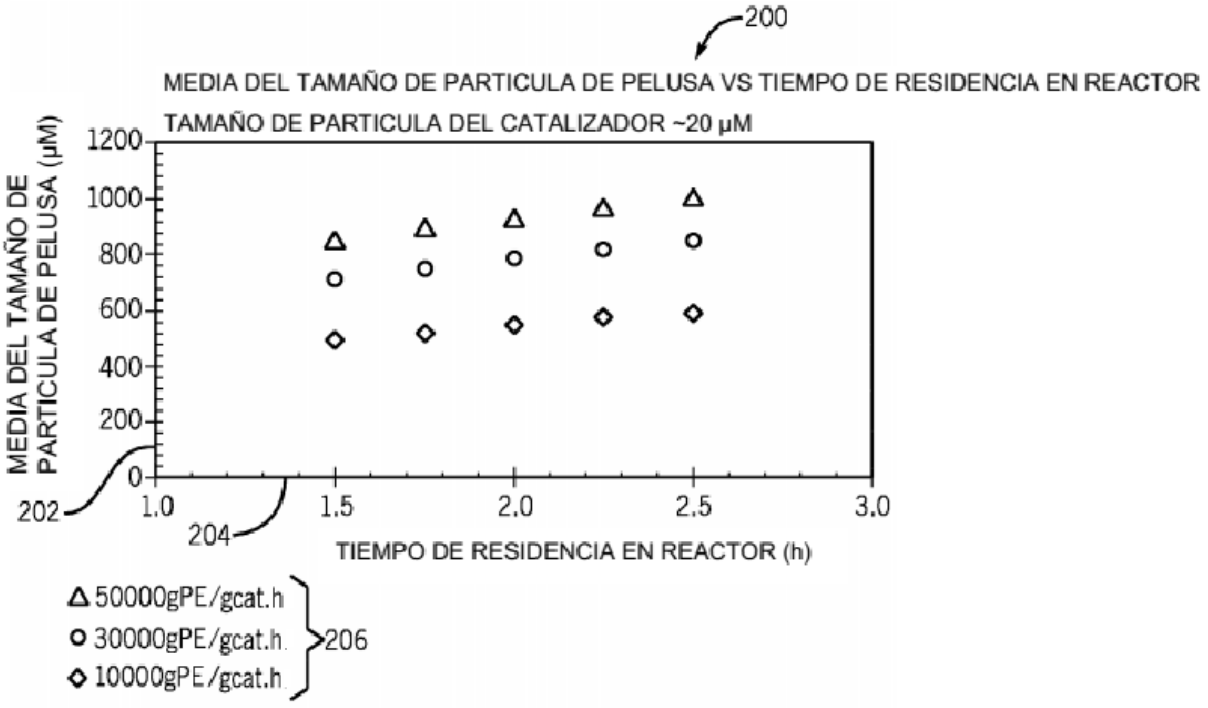
200
MEDIA DEL TAMAÑO DE PARTICULA DE PELUSA VS TIEMPO DE RESIDENCIA EN REACTOR
TAMAÑO DE PARTICULA DEL CATALIZADOR ~20 µM
MEDIA DEL TAMAÑO DE PARTICULA DE PELUSA (µM)
1200
1000
800
600
400
200
0
202
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
204
TIEMPO DE RESIDENCIA EN REACTOR (h)
50000gPE/gcat.h
30000gPE/gcat.h
10000gPE/gcat.h
206

FIG. 9A

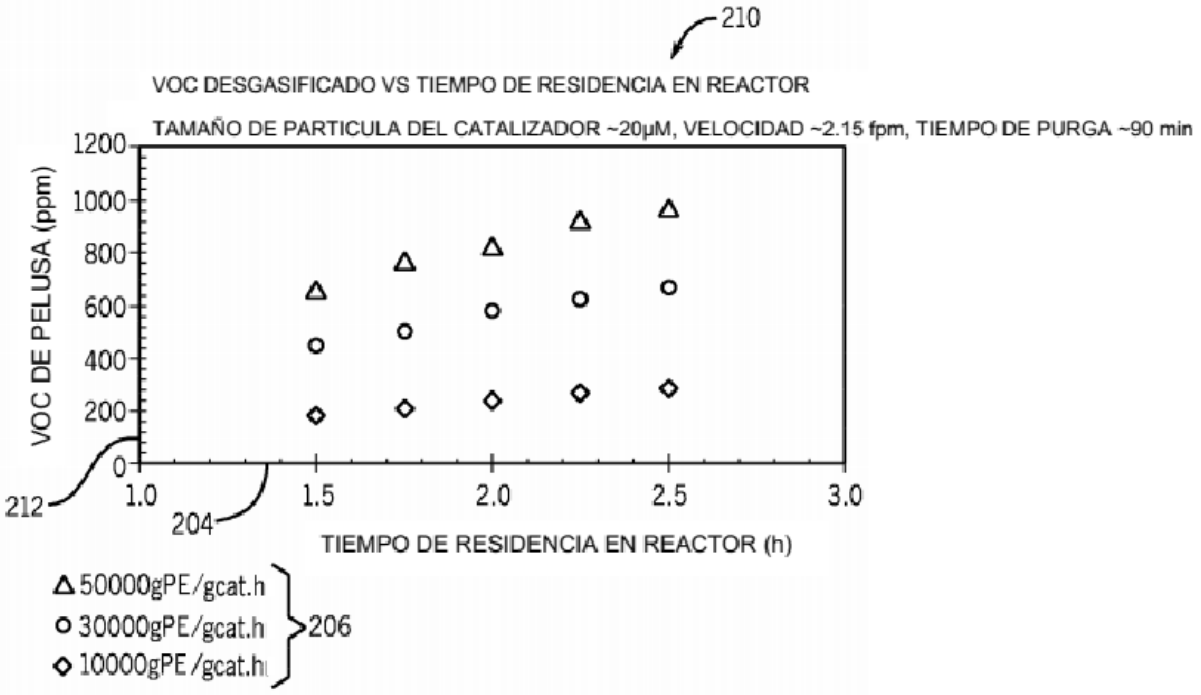
210
VOC DESGASIFICADO VS TIEMPO DE RESIDENCIA EN REACTOR
TAMAÑO DE PARTICULA DEL CATALIZADOR ~20μM, VELOCIDAD ~2.15 fpm, TIEMPO DE PURGA ~90 min
VOC DE PELUSA (ppm)
1200
1000
800
600
400
200
0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
212
204
TIEMPO DE RESIDENCIA EN REACTOR (h)
50000gPE/gcat.h
30000gPE/gcat.h
10000gPE/gcat.h
206

FIG. 9B

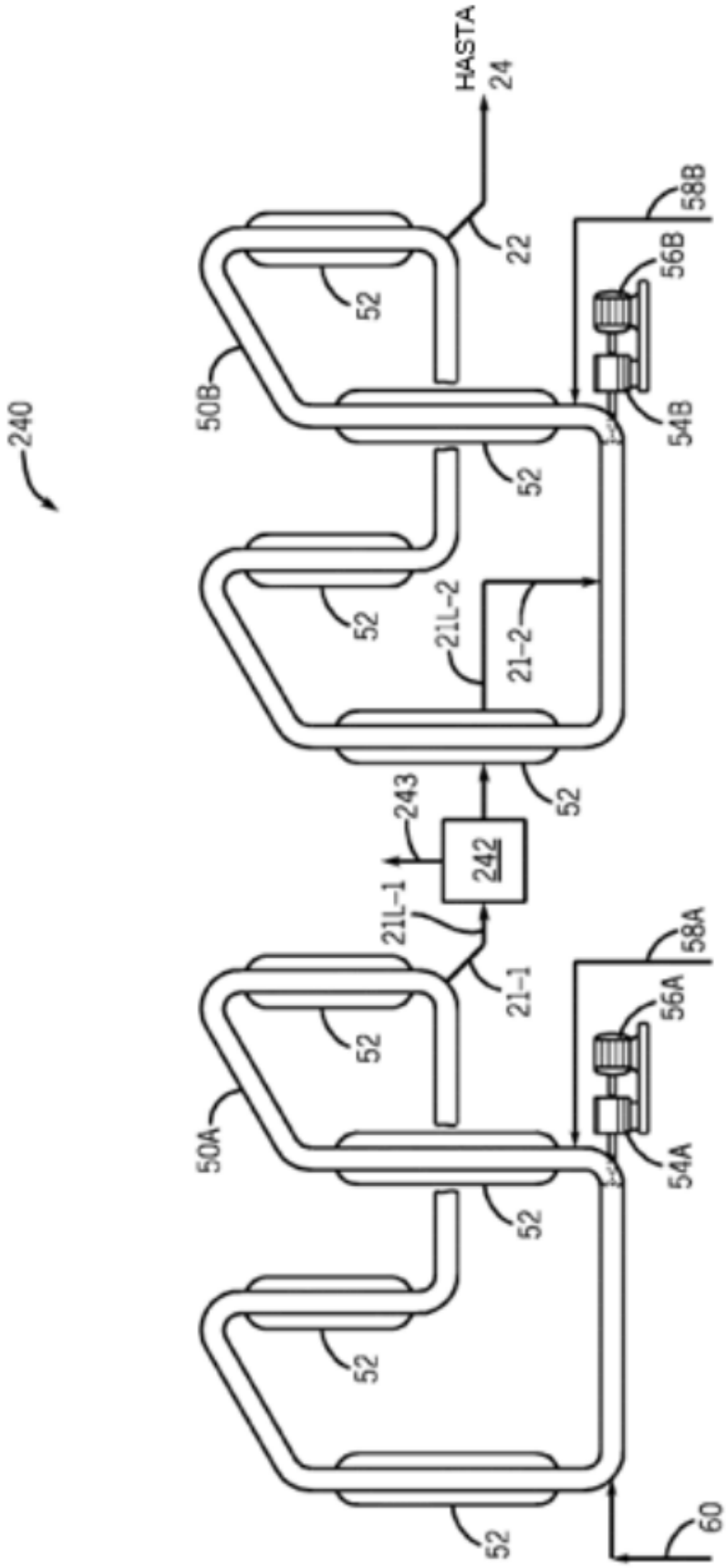
240
HASTA
24
22
58B
56B
54B
50B
52
21L-2
21-2
243
242
21L-1
21-1
58A
56A
54A
50A
60

FIG. 10

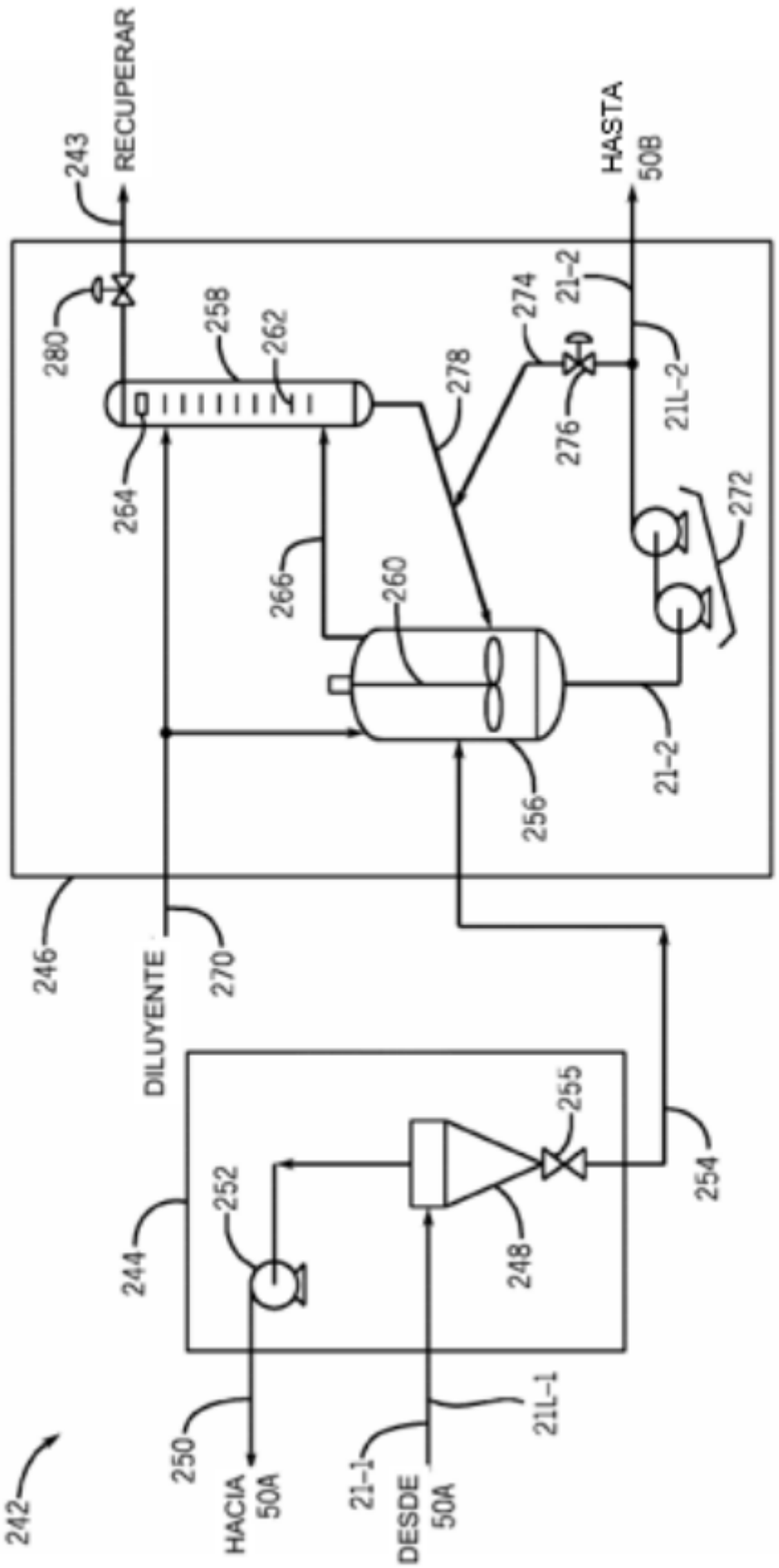
RECUPERAR
243
280
258
262
264
266
260
278
274
276
21-2
21L-2
HASTA
50B
272
256
21-2
246
DILUYENTE
270
244
252
248
255
254
250
HACIA
50A
21-1
DESDE
50A
21L-1
242

FIG. 15