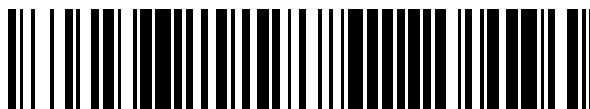


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 427 117**

51 Int. Cl.:

B01J 8/20 (2006.01)
C08F 6/00 (2006.01)
B01J 8/22 (2006.01)
B01J 19/00 (2006.01)
B01J 19/18 (2006.01)
C08F 10/00 (2006.01)
C08F 2/01 (2006.01)
C08F 2/14 (2006.01)
B01J 8/00 (2006.01)
B01J 8/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.09.2003 E 03754628 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2013 EP 1549680**

54 Título: **Aparatos y procedimientos de bombeo mejorado para reactores de bucle para polimerización en suspensión**

30 Prioridad:

17.09.2002 US 411612 P
16.09.2003 US 663322

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.10.2013

73 Titular/es:

CHEVRON PHILLIPS CHEMICAL COMPANY LP
(50.0%)
10001 Six Pines Drive
The Woodlands, TX 77380, US y
FLOWERVE MANAGEMENT COMPANY (50.0%)

72 Inventor/es:

HOTTOVY, JOHN D.;
ZELLERS, DALE A.;
FRANKLIN, ROBERT K. y
RUSSEL, DONALD PAUL

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 427 117 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

Aparatos y procedimientos de bombeo mejorado para reactores de bucle para polimerización en suspensión

Campo de la invención

- 5 Esta invención se refiere a polimerización en suspensión en un medio líquido. Más particularmente, la invención se refiere a aparatos y procedimientos de bombeo mejorado para un reactor de bucle de gran volumen usado para polimerización en suspensión.

Antecedentes de la invención

- 10 Se pueden preparar poliolefinas tales como polietileno y polipropileno por polimerización en forma de partículas, denominada también polimerización en suspensión. En esta técnica, los materiales de alimentación tales como el monómero y el catalizador se alimentan a un reactor de bucle, y se saca o retira del reactor una suspensión de producto que contiene partículas sólidas de poliolefina en un medio líquido.

- 15 En una operación de polimerización en bucle, se hace circular una suspensión fluida alrededor del reactor de bucle usando una o más bombas, típicamente bombas de flujo axial que tienen impulsores dispuestos dentro del reactor. Las bombas proporcionan la fuerza motora para la circulación de la suspensión fluida. A medida que se incrementa el volumen del reactor y la concentración de sólidos de la suspensión fluida, también se incrementan las exigencias para las bombas. En general, se debe considerar el caudal, presión, densidad, y viscosidad de la suspensión fluida al seleccionar y hacer funcionar las bombas del reactor de bucle.

- 20 La polimerización en suspensión en una zona de reacción de bucle ha mostrado ser comercialmente exitosa. La técnica de polimerización en suspensión ha tenido éxito internacional siendo producidas de este modo anualmente billones de libras de polímeros de olefina. Sin embargo, es aún deseable diseñar y construir reactores más grandes. El tamaño de un reactor tiene un impacto significativo en los requerimientos de la bomba, particularmente con referencia a la cabeza (diferencia de presión en el impulsor de la bomba, expresada en metros de líquido) y flujo (velocidad multiplicada por el área de la sección transversal de la tubería, expresada en metros cúbicos por minuto, m³/min) desarrollados por la bomba.

- 25 Hasta bastante recientemente, las suspensiones fluidas de polímeros de olefina en un diluyente estaban generalmente limitadas a concentraciones relativamente bajas de sólidos en el reactor. Se usaron tramos de decantación para concentrar la suspensión a retirar, de modo que en la salida de los tramos de decantación, la suspensión tendría una más alta concentración de sólidos. Como da a entender su nombre, la decantación ocurre en los tramos de decantación para incrementar la concentración de sólidos de la suspensión que se va a retirar.

- 30 Además de la concentración de la suspensión, otro factor que afecta a la concentración de sólidos en el reactor es la velocidad de circulación de la suspensión fluida. Una más alta velocidad de la suspensión para un diámetro dado de reactor permite más alto contenido de sólidos, dado que la velocidad de la suspensión afecta a factores limitantes tales como la transferencia de calor y la obstrucción del reactor debido a la acumulación de polímero en el reactor.

- 35 Incrementando la cabeza y capacidad de flujo de la(s) bomba(s) de circulación del reactor de bucle, se puede hacer circular un mayor porcentaje en peso de sólidos en el reactor. El uso de dos bombas en serie puede permitir el doble de capacidad de cabeza de bombeo y un incremento de sólidos resultante. Las dos bombas pueden estar situadas en diferentes segmentos del reactor y puede ser deseable que cada bomba esté dedicada a un número par de tramos.

- 40 Breve resumen de la invención

- 45 En un primer aspecto, se proporciona un aparato de reactor de bucle según la reivindicación 1. El aparato de reactor de bucle puede comprender una pluralidad de segmentos verticales, una pluralidad de segmentos horizontales superiores, y una pluralidad de segmentos horizontales inferiores. Cada uno de los segmentos verticales está conectado en un extremo superior a uno de los segmentos horizontales superiores, y está conectado en un extremo inferior a uno de los segmentos horizontales inferiores. Los segmentos horizontales y verticales forman un camino de flujo continuo adaptado para transportar una suspensión fluida. El aparato de reactor de bucle incluye también por lo menos dos bombas para impartir fuerza motora a la suspensión fluida dentro del reactor. Cada bomba está operativamente conectada a un impulsor dispuesto en el camino de flujo continuo. Dos impulsores están uno frente al otro y rotan en sentidos opuestos y los dos impulsores están separados suficientemente cerca de modo que uno de los impulsores se beneficia de la energía rotacional del otro impulsor. El aparato de reactor de bucle también incluye medios para introducir un monómero de olefina en el camino de flujo continuo; medios para introducir un diluyente dentro del camino de flujo continuo; medios para introducir un catalizador de polimerización dentro del camino de flujo continuo; y medios para retirar una porción de una suspensión fluida del camino de flujo continuo.

- 55 Se describe aquí un aparato de reactor de bucle que comprende una pluralidad de segmentos principales y una pluralidad de segmentos secundarios. Cada segmento secundario conecta dos de los segmentos principales entre

sí, por lo que los segmentos principales y secundarios forman un camino de flujo continuo. El aparato de flujo en bucle incluye también una alimentación de monómero unida a uno de los segmentos, una alimentación de catalizador unida a uno de los segmentos; y una salida de producto unida a uno de los segmentos. El aparato de reactor de bucle también incluye una bomba aguas arriba y una bomba aguas abajo, en el que las bombas están unidas cada una a un impulsor dispuesto en el interior del camino de flujo continuo. Las bombas están dispuestas de modo que los impulsores rotan en direcciones opuestas y están suficientemente cerca de modo que la energía rotacional impartida por la bomba aguas arriba es por lo menos parcialmente recuperada por la bomba aguas abajo. Los impulsores están situados en por lo menos una sección ampliada de uno de los segmentos. Teniendo la sección ampliada y los impulsores diámetros mayores que el diámetro de los segmentos.

Cualquiera de estos aparatos de reactor de bucle puede incluir también dos impulsores dispuestos en el mismo segmento horizontal. Además, una porción del camino de flujo continuo aguas arriba de por lo menos uno de los impulsores puede alojar por lo menos un álabe guía dispuesto para impartir movimiento rotacional en un sentido opuesto al movimiento rotacional del impulsor.

En un segundo aspecto, se proporciona un aparato de reactor de bucle que comprende una pluralidad de segmentos principales y una pluralidad de segmentos secundarios. Cada segmento secundario conecta dos de los segmentos principales entre sí, por lo que los segmentos principales y secundarios forman un camino de flujo continuo. El aparato de reactor de bucle incluye también una alimentación de monómero unida a uno de los segmentos, una alimentación de catalizador unida a uno de los segmentos, y una salida de producto unida a uno de los segmentos. El aparato de reactor de bucle también incluye por lo menos una paleta guía dispuesta dentro del camino de flujo continuo y una bomba aguas abajo de la paleta guía. La bomba está unida a un impulsor dispuesto en el interior del camino de flujo y el impulsor está también aguas abajo de la paleta guía. La paleta guía y el impulsor imparten movimiento rotacional al camino de flujo en sentidos opuestos y están suficientemente cerca de modo que la suspensión participa del movimiento rotacional al entrar en contacto con la bomba aguas abajo.

También se describe aquí un aparato de reactor de bucle que comprende un reactor de bucle de tubería adaptado para efectuar un procedimiento de polimerización de olefina que comprende polimerizar por lo menos un monómero de olefina en un diluyente líquido para producir una suspensión fluida que comprende diluyente líquido y partículas sólidas de polímero de olefina. El aparato de reactor de bucle puede comprender también una alimentación de monómero unida al reactor de bucle de tubería, una alimentación de catalizador unida al reactor de bucle de tubería, una salida de producto unida al reactor de bucle de tubería, y por lo menos una bomba de flujo mixta dispuesta dentro del reactor de bucle de tubería.

Cualquiera de estos aparatos de reactor de bucle puede tener un impulsor situado en una sección ampliada de uno de los segmentos secundarios u horizontales inferiores. La sección ampliada y el(los) impulsor(es) tiene(n) diámetros mayores que el diámetro de los segmentos horizontales inferiores. Generalmente, cada impulsor tendrá un diámetro mayor que el diámetro medio de los segmentos.

En un tercer aspecto, se proporciona un procedimiento de bucle de polimerización en suspensión que comprende introducir monómero, diluyente, y catalizador en un reactor de bucle, polimerizar el monómero para formar una suspensión que comprende el diluyente y partículas sólidas de poliolefina, hacer circular la suspensión usando dos impulsores, impartir un primer movimiento rotacional a la suspensión con el primero de los impulsores, e impartir un segundo movimiento rotacional a la suspensión con el segundo de los impulsores. En un procedimiento mejorado, el segundo movimiento rotacional es opuesto al primer movimiento rotacional. El segundo de los impulsores está separado suficientemente cerca del primero de los impulsores de modo que el segundo de los impulsores se beneficia de la energía rotacional del primero de los impulsores. El procedimiento puede incluir también pre-rotar la suspensión aguas arriba del primer impulsor, en un sentido opuesto al primer movimiento rotacional del impulsor del primer impulsor. El procedimiento puede incluir también post-rotar la suspensión aguas abajo de la segunda bomba para recuperar movimiento de rotación del segundo impulsor de la bomba y convertirlo en flujo y cabeza en la dirección axial de la bomba.

En un tercer aspecto, se proporciona un procedimiento de bucle de polimerización en suspensión que comprende introducir monómero, diluyente y catalizador en un reactor de bucle, polimerizar el monómero para formar una suspensión que comprende el diluyente y partículas sólidas de poliolefina, hacer circular la suspensión usando por lo menos un impulsor, impartir, usando una paleta guía, un primer movimiento rotacional a la suspensión antes de que la suspensión llegue al por lo menos un impulsor, e impartir un segundo movimiento rotacional a la suspensión con por lo menos un impulsor. En el procedimiento mejorado, el segundo movimiento rotacional es en un sentido opuesto al primer movimiento rotacional. El por lo menos un impulsor está separado suficientemente cerca de la paleta guía de modo que la suspensión participa del movimiento rotacional al entrar en contacto con el por lo menos un impulsor. El primer movimiento rotacional se imparte deseablemente por álabes de pre-rotación.

En cualquiera de estos procedimientos de polimerización en suspensión en bucle, se puede minimizar la separación entre por lo menos un impulsor y una porción del reactor de bucle que aloja el impulsor. En los procedimientos mejorados, la suspensión puede tener una concentración mínima deseada de partículas sólidas de poliolefina, por ejemplo, por lo menos de alrededor de 45 por ciento en peso. La suspensión se puede hacer circular con un flujo de

alrededor de 76 m³/min a alrededor de 379 m³/min. El(Los) impulsor(es) solos o conjuntamente puede(n) conseguir una cabeza de alrededor de 365 m a alrededor de 183 m.

Breve descripción de los dibujos

La FIG.1 muestra un reactor de bucle de la técnica anterior y un sistema de recuperación de polímero

5 La FIG. 2 es una vista de un corte transversal del mecanismo impulsor.

La FIG. 3 muestra un reactor de bucle que tiene dos bombas dispuestas para hacer uso mejorado de la energía rotacional.

La FIG. 4 es una vista más detallada de la disposición de las dos bombas de la FIG.3.

La FIG. 5 muestra el reactor de bucle con álabes guía.

10 La FIG. 6 es una vista diferente de los álabes guía.

Descripción detallada de la invención

El presente procedimiento y aparato es aplicable a cualquier zona de la reacción en bucle, que comprende una suspensión de sólidos poliméricos en un medio líquido, incluyendo suspensiones empleadas en procedimientos de polimerización de olefinas. En particular, el presente procedimiento y aparato se aplica a reactores de bucle de gran volumen en los que se hace circular una suspensión fluida que tiene una alta concentración de sólidos.

15 Tal como se usa aquí, el término "suspensión" quiere decir una composición en la que están presentes sólidos y líquido en fases separadas. La expresión "suspensión fluida" quiere decir la suspensión que comprende sólidos poliméricos y medio líquido que circula en una zona de reacción de bucle. Los sólidos pueden incluir catalizador y una olefina polimerizada, tal como polietileno. El medio líquido puede incluir un diluyente inerte, tal como isobutano, con monómero disuelto, comonómero, agentes de control del peso molecular, tales como hidrógeno, agentes antiestáticos, agentes antiobstrucción, secuestrantes, y otros aditivos de proceso. Alternativamente, el medio líquido puede estar compuesto principalmente del monómero sin reaccionar, tal como en algunos procedimientos de polimerización de propileno. La expresión "suspensión de producto" quiere decir la porción de suspensión retirada de la zona de reacción en bucle para la recuperación del producto de poliolefina.

25 No es fácil diseñar y construir una sola bomba que sea capaz de proporcionar la necesaria cabeza y capacidad de flujo para un reactor de bucle de gran volumen para polimerización en suspensión, particularmente si la suspensión tendrá una alta concentración de sólidos. Son deseables mayor cabeza y capacidad de flujo porque permiten el funcionamiento del reactor a más alta concentración de sólidos. Una más alta concentración de sólidos tiene varias ventajas. Por ejemplo, una más alta concentración de sólidos en el reactor generalmente quiere decir que menos diluyente será retirado como parte de la suspensión de producto. Además, una más alta concentración de sólidos puede incrementar el rendimiento de polímero en un periodo de tiempo (o incrementar el tiempo de residencia del polímero a la misma velocidad de producción incrementando por ello la eficiencia del catalizador).

35 En la patente de EE.UU. No. 6.239.235, algunos de los presentes inventores describieron un procedimiento y aparato en el que una bomba de alta concentración de sólidos un apéndice de salida continua permitía significativos incrementos de concentraciones de sólidos dentro del reactor. Son posibles concentraciones de más de 40 por ciento en peso según este procedimiento y aparato. (En toda esta solicitud, el peso de catalizador no se tiene en cuenta dado que la productividad, particularmente con óxido de cromo sobre sílice, es extremadamente alta).

40 El presente procedimiento y aparato es apropiado para hacer circular una suspensión fluida que tiene una mínima concentración de sólidos de por lo menos 45 por ciento en peso, alternativamente por lo menos 46 por ciento en peso, alternativamente por lo menos 47 por ciento en peso, alternativamente por lo menos 48 por ciento en peso, alternativamente por lo menos 49 por ciento en peso, alternativamente por lo menos 50 por ciento en peso, alternativamente por lo menos 51 por ciento en peso, alternativamente por lo menos 52 por ciento en peso, alternativamente por lo menos 53 por ciento en peso, alternativamente por lo menos 54 por ciento en peso, alternativamente por lo menos 55 por ciento en peso, alternativamente por lo menos 56 por ciento en peso, alternativamente por lo menos 57 por ciento en peso, alternativamente por lo menos 58 por ciento en peso, alternativamente por lo menos 59 por ciento en peso, alternativamente por lo menos 60 por ciento en peso. El procedimiento y aparato es también apropiado para hacer circular una suspensión fluida que tiene una concentración máxima de sólidos de como mucho 75 por ciento en peso, alternativamente como mucho 74 por ciento en peso, alternativamente como mucho 73 por ciento en peso, alternativamente como mucho 72 por ciento en peso, alternativamente como mucho 71 por ciento en peso, alternativamente como mucho 70 por ciento en peso, alternativamente como mucho 69 por ciento en peso, alternativamente como mucho 68 por ciento en peso, alternativamente como mucho 67 por ciento en peso, alternativamente como mucho 66 por ciento en peso, alternativamente como mucho 65 por ciento en peso, alternativamente como mucho 64 por ciento en peso, alternativamente como mucho 63 por ciento en peso, alternativamente como mucho 62 por ciento en peso,

alternativamente como mucho 61 por ciento en peso. Los precedentes máximos y mínimos pueden ser máximos y mínimos absolutos o pueden ser los máximos o mínimos de la concentración media de sólidos. Cualquier cantidad mínima y máxima de concentración de sólidos, como se especifica anteriormente, se puede combinar para definir un intervalo de concentraciones de sólidos, con tal de que el mínimo seleccionado sea menor que el máximo seleccionado. En algunas circunstancias, los precedentes porcentajes en peso pueden ser aproximados.

El presente procedimiento y aparato es apropiado para la homopolimerización de etileno y la copolimerización de etileno y una 1-olefina superior tal como buteno, 1-penteno, 1-hexeno, 1-octeno o 1-deceno. Un procedimiento preferido es la copolimerización de etileno y, como material de partida, una cantidad de comonomero en el intervalo de 0,01 a 10 por ciento en peso, preferentemente de 0,01 a 5 por ciento en peso, más preferentemente de 0,1 a 4 por ciento en peso, en el que el comonomero se selecciona de las precedentes 1-olefinas superiores, y el porcentaje en peso está basado en el peso total de etileno y comonomero. Alternativamente, se puede usar suficiente comonomero como material de partida para dar un producto resultante de poliolefina que tiene una cantidad incorporada de comonomero en el intervalo de 0,01 a 10, preferentemente de 0,01 a 5, más preferentemente de 0,1 a 4 por ciento en peso. Tales copolímeros son aún considerados polietileno.

Los diluyentes apropiados para su uso como medio líquido en los presentes procedimientos son bien conocidos en al técnica e incluyen hidrocarburos que son inertes y líquidos en condiciones de polimerización en suspensión. Los hidrocarburos apropiados incluyen isobutano, propano, n-pentano, i-pentano, neopentano y n-hexano, siendo especialmente preferido el isobutano.

Adicionalmente, la presente invención se puede emplear cuando el monómero sin reaccionar es el medio líquido para la polimerización. Por ejemplo, las presentes técnicas se pueden usar para la polimerización de propileno en la que el propileno es el medio líquido y un diluyente inerte no está presente en ninguna cantidad sustancial. Todavía se puede usar un diluyente para el catalizador. Para ilustración, pero no como limitación, la presente invención se describirá con respecto a un procedimiento de polietileno usando un diluyente inerte como medio líquido, pero se debe entender que la presente invención se puede emplear también cuando se usa el monómero como medio líquido y tomaría el lugar del diluyente en las siguientes descripciones.

Los catalizadores apropiados son también bien conocidos en la técnica. Es particularmente apropiado óxido de cromo sobre un soporte tal como sílice como se describe en líneas generales, por ejemplo, en la patente de EE.UU. No. 2.825.721. La referencia aquí a los soportes de sílice se desea que incluya también cualquier soporte conocido que contiene sílice tales como, por ejemplo, sílice-alúmina, sílice-titania y sílice-alúmina-titania. Se puede usar también cualquier otro soporte conocido tal como fosfato de aluminio. La invención es también aplicable a polimerizaciones que usan catalizadores organometálicos incluyendo los denominados frecuentemente en la técnica catalizadores de Ziegler y catalizadores de metaloceno.

Los detalles adicionales con respecto a aparatos de reactor de bucle y a procedimientos de polimerización se pueden encontrar, por ejemplo, en las patentes de EE.UU. Nos. 4.674.290; 5.183.866; 5.455.314; 5.565.174; 6.045.661; 6.051.631; 6.114.501; y 6.262.191.

Las bombas se usan para la polimerización en suspensión en un reactor de bucle para proporcionar la fuerza motora para la circulación de la suspensión fluida que contiene partículas sólidas de polímero en un diluyente. Se pueden emplear bombas que tienen impulsores dispuestos en el reactor o en la zona de reacción. Tales bombas de flujo axial pueden hacer circular la suspensión fluida a una velocidad. A medida que se incrementa la velocidad de la suspensión, la transferencia de calor del reactor a las camisas de refrigeración (u otros sistemas de refrigeración) mejora y se puede hacer circular un más alto nivel de sólidos. La velocidad incrementada de la suspensión, requiere que se suministre más energía por el motor de la bomba, mayor cabeza, y más resistencia del eje, cojinetes, cierre e impulsor. Es por lo tanto deseable hacer hincapié en la eficiencia de la bomba, detalles de construcción y detalles de especificación de la bomba. Están disponibles varias técnicas para hacer hincapié en estos puntos y facilitar el bombeo de un gran volumen de suspensión de polimerización que tiene una alta concentración de sólidos a alta velocidad.

Primero, se puede emplear una disposición de dos bombas en la que las bombas están dispuestas de modo que la energía rotacional impartida por la bomba aguas arriba es por lo menos parcialmente recogida por la bomba aguas abajo. Por ejemplo, se pueden disponer dos bombas en un solo segmento horizontal o un solo segmento secundario. Se pueden colocar dos bombas en codos de reactor de bucle adyacentes de modo que la energía rotacional impartida a la suspensión por la primera bomba (la bomba aguas arriba) se recupera parcialmente en la segunda bomba (la bomba aguas abajo) que está haciendo girar su impulsor en sentido opuesto. Esta disposición mejora la cabeza y flujo de la suspensión y de este modo la eficiencia de bombeo para dos bombas en serie. Las FIGS. 3 y 4 demuestran esta técnica. En otras circunstancias, los impulsores no necesitan estar dispuestos en el mismo segmento, con tal de que estén suficientemente cerca como para que el impulsor aguas abajo se beneficie de la energía rotacional del impulsor aguas arriba. En otras circunstancias más, se pueden encontrar beneficios sustanciales colocando las bombas y/o impulsores en una disposición asimétrica.

Segundo, se pueden emplear álabes guía (también denominados aquí álabes de pre-rotación o álabes de post-

rotación) u otros medios para rotar pasivamente la suspensión, para impartir rotación a la suspensión. Los álabes de pre-rotación pueden impartir rotación dentro de la suspensión antes de que llegue al impulsor. Los álabes guía pueden impartir una rotación en el sentido opuesto a la rotación impartida por el impulsor, de modo que la bomba tiene una incrementada velocidad rotacional relativa y la suspensión tiene una mayor velocidad de descarga y un mayor flujo. Esto produce eficiencia mejorada de la bomba. Los álabes de post-rotación pueden impartir una rotación a la suspensión después de que pasa por el impulsor. La rotación impartida por los álabes de post-rotación puede ser igual u opuesta a la rotación impartida por el impulsor, dependiendo del efecto deseado. Los álabes de post-rotación se pueden incorporar en el diseño de los puntales que soportan un cojinete o alojamiento de cierre para el eje de la bomba. Además si hay dos o más impulsores en un eje rotando en el mismo sentido, se puede colocar un álabe guía entre los impulsores para redirigir el movimiento rotacional en un movimiento axial o contrarrotación para mejorar la eficiencia, capacidad de la bomba y diferencia de cabezas de la bomba. La FIG. 5 ilustra la colocación de álabes de pre-rotación o álabes guía en relación al impulsor de la bomba para la práctica de esta técnica. Tales álabes de pre-rotación pueden incrementar la eficiencia de la bomba en por lo menos 2%, alternativamente por lo menos 3%, alternativamente por lo menos 4%, alternativamente por lo menos 5%, alternativamente por lo menos 6%, alternativamente por lo menos 7%, alternativamente por lo menos 8%, alternativamente por lo menos 9%, alternativamente por lo menos 10%. En algunas circunstancias, los valores precedentes son aproximados.

Tercero, se puede minimizar la separación entre el impulsor de bomba y el alojamiento del reactor de tubo. El impulsor y la pared del reactor en el que está dispuesto (situado) el impulsor definen la separación. Minimizar esta separación reduce la recirculación desde la descarga de la bomba (alta presión) hasta la succión de la bomba (baja presión). Esto mejora el flujo y cabeza de la bomba. Sin embargo, se debe alcanzar un equilibrio con una incrementada tendencia a romper los sólidos en partículas más pequeñas o finos. La separación puede ser de 0,35 mm o menos, 0,40 mm o menos, 0,53 mm o menos, 0,75 mm o menos, 1,06 mm o menos, 1,6 mm o menos o 3,2 mm o menos. Los valores de separación precedentes pueden ser aproximados en algunas circunstancias.

Cuarto, se puede fabricar el impulsor de la bomba del reactor de aluminio, titanio o acero usando la técnica de fabricación de maquinado en una fresadora de 6 ejes controlada por ordenador. Esto permite la fabricación a partir de masas sólidas de metal que se pueden analizar para detectar huecos con antelación. Esto previene los segmentos de impulsor débiles debido a los huecos, y el grosor de una sección de impulsor se puede controlar detenidamente para impartir la resistencia necesaria para soportar los altos requerimientos de cabeza y flujo de hacer funcionar un reactor de bucle a una mayor concentración de sólidos.

Quinto, se puede emplear un impulsor de bomba que tiene un diámetro mayor que el diámetro del reactor de bucle (como se muestra en la FIG. 2 aquí y en la FIG. 8 de la patente de EE.UU. No. 6.239.235). Por ejemplo, para un reactor de bucle de polietileno de 610 mm de diámetro, se puede usar un impulsor que tiene un diámetro de 660 mm o más. Alternativamente, se puede usar un impulsor que tiene un diámetro de 711 mm o más. Alternativamente, se puede usar un impulsor que tiene un diámetro de 762 mm o más. Se puede usar también una bomba de recirculación de un reactor de bucle de polietileno con una velocidad (RPM) de 180 a 18.000 para conseguir una bomba de recirculación de reactor con una cabeza de bomba de 36,5-183 m y de 76-379 m³/min con un reactor de bucle de polietileno de diámetro de 610 mm (nominal). Son apropiados otros intervalos para reactores de bucle de otros tamaños.

Sexto, se puede emplear una bomba de flujo mixto o radial. En una bomba de flujo mixto o radial, las paletas impulsoras imparten una mayor cantidad de velocidad y energía al flujo de la suspensión en el contacto con la suspensión que las bombas axiales convencionales. De este modo las bombas radiales o mixtas generan mayor cabeza flujo y velocidad para tratar mejor las necesidades de presión de reactores más grandes. Esto cambia el carácter de la bomba de flujo axial a uno más como la bomba radial o centrífuga típica en la que el flujo de fluido abandona el impulsor en dirección radial después de entrar en la bomba en una dirección axial. En una bomba de flujo mixto, el flujo de fluido abandona el impulsor con un vector que tiene tanto componentes axiales como radiales. Este vector puede tener un ángulo de 0 grados a 90 grados, en el que 0 grados indica un vector que abandona la bomba en la dirección axial y 90 grados indica un vector que abandona la bomba en la dirección radial.

Se puede usar alguna o todas las técnicas precedentes junto con un procedimiento de polimerización que emplea salida continua, tramos de decantación, calentador(es) de tubería de separación, un sistema de separación para separar diluyente del polímero por vaporización, y reciclado directo del diluyente al reactor en un nuevo o actualizado procedimiento de bucle para producir poliolefina. El presente aparato y procedimiento puede emplear salida continua para obtener un incremento adicional de la concentración de sólidos del reactor, como se describe en la patente de EE.UU. No. 6.239.235. Alternativa o adicionalmente, el presente aparato y procedimiento puede emplear tramos de decantación para incrementar la eficiencia de decantación. La expresión "eficiencia de decantación" se define como los kg/h de polímero retirado de un tramo de decantación (o salida continua) divididos entre los kg/h totales de polímero más las kg/h de isobutano diluyente retirado durante el mismo tiempo del tramo de decantación (o salida continua).

Refiriéndonos ahora a los dibujos, la FIG. 1 muestra un típico reactor 10 de bucle que tiene segmentos 12 verticales, segmentos 14 horizontales superiores y segmentos 16 horizontales inferiores. Estos segmentos horizontales superiores e inferiores 14 y 16 definen zonas superiores e inferiores de flujo horizontal. Un impulsor está situado en

el reactor 14 de bucle para hacer circular la suspensión. Cada segmento 12 vertical está conectado a otro segmento vertical por medio de un correspondiente segmento 14 horizontal. El segmento 12 vertical puede incluir camisas 18 de intercambio de calor (o camisas de refrigeración). Los segmentos 12 verticales y los segmentos 14 horizontales definen una zona de reacción en bucle. La zona de reacción en bucle puede incluir más o menos segmentos 12 verticales y los correspondientes segmentos 14 horizontales como lo mostrado en la FIG. 1. Adicionalmente, la zona de reacción en bucle se puede orientar verticalmente u horizontalmente. Adicionalmente, algunos o todos los segmentos 14 horizontales pueden ser miembros curvos que conectan segmentos verticales. De hecho, los segmentos 14 de conexión pueden ser de cualquier forma o tipo que conecta los segmentos 12 verticales y permite que fluya el fluido entre ellos.

El reactor se refrigera por medio de intercambiadores de calor formados por segmentos 12 verticales y camisas 18 de refrigeración. Como se mencionó anteriormente, cuanto mayor sea la velocidad de la suspensión a través de las tuberías 12, mejor será la transferencia de calor del reactor 10 de bucle a las camisas 18 de refrigeración y de este modo más alta será la concentración de sólidos en la suspensión fluida. Cada segmento está conectado al siguiente segmento por una curva suave o codo 20 que proporciona de este modo un camino de flujo continuo sustancialmente libre de obstrucciones internas. La suspensión se hace circular por medio del impulsor 22 (mostrado en la FIG. 2) movido por el motor 24. El monómero y el diluyente constituyente se introducen vía las tuberías 26 y 28, respectivamente, que pueden entrar en el reactor 10 de bucle directamente en una o una pluralidad de localizaciones o se pueden combinar con la tubería 30 de reciclado de diluyente condensado como se muestra. También se puede introducir comonomero en el reactor por estas tuberías. El monómero y comonomero se pueden alimentar al reactor 10 de bucle por cualquier técnica apropiada, tal como una simple abertura al reactor, una boquilla, un rociador, u otro aparato de distribución.

El catalizador se introduce vía medios 32 de introducción de catalizador que proporcionan una zona (localización) para la introducción de catalizador. Se puede emplear cualquier medio apropiado para introducir catalizador al reactor de bucle. Por ejemplo, se puede usar con el presente procedimiento y aparato el procedimiento y aparato descrito en la presente patente de EE.UU. No. 6.262.191 para preparar un barro catalizador y proporcionarlo a una zona de reacción (polimerización) en bucle.

El apéndice hueco alargado para sacar continuamente una suspensión de producto intermedio se designa generalmente con el carácter 34 de referencia. El mecanismo 34 de salida continua está situado en o adyacente a un extremo aguas debajo de uno de los segmentos 16 horizontales inferiores y adyacente o en un codo 20 de conexión. El reactor 10 de bucle puede tener uno o más apéndices de salida continua.

En el aparato mostrado en la FIG. 1, la suspensión de producto se hizo pasar vía la tubería 36 a una cámara 38 de separación a alta presión. La tubería 36 incluye una tubería 40 circundante, que está provista de un fluido caliente, que proporciona calentamiento indirecto al material de suspensión en la tubería 36 de la tubería de separación. El diluyente vaporizado sale de la cámara 38 de separación vía la tubería 42 para el procesamiento adicional que incluye condensación por medio de un simple intercambio de calor usando el condensador 50 de reciclado, y retorna al sistema, sin la necesidad de compresión, vía la tubería 30 de diluyente de reciclado. El condensador 50 de reciclado puede utilizar cualquier fluido de intercambio de calor apropiado conocido en la técnica en cualquier condición conocida en la técnica. Sin embargo, se emplea usualmente un fluido a una temperatura que se puede proporcionar económicamente (tal como vapor de agua). Un intervalo de temperatura apropiado para este fluido de intercambio de calor es de 4,44 a 54°C.

Las partículas de polímero se retiran de la cámara 38 de separación a alta presión vía la tubería 44 para técnicas de procesamiento adicionales conocidas en la técnica. Se pueden pasar a la cámara 46 de separación a baja presión y a continuación recuperarlas como producto polimérico vía la tubería 48. Una cámara "fluff" (no mostrada) puede estar dispuesta entre la cámara 38 de separación a alta presión y la cámara 46 de separación a baja presión para facilitar el mantenimiento de la diferencia de presión entre las cámaras de separación. El diluyente separado pasa a través de un compresor 47 a la tubería 42. Este diseño de separación de dos etapas se describe generalmente en Hanson et al., patente de EE.UU. No. 4.424.341.

Se puede emplear cualquier número de segmentos 12 verticales o "tramos" además de los ocho representados en la FIG.1. Se contempla que un reactor de doce tramos se puede beneficiar de las técnicas descritas aquí. La longitud de flujo de la zona de reacción en bucle es generalmente mayor de 274 m, alternativamente mayor de 305 m, alternativamente mayor de 335 m, alternativamente mayor de 366 m, alternativamente mayor de 396 m, alternativamente mayor de 427 m, alternativamente mayor de 457 m, alternativamente mayor de 488 m, alternativamente mayor de 518 m, alternativamente mayor de 549 m, alternativamente mayor de 579 m, alternativamente mayor de 610 m. Las longitudes precedentes pueden ser aproximadas en algunas circunstancias.

El presente procedimiento y aparato es particularmente útil para reactores de 114 m³, alternativamente alrededor de 125 m³ o más, alternativamente 132 m³ o más, alternativamente 136 m³ o más, alternativamente 151 m³ o más, , alternativamente 159 m³ o más, alternativamente 167 m³ o más, alternativamente 174 m³ o más, alternativamente 182 m³ o más, , alternativamente 189 m³ o más, alternativamente 227 m³ o más, alternativamente 255 m³ o más, alternativamente 303 m³ o más, alternativamente 341 m³ o más, alternativamente 379 m³ o más, porque utilizan

eficientemente el equipo de bombeo para generar un rendimiento superior. Los volúmenes precedentes pueden ser aproximados. Las presentes técnicas pueden hacer necesario conectar dos reactores en bucle que estaban previamente separados. Ciertamente, por relativamente poco coste de capital, se pueden combinar dos reactores de 68 m³ para formar un reactor de 136 m³ usando las mismas dos bombas, pero con más del doble de productividad.

- 5 El reactor 10 de bucle se puede hacer funcionar para generar una diferencia de presión de por lo menos 124 kPa, alternativamente por lo menos 137 kPa, alternativamente por lo menos 152 kPa, alternativamente por lo menos 165 kPa, alternativamente por lo menos 179 kPa, alternativamente por lo menos 193 kPa, alternativamente por lo menos 207 kPa, entre los extremos aguas arriba y aguas abajo de una o más bombas en un reactor de diámetro nominal de 610 mm. Generalmente el reactor 10 de bucle se hace funcionar para que genere una cabeza, expresada como
- 10 pérdida de presión por unidad de longitud de reactor de por lo menos 0,07, pies (m) de caída de presión de altura de suspensión por pie (m) de longitud de reactor para un reactor de diámetro nominal de 610 mm. Con referencia a un diámetro nominal de 610 mm significa un diámetro interno de alrededor de 556 mm. Para diámetros mayores, se necesita una mayor velocidad de la suspensión y una mayor caída de presión por unidad de longitud de reactor. Esto supone que la densidad de la suspensión generalmente es alrededor de 0,5-0,6.
- 15 Se puede conseguir mayor diferencia de presión o cabeza usando una o más de las técnicas descritas aquí. Por ejemplo, la diferencia de presión se puede mejorar controlando la velocidad de rotación del impulsor de la bomba, reduciendo la separación entre las paletas del impulsor y la pared interior de la tubería, o usando un diseño de impulsor más agresivo. La diferencia de presión o cabeza se puede incrementar también por el uso de por lo menos una bomba adicional.
- 20 La FIG.2 muestra el impulsor 22 para mover continuamente la suspensión a lo largo del camino de flujo. El impulsor 22 tiene paletas 74 y está montado en un eje 78 conectado al motor 24. La tubería 21 tiene un segmento 12 vertical y un segmento 16 horizontal inferior que se interconectan en un codo 20. El motor 24 hace girar el eje 78 y de este modo las paletas 74, de tal modo que el impulsor 22 empuja la suspensión en el sentido de la flecha A hacia el codo 20 y por el segmento 12 vertical. Como se puede ver, el impulsor 22 está situado en una sección 66 ampliada de la
- 25 tubería 21 que sirve como la zona de propulsión 70. Esta sección 66 ampliada de la tubería 21 tiene un mayor diámetro que el resto de la tubería 21. Solo a modo de ejemplo, el diámetro de la tubería 21 es de 610 mm. Solo a modo de ejemplo, el diámetro de la sección 66 ampliada es mayor de 610 mm. Por lo tanto, el impulsor 22 tiene un diámetro medido a través de las paletas 74 que es mayor que el diámetro de la tubería 21. Solo a modo de ejemplo, el diámetro del impulsor 22 medido a través de las paletas 74 es mayor de 610 mm. Debido a que la sección 66
- 30 ampliada permite el uso de un impulsor mayor en la tubería 21, el impulsor 22 empuja la suspensión a mayor velocidad a través de la tubería 21. El mayor impulsor 22 también incrementa la cabeza incrementando la presión de la suspensión en la descarga. Solo a modo de ejemplo, para un reactor de 610 mm, el mayor impulsor 22 genera 76-379 m³/min de suspensión y 36,5-183 m de cabeza. De este modo, el mayor impulsor 22 también crea más transferencia de calor en las camisas 18 de refrigeración (Fig. 1) de modo que el reactor 10 de bucle (Fig. 1) produce
- 35 mayores niveles de sólidos.

Alternativamente, en lugar de incrementar el diámetro del impulsor 22, se puede hacer funcionar un impulsor 22 más pequeño a una velocidad de 180 a 18.000 RPM para conseguir una cabeza de 36,5-73 m y un flujo de 76-189 m³/min con un reactor de bucle de 610 mm de diámetro (nominal).

- 40 La FIG. 3 muestra dos bombas 100 y 102 situadas en extremos opuestos de un segmento 16 horizontal inferior de la tubería 21. Para claridad, otro aparato mostrado en la FIG.1 se omite pero se usaría en un sistema de polimerización en funcionamiento. Como se muestra, las bombas 100 y 102 dirigen el flujo de suspensión en el sentido de la flecha A a través del reactor 10 de bucle.

- La FIG. 4 muestra las dos bombas 100 y 102 y la tubería 21 con mayor detalle. La bomba 100 incluye el impulsor 22a, que tiene paletas 74a y está montado en el eje 78a conectado al motor 24a. La bomba 102 incluye un impulsor 22b, que tiene paletas 74b y está montado en el eje 78b conectado al motor 24b. La tubería 21 tiene dos segmentos 12a y 12b verticales paralelos y un segmento 16 horizontal inferior que interconecta los segmentos 12a y 12b verticales en los codos 20a y 20b, respectivamente. El motor 24a hace rotar el eje 78a, y de este modo las paletas 74a del impulsor 22a, en un primer sentido rotacional, y el motor 24b hace rotar el eje 78b, y de este modo las paletas 74b del impulsor 22b, en un segundo sentido rotacional opuesto. A modo de ejemplo, el impulsor 22a rota en
- 50 el sentido de las agujas del reloj y el impulsor 24b rota en un sentido contrario a las agujas del reloj. La suspensión fluye a través de la tubería 21 en el sentido de la flecha A primero a través de la bomba 102 y a continuación a través de la bomba 100.

- La suspensión fluye de frente hacia el impulsor 22b generalmente paralelo al eje 78b. A medida que la suspensión fluye después de las paletas 74b del impulsor 22b, las paletas 74b descargan la suspensión tangencialmente en ángulo respecto al eje 78b y hacia la pared interior de la tubería 21. La suspensión se descarga en un sentido particular a un ángulo particular dependiendo del sentido rotacional del impulsor 22b. El impulsor 22a está situado suficientemente cerca del impulsor 22b de modo que la suspensión está aún fluyendo a tales ángulos tangenciales cuando la suspensión se aproxima al impulsor 22a. La suspensión entra en contacto con las paletas 74a del impulsor 22a y, debido a que el impulsor 22a rota en sentido opuesto a la rotación del impulsor 22b, es desviada por
- 55

las paletas 74a de tal modo que la suspensión se descarga del impulsor 22b viajando en el sentido de la flecha A con una orientación esencialmente paralela al eje 78a. De este modo, el impulsor 22a "estira" el camino direccional de la suspensión y descarga la suspensión en una alineación axial esencialmente paralela al eje 78a. La suspensión fluye a continuación al codo 20a y por el segmento 12a vertical. Adicionalmente, debido a que la suspensión entra en contacto con las paletas 74a con un ángulo, la suspensión se desliza detrás de las paletas 74a anguladas con resistencia reducida.

Debido a que la suspensión fluye con una alineación axial generalmente paralela al eje 78a siendo descargada por el impulsor 22a, la suspensión viaja a una mayor velocidad después de pasar a través de la bomba 100 que si la suspensión fluyera a través solo de la bomba 102. La suspensión descargada de la bomba 102 viaja a una velocidad más lenta porque la suspensión fluye en ángulo hacia la pared interior de la tubería 21 y de este modo es desviada y ralentizada por la pared interior. Adicionalmente, debido a que la suspensión se desliza detrás de las paletas 74a con menos resistencia, se requiere menos energía por parte del impulsor 22 para entrar en contacto con la suspensión. Por lo tanto, colocando cerca dos bombas 100 y 102 que rotan en sentidos opuestos en serie, la energía rotacional impartida en la suspensión por la bomba 102 es parcialmente recuperada en la bomba 100 de tal modo que la suspensión fluye a través de la tubería 21 más eficientemente y sale de la bomba 100 a mayor velocidad. De este modo, las dos bombas 100 y 102 producen niveles mejorados de sólidos.

Se podría usar una bomba de dos etapas como substituta de las dos bombas separadas 100 y 102. La bomba de dos etapas incluye dos impulsores en la misma bomba alineados uno cerca del otro y rotando en sentidos opuestos.

La FIG. 5 muestra la bomba 100 y los álabes 114 guía en la tubería 21. Los álabes 114 guía están situados aguas arriba de la bomba 100 cuando la suspensión fluye a través de la tubería 21 en el sentido de la flecha A. Como tales, estos álabes guía son álabes pre-rotación. Los álabes 114 guía se extienden desde la pared interior de la tubería 21 hasta la bomba 100. Los álabes 114 guía se curvan todos radialmente hacia dentro con el mismo ángulo respecto a la pared interior. La suspensión se acerca a los álabes 114 guía en el sentido de la flecha A con una orientación recta generalmente paralela al eje 78. Cuando la suspensión entra en contacto con los álabes 114 guía, los álabes 114 guía imparten una rotación angular o rotación a la suspensión de modo que la suspensión fluye hacia la pared interior de la tubería 21 con un ángulo respecto al eje 78. Dependiendo de en que dirección se curvan los álabes 114 guía respecto a la pared interior de la tubería 21, los álabes 114 guía hacen que la suspensión gire en sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario a las agujas del reloj. Solo a modo de ejemplo, los álabes 114 guía están orientados para crear una rotación de la suspensión en sentido contrario a las agujas del reloj.

La suspensión sale de los álabes 114 guía y fluye en contacto con el impulsor 22 con un ángulo respecto al eje 78. Preferentemente, el impulsor 22 rota en sentido opuesto a la rotación de la suspensión creada por los álabes 114 guía. El impulsor puede rotar en el mismo sentido que la rotación de la suspensión creada por los álabes guía. Solo a modo de ejemplo, el impulsor 22 rota en el sentido de las agujas del reloj. Debido a que la suspensión entra en contacto con las paletas 74 con un ángulo y está rotando en un sentido opuesto a las paletas 74, la suspensión pasa deslizándose por las paletas 74 anguladas con resistencia reducida que si la suspensión fluyera hacia las paletas 74 directamente de frente. De este modo, la velocidad de la suspensión que pasa fluyendo por el impulsor 22 está menos obstaculizada por las paletas 74, y la velocidad rotacional del impulsor 22 está menos obstaculizada por la suspensión. Por lo tanto, se necesita menos energía para incrementar la velocidad de la suspensión cuando sale del impulsor 22, y el impulsor 22 requiere menos energía del motor 24 para entrar en contacto y empujar la suspensión.

Adicionalmente, cuando el impulsor 22 rota en el sentido opuesto a la rotación de la suspensión después de pasar los álabes 114 guía, las paletas 74 desvían la suspensión de tal modo que la suspensión se descarga del impulsor 22 viajando en el sentido de la flecha A con una orientación esencialmente paralela al eje 78. De este modo, el impulsor 22 "estira" el camino direccional de la suspensión y descarga la suspensión con una alineación axial esencialmente paralela al eje 78. La suspensión fluye más rápido cuando se descarga paralela al eje 78 que cuando se descarga con un ángulo respecto al eje 78 hacia la pared interior de la tubería 21 porque la pared interior resiste y desvía el flujo de la suspensión.

La FIG. 6 proporciona una vista diferente de los álabes 110 guía. En esta vista, los álabes 110 guía se muestran emergiendo de la tubería 21, que no está conectada al resto del reactor.

Por lo tanto, el uso de álabes guía con la bomba 100 mejora la eficiencia de mover la suspensión a través del reactor 10 de bucle (FIG. 1) incrementando la velocidad de la suspensión cuando la suspensión sale de la bomba 100 y reduciendo la energía necesaria para rotar el impulsor 22. De este modo, el uso de álabes guía con impulsor 22 produce niveles de sólidos mejorados.

En una bomba axial convencional usada en reactores, las paletas del impulsor tienen un intervalo limitado de inclinación, o ángulo respecto al eje. Por lo tanto, la suspensión descargada de las paletas de la bomba axial viaja predominantemente en la dirección axial generalmente paralela al eje del impulsor. Sin embargo, debido a la inclinación limitada de las paletas, las paletas interfieren con el flujo de la suspensión, y de este modo la suspensión se ralentiza por contacto con las paletas. De este modo se requiere una cantidad de energía significativa para incrementar la velocidad de la suspensión con la bomba axial.

La FIG. 7 muestra una bomba 200 mixta dentro de una tubería 21. La bomba 200 está colocada dentro de la tubería 21 en una carcasa 204 arqueada de bomba que tiene un diámetro mayor que la tubería 21. La bomba 200 tiene un impulsor 228 unido a un eje 212 que se extiende por la tubería 21. El impulsor 228 tiene paletas 208 que están situadas con un ángulo respecto al eje 212. Las paletas 208 pueden estar orientadas respecto al eje 212 con un ángulo entre 0 y 90 grados. La bomba 200 incluye una protuberancia 216 situada alrededor del eje 212 dentro de la carcasa 204 de la bomba para definir un camino 220 de flujo curvado o arqueado entre la protuberancia 216 y una pared 224 de la carcasa 204 de la bomba.

En la bomba mixta mostrada en la FIG. 7, la suspensión fluye a través de la tubería 21 a la bomba 200 en el sentido de la flecha B y entra en contacto con las paletas 208. Debido a que las paletas 208 pueden estar alineadas a diferentes inclinaciones (ángulos respecto al eje 212), cuando rota el impulsor 228, la suspensión fluye atravesando las paletas 208 con menos interferencia, y se necesita menos energía para incrementar la velocidad del flujo de la suspensión. Por lo tanto, las bombas mixtas pueden incrementar más eficientemente la velocidad de la suspensión que fluye que las bombas axiales. La suspensión que sale de las paletas 208 tiene componentes de velocidad considerables en direcciones tanto perpendicular como paralela al eje 212. Los componentes de la velocidad de flujo de la suspensión están dentro del camino 220 de flujo y la pared 224 arqueada del camino de flujo gradualmente redirige la dirección de los componentes de velocidad de la suspensión de tal modo que la suspensión fluye en una dirección axial paralela al eje 212 al descargarla de la carcasa 204 de la bomba a la tubería 21. Por lo tanto, las bombas mixtas pueden generar más cabeza y velocidad en el flujo de la suspensión que una bomba de flujo axial convencional, y a continuación redirigir eficientemente el flujo de la suspensión al descargarla del impulsor 228 de tal modo que las mejoras en velocidad y cabeza no se pierden. De este modo, las bombas mixtas generan eficientemente la necesaria cabeza de flujo y velocidad para tratar las necesidades de presión de mayores reactores.

Se debe advertir que también se puede usar una bomba radial en la configuración de la FIG. 7. Una bomba radial funciona similarmente a una bomba mixta y proporciona muchas de las ventajas de la bomba mixta, sin embargo, una bomba radial descarga el flujo de suspensión de las paletas del impulsor más en una dirección perpendicular al eje 212.

Adicionalmente, los álabes guía post-impulsor se pueden colocar a lo largo del camino 220 de flujo para redirigir el flujo rotacional y la velocidad de la suspensión. La suspensión descargada del impulsor 228 generalmente viaja en el mismo sentido rotacional que el impulsor 228 y de este modo no se dirige hacia la salida del camino 220 de flujo. Los álabes guía post-impulsor convierten y redirigen el sentido rotacional de la velocidad, energía, y flujo de la suspensión de tal modo que la suspensión que se descarga de los álabes guía viaja más en una dirección paralela al eje 212. De este modo, los álabes guía post-impulsor mejoran la cabeza de flujo de la suspensión y la eficiencia de la bomba. Estos álabes guía se pueden conocer también como difusores, estatores, o puntales. Pueden proporcionar también soporte mecánico dentro del camino 200 de flujo.

La bomba mixta o radial se puede usar en combinación con cualquiera de los otros aspectos a usar con reactores de bucle que se describen aquí, incluyendo: la disposición de doble bomba, álabes guía, separación minimizada entre la paleta impulsora y la tubería, técnicas de fabricación, e impulsor con un mayor diámetro que el diámetro de la tubería.

Volviendo a la FIG. 2, las paletas 74 del impulsor 22 tienen puntas 88 que se extienden muy cerca de la pared interior de la sección 66 ampliada sin tocar de hecho la pared interior. La distancia entre las puntas 88 y la pared interior es la distancia de separación. Durante el funcionamiento, algo de suspensión circula hacia atrás sobre las puntas 88 de las paletas 74 aguas arriba del impulsor 22 después de ser descargada aguas abajo del impulsor 22. De este modo, el impulsor 22 a menudo tiene que volver a entrar en contacto con la suspensión con la que ya ha entrado en contacto una vez. El reprocesado de la suspensión requiere más energía para el impulsor 22 y ralentiza el proceso de bombeo. De este modo, la suspensión recirculada conduce a un reactor de bucle menos eficiente con una velocidad reducida de la suspensión.

Cuanto menor sea la distancia de separación, será menos probable que la suspensión circule hacia atrás sobre las puntas 88 de las paletas aguas arriba del impulsor 22 después de ser descargada aguas abajo del impulsor 22. La distancia de separación preferida en la FIG. 2 es 0,40 mm o menos. Llevando las puntas 88 de las paletas 74 a 0,40 mm o menos de las paredes interiores de la tubería 21, el impulsor 22 reduce la recirculación, incrementando la velocidad y presión de la suspensión en la descarga y de este modo mejorando el flujo y cabeza de la suspensión. Las mejoradas cabeza, velocidad, y flujo de la suspensión después del impulsor 22 dan como resultado niveles mejorados de sólidos en la suspensión de producción.

Finalmente, fabricar el impulsor 22 de aluminio, titanio, o acero produce un impulsor más fuerte que es más resistente y que dura más. Las bombas comerciales para utilidades tales como hacer circular los reactantes en un reactor de ciclo cerrado se ensayan rutinariamente por sus fabricantes y se deben determinar las presiones necesarias para evitar la cavitación. Fabricar el impulsor 22 en una fresadora de 6 ejes controlada por ordenador permite la fabricación del impulsor 22 de masas sólidas de metal que se pueden analizar para ver huecos de moldeo que pueden amenazar la integridad estructural del impulsor 22. Adicionalmente, la fresadora de 6 ejes controlada

por ordenador se puede usar para controlar detenidamente el grosor del impulsor 22 y asegurar que el impulsor 22 tiene la resistencia global necesaria para soportar los mayores requerimientos de velocidad, cabeza y flujo y mejorar de este modo la eficiencia y producción de sólidos del reactor de bucle 10 (FIG. 1)

- 5 Incrementar la cabeza, velocidad, y flujo de la suspensión aplicando las técnicas descritas anteriormente da como resultado un nivel mejorado de sólidos producidos. Incrementar la velocidad de la suspensión cuando fluye a través del reactor de bucle provoca una mayor transferencia de calor desde la suspensión hasta las camisas de refrigeración. La transferencia de calor mejorada da como resultado un procedimiento de polimerización más eficiente y de este modo un mayor rendimiento de sólidos en la suspensión de producción.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de reactor de bucle que comprende:
una pluralidad de segmentos principales;
- 5 una pluralidad de segmentos secundarios;
en el que cada uno de los segmentos principales está conectado en un primer extremo a uno de los segmentos secundarios, y está conectado en un segundo extremo a otro de los segmentos secundarios, de tal modo que los segmentos principales y secundarios forman un camino de flujo continuo adaptado para transportar una suspensión fluida;
- 10 por lo menos dos bombas para impartir fuerza motora a la suspensión líquida dentro del reactor, cada bomba conectada operativamente a un impulsor dispuesto en el camino de flujo continuo;
en el que dos de los impulsores están uno frente al otro y rotan en sentidos opuestos y los dos impulsores están separados suficientemente cerca de modo que uno de los impulsores se beneficia de la energía rotacional del otro de los impulsores;
- 15 medios para introducir un monómero de olefina dentro del camino de flujo continuo;
medios para introducir un diluyente dentro del camino de flujo continuo;
medios para introducir un catalizador de polimerización dentro del camino de flujo continuo;
y
medios para retirar una porción de una suspensión fluida del camino de flujo continuo.
- 20 2. Un aparato de reactor de bucle según la reivindicación 1, en el que los dos impulsores están dispuestos en el mismo segmento.
3. Un aparato de reactor de bucle según la reivindicación 1, en el que una porción del camino de flujo continuo aguas arriba de por lo menos uno de los impulsores aloja por lo menos un álabe guía dispuesto para impartir movimiento rotacional en un sentido opuesto al movimiento rotacional del impulsor.
- 25 4. Un aparato de reactor de bucle según la reivindicación 1, en el que por lo menos un impulsor está situado en una sección ampliada de uno de los segmentos, y la sección ampliada y el por lo menos un impulsor tienen diámetros mayores que el diámetro de los segmentos.
5. Un aparato de reactor de bucle según la reivindicación 1, en el que los dos impulsores están situados en por lo menos una sección ampliada de uno de los segmentos, y la sección ampliada y los impulsores tienen diámetros mayores que el diámetro de los segmentos.
- 30 6. Un aparato de reactor de bucle según la reivindicación 1, en el que por lo menos un impulsor y el segmento que aloja el impulsor definen una separación, y la separación es 1,6 mm o menos.
7. Un aparato de reactor de bucle según la reivindicación 1, en el que cada impulsor tiene un diámetro mayor que el diámetro medio de los segmentos.
- 35 8. Un aparato de reactor de bucle según la reivindicación 1, en el que cada impulsor es una masa sólida de metal que no tiene huecos sustanciales.
9. Un aparato de reactor de bucle según la reivindicación 1, en el que el aparato de reactor de bucle define un volumen de reactor, y el volumen de reactor es 114 m³ o más.
10. Un aparato de reactor de bucle según la reivindicación 1, en el que el aparato de reactor de bucle define un volumen de reactor, y el volumen de reactor es 125 m³ o más.
- 40 11. Un aparato de reactor de bucle según la reivindicación 1, en el que los segmentos principales son verticales.
12. Un aparato de reactor de bucle según la reivindicación 1, en el que los segmentos principales son horizontales.
13. Un aparato de reactor de bucle que comprende:
una pluralidad de segmentos principales;

una pluralidad de segmentos secundarios, conectando cada segmento secundario dos de los segmentos principales entre sí, por lo que los segmentos principales y secundarios forman un camino de flujo continuo,

una alimentación de monómero unida a uno de los segmentos;

una alimentación de catalizador unida a uno de los segmentos;

5 una salida de producto unida a uno de los segmentos;

por lo menos un álabe guía dispuesto dentro del camino de flujo continuo; y

una bomba, en el que la bomba está unida a un impulsor dispuesto en el interior del camino de flujo aguas abajo del álabe guía, en el que el álabe guía y el impulsor imparten movimiento rotacional en el camino de flujo en sentidos opuestos y están suficientemente cerca de modo que la suspensión participa del movimiento rotacional al entrar en contacto con la bomba aguas abajo.

10

14. Un aparato de reactor de bucle según la reivindicación 13, en el que por lo menos un impulsor está situado en una sección ampliada de uno de los segmentos, y la sección ampliada y el por lo menos un impulsor tienen diámetros mayores que el diámetro de los segmentos.

15. Un aparato de reactor de bucle según la reivindicación 13, en el que cada impulsor tiene un diámetro mayor que el diámetro medio de los segmentos.

15

16. Un procedimiento de bucle de polimerización en suspensión que comprende:

introducir monómero, y catalizador en un reactor de bucle;

polimerizar el monómero para formar una suspensión que comprende partículas sólidas de poliolefina en un medio líquido;

20 hacer circular la suspensión usando dos impulsores;

impartir un primer movimiento rotacional a la suspensión con el primero de los impulsores;

y

impartir un segundo movimiento rotacional a la suspensión con el segundo de los impulsores, en el que el segundo movimiento rotacional es opuesto al primer movimiento rotacional y en el que el segundo de los impulsores está separado suficientemente cerca del primero de los impulsores de modo que el segundo de los impulsores se beneficia de la energía rotacional del primero de los impulsores.

25

17. El procedimiento de bucle de polimerización en suspensión de la reivindicación 16, que comprende adicionalmente pre-rotar la suspensión aguas arriba del primer impulsor, en un sentido opuesto al primer movimiento rotacional del primer impulsor.

18. El procedimiento de bucle de polimerización en suspensión de la reivindicación 16, que comprende adicionalmente post-rotar la suspensión aguas abajo del segundo impulsor, en el mismo sentido que el segundo movimiento rotacional del segundo impulsor.

30

19. Un procedimiento de bucle de polimerización en suspensión de la reivindicación 16, que comprende adicionalmente minimizar la separación entre por lo menos un impulsor y una porción del reactor de bucle que aloja el impulsor.

35

20. Un procedimiento de bucle de polimerización en suspensión de la reivindicación 16, en el que la suspensión tiene una concentración de partículas sólidas de poliolefina de por lo menos 45 por ciento en peso y como mucho de 75 por ciento en peso.

21. Un procedimiento de bucle de polimerización en suspensión según la reivindicación 16, en el que la suspensión se hace circular con un flujo de alrededor de $76 \text{ m}^3/\text{min}$ a alrededor de $189 \text{ m}^3/\text{min}$.

40

22. Un procedimiento de bucle de polimerización en suspensión según la reivindicación 16, en el que el impulsor consigue una cabeza de alrededor de 36,5 m a alrededor de 73,0 m.

23. Un procedimiento de bucle de polimerización en suspensión que comprende:

introducir monómero, diluyente, y catalizador en un reactor de bucle;

polimerizar el monómero para formar una suspensión que comprende el diluyente y partículas sólidas de poliolefina;

45

hacer circular la suspensión usando por lo menos un impulsor;

impartir usando un álabe guía, un primer movimiento rotacional a la suspensión previamente a que la suspensión llegue al por lo menos un impulsor; y

- 5 impartir un segundo movimiento rotacional a la suspensión con por lo menos un impulsor, en el que el segundo movimiento rotacional es en un sentido opuesto al primer movimiento rotacional, y en el que el por lo menos un impulsor está separado suficientemente cerca del álabe guía de modo que la suspensión participa del movimiento rotacional al entrar en contacto con el por lo menos un impulsor.

24. Un procedimiento de bucle de polimerización en suspensión según la reivindicación 23, en el que el primer movimiento rotacional es impartido por álabes de pre-rotación.

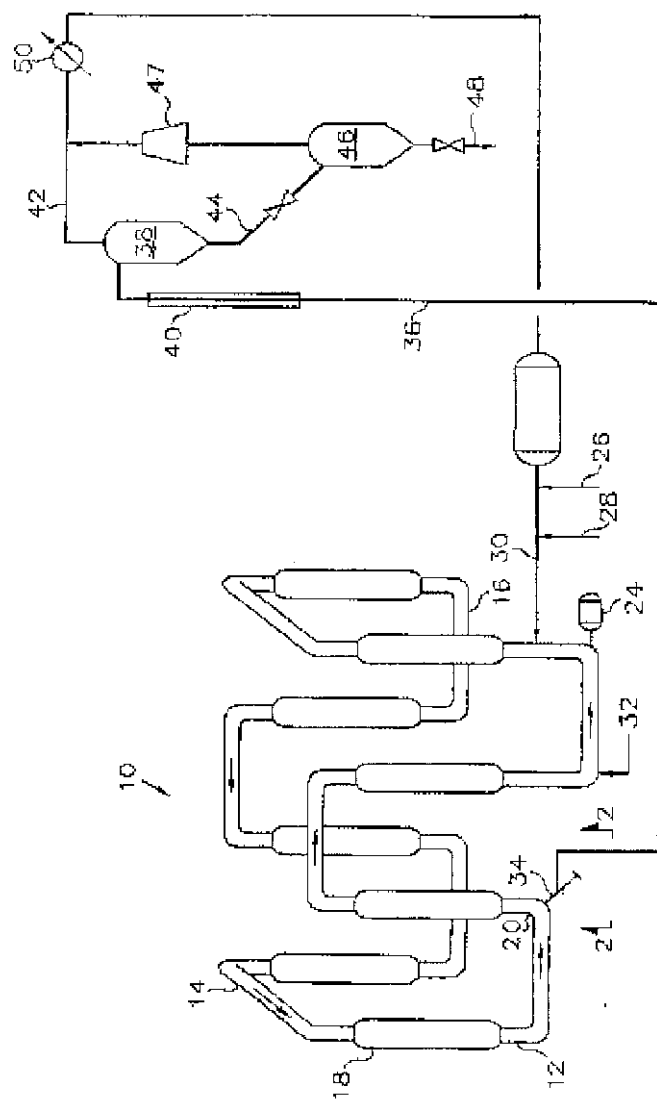


Fig. 1
(Técnica Anterior)

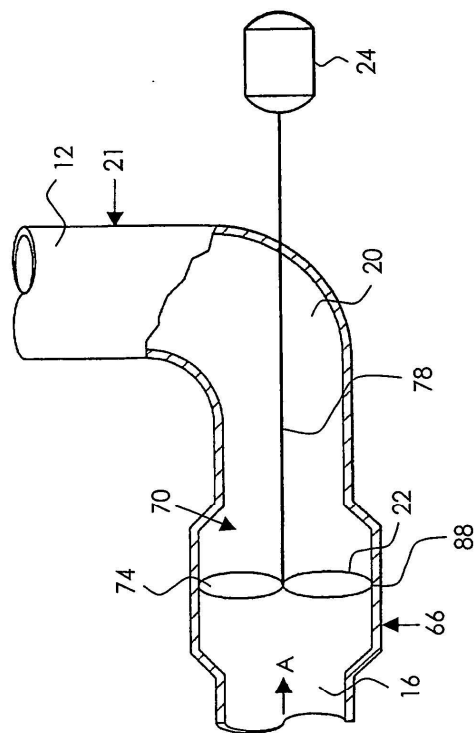


Fig. 2

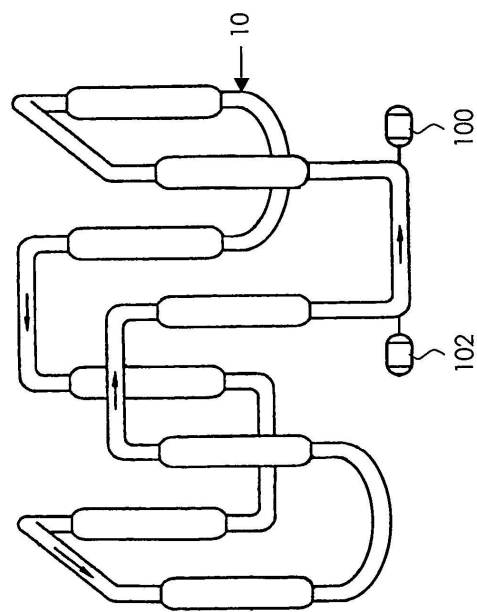


Fig. 3

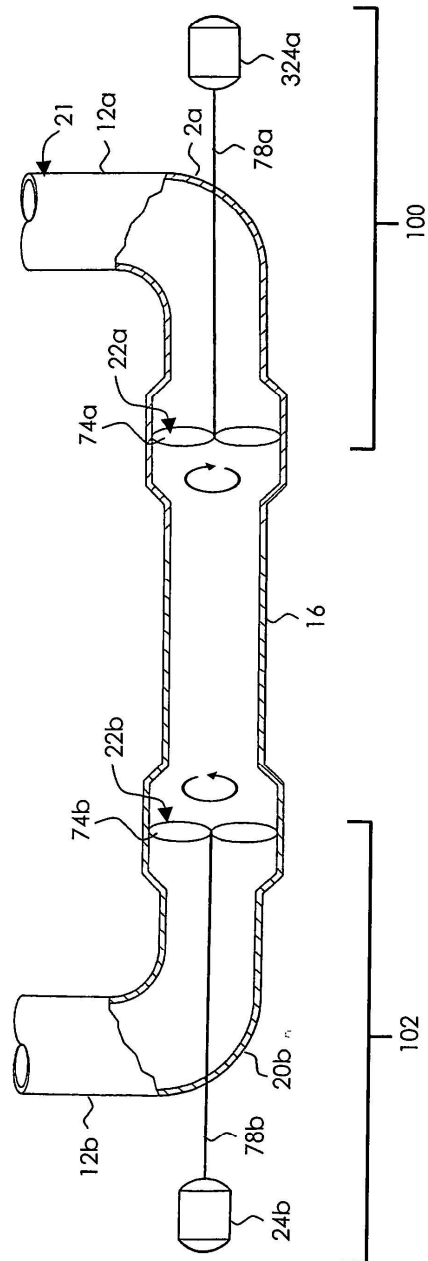


Fig. 4

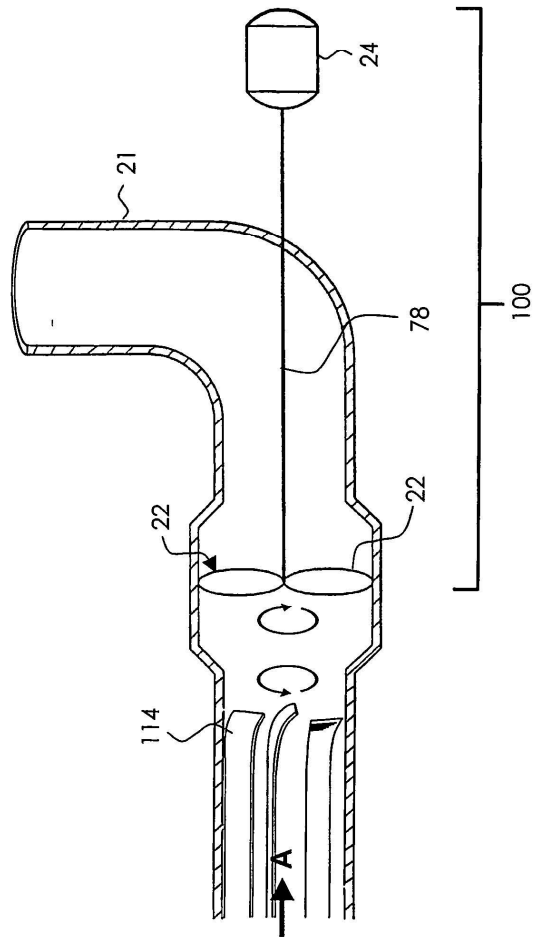


Fig. 5

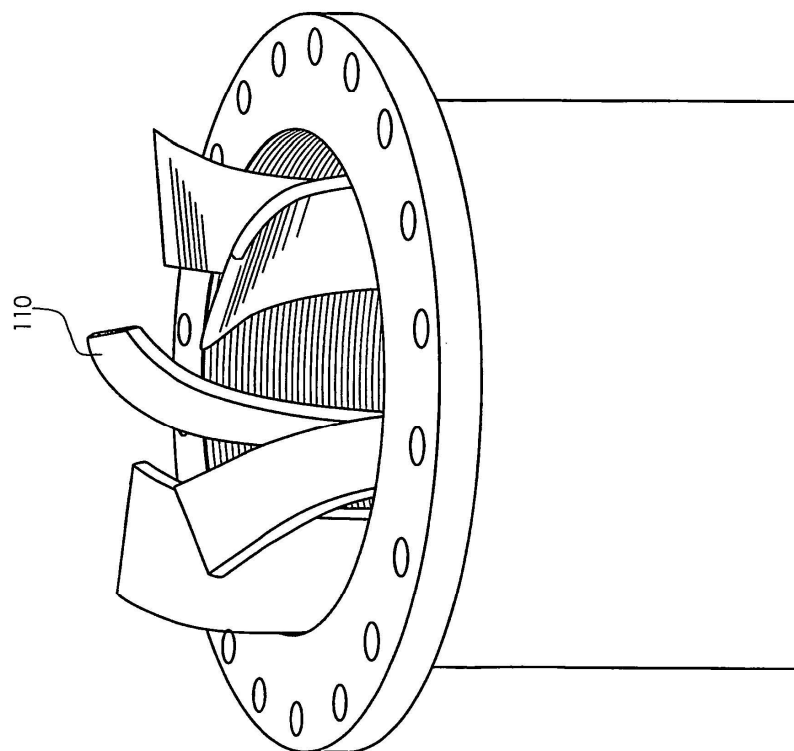


Fig. 6