

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 934**

51 Int. Cl.:

B01J 19/24 (2006.01)

C08F 2/12 (2006.01)

C08F 2/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.06.2015 PCT/US2015/036671**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.12.2015 WO15200125**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2015 E 15739058 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019 EP 3160638**

54 Título: **Transferencia de calor en un reactor de polimerización**

30 Prioridad:

24.06.2014 US 201414313370

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

29.10.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KUFELD, SCOTT E;
MUTCHLER, JOEL A y
HOTTOVY, JOHN D**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 728 934 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

Transferencia de calor en un reactor de polimerización

CAMPO

Esta descripción se refiere a la transferencia de calor en un sistema de reactor de polimerización.

5 ANTECEDENTES

Las poliolefinas tales como polietileno y polipropileno pueden prepararse mediante polimerización en suspensión. En esta técnica, los materiales de alimentación tales como diluyente, monómero y catalizador se introducen en una zona de reacción de bucle, formando una suspensión en la zona de reacción. En los reactores de bucle continuo, la suspensión circula a través de la zona de reacción de bucle y el monómero reacciona con el catalizador en una reacción de polimerización. La reacción de polimerización produce poliolefinas sólidas en la suspensión. Un producto de polimerización que tiene poliolefinas sólidas se transfiere luego del reactor y se separa para recuperar las poliolefinas sólidas.

En general, el proceso de polimerización es exotérmico y el calor generado debe eliminarse del reactor para evitar que las poliolefinas se fundan dentro del reactor. Dicho sobrecalentamiento puede provocar ensuciamiento, taponamiento u otros efectos adversos dentro del reactor. Además de limitar los efectos adversos, mantener una temperatura controlada dentro del reactor puede ser importante para producir un producto que tenga las propiedades deseadas.

COMPENDIO

En una realización, un proceso comprende polimerizar un monómero de olefina en un reactor de bucle en presencia de un catalizador y un diluyente, y producir una suspensión que comprende un polímero de olefina en partículas sólidas y un diluyente. El número interno de Biot se mantiene en o por debajo de aproximadamente 3,0 dentro del reactor de bucle durante la polimerización. La suspensión en el reactor de bucle forma una película de suspensión que tiene un coeficiente de película de suspensión a lo largo de la superficie interna de la carcasa, y el coeficiente de película de suspensión es inferior a aproximadamente $2.800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($500 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$), donde el número interno de Biot se define usando la siguiente ecuación:

$$B_{int} = \frac{h_{SUSPENSIÓN} \cdot L_R}{k_R}$$

donde B_{int} es el número interno de Biot, $H_{suspensión}$ es el coeficiente de la película de la suspensión definido anteriormente en unidades de $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($\text{BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$), L_R es la longitud característica de la pared del reactor (el espesor 212) en unidades de m^{-1} (pie^{-1}), y k_R es la conductividad térmica de la pared del reactor en unidades de $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ($\text{BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-1}\cdot\text{°F}^{-1}$), en donde el coeficiente de película de la suspensión se aproxima usando la siguiente ecuación:

$$h_{suspensión} = \frac{f}{2} \cdot \frac{K_s}{D_i} \cdot (Pr_s)^{\frac{1}{3}} \cdot Re_s$$

donde $h_{suspensión}$ es el coeficiente de película de la suspensión en unidades de $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($\text{Btu}/(\text{h})(\text{pie}^2)(\text{°F})$) (por ejemplo, que también puede expresarse como $\text{BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$), f es el factor de fricción de Fanning, K_s es la conductividad térmica de la suspensión del reactor en unidades de $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ($\text{Btu}/(\text{h})(\text{pie})(\text{°F})$), D_i es el diámetro interno de la pared del reactor en unidades de m^{-1} (pie), Pr_s es el número Prandtl de la suspensión, y Re_s es el número de Reynolds de la suspensión. El número de Biot puede mantenerse en o por debajo de aproximadamente 2,0 dentro del reactor de bucle durante la polimerización, el número de Biot puede mantenerse en o por debajo de aproximadamente 1,5 en el reactor de bucle durante la polimerización, y/o el número de Biot puede mantenerse en o por debajo de aproximadamente 1,1 dentro del reactor de bucle durante la polimerización. La suspensión puede comprender una concentración de sólidos en el intervalo de aproximadamente 25% en peso a aproximadamente 70% en peso, la suspensión puede comprender una concentración de sólidos en el intervalo de aproximadamente 40% en peso a aproximadamente 60% en peso, y/o la suspensión puede comprender una concentración de sólidos superior a aproximadamente 50% en peso. El reactor de bucle comprende una carcasa que tiene un espesor y una conductividad térmica. Una relación del coeficiente de película de la suspensión y la conductividad térmica puede estar en un intervalo de aproximadamente 25 m^{-1} ($8,0 \text{ pies}^{-1}$) a aproximadamente 160 m^{-1} (50 pies^{-1}), y/o una relación del coeficiente de película de la suspensión puede estar en un intervalo de aproximadamente 45 m^{-1} (14 pies^{-1}) a aproximadamente 115 m^{-1} (35 pies^{-1}). Una relación del coeficiente de película y el espesor puede estar en un intervalo de aproximadamente $26.000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$ ($1.400 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$) a aproximadamente $4,5 \times 10^6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$ ($240.000 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-3}\cdot\text{°F}^{-1}$), y/o una relación del coeficiente de la película y el espesor puede estar en un intervalo de aproximadamente $4.500 \text{ W}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$ ($2.400 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$) a aproximadamente $1,9 \times 10^6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$ ($100.000 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-3}\cdot\text{°F}^{-1}$). Una relación de la conductividad térmica y el espesor puede estar en un intervalo de aproximadamente $600 \text{ W}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$ ($100 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$) a aproximadamente $60.000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($10.000 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$), y/o una relación de la conductividad térmica y el espesor está en un intervalo de aproximadamente $700 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($120 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$) a aproximadamente $23.000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($4.000 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$). La carcasa puede comprender un acero seleccionado

del grupo que consiste en: A106 Gr 8 (60), A516 Gr 70, A537 Cl 2, A106 Gr C (40), A202 Gr 8, A285 Gr C, A514 Gr 8, A515 Gr 70, A517 Gr A, A517 Gr 8, A533 Ty A C13, A542 Ty A C12, A678 Gr C, AISI 1010, AISI 1015, MIL-S 24645, y cualquier combinación de los mismos. La carcasa tiene un diámetro en el intervalo de aproximadamente 50 centímetros (20 pulgadas) a aproximadamente 91 centímetros (36 pulgadas). La superficie interna de la carcasa tiene una suavidad superficial de menos de 2,5 micrómetros RMS (100 micropulgadas RMS), la superficie interna de la carcasa tiene una suavidad superficial de menos de 0,8 micrómetros RMS (30 micropulgadas RMS) y/o la parte interna de la carcasa tiene una suavidad superficial de entre aproximadamente 0,3 micrómetros RMS (10 RMS) y aproximadamente 0,8 micrómetros RMS (30 micropulgadas RMS). El proceso también puede incluir hacer circular la suspensión dentro del reactor de bucle. La suspensión se puede hacer circular a una velocidad en el intervalo de aproximadamente 8 m/s (25 pies/s) a aproximadamente 18 m/s (60 pies/s), la suspensión se puede hacer circular a una velocidad en el intervalo de aproximadamente 11 m/s (35 pies/s) a aproximadamente 15 m/s (50 pies/s), y/o la suspensión puede hacer circular a una velocidad mayor que aproximadamente 12 m/s (40 pies/s).

En el presente documento también se describe un reactor que comprende una carcasa tubular continua que comprende un espesor y una conductividad térmica, y una suspensión dispuesta dentro de la carcasa tubular continua. La carcasa tubular continua define un bucle continuo y una relación entre la conductividad térmica y el espesor es mayor que o igual a aproximadamente $700 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($120 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$). La suspensión comprende un polímero de olefina en partículas sólidas y un diluyente, y la fracción de volumen de los sólidos en la suspensión es mayor que aproximadamente 0,65. La relación de la conductividad térmica y el espesor puede ser mayor que o igual a aproximadamente $900 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($160 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$), la relación de la conductividad térmica y el espesor puede ser mayor que o igual a aproximadamente $1.400 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($250 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$), y/o la relación de la conductividad térmica y el espesor puede ser mayor que o igual a aproximadamente $1.700 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($300 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$). La conductividad térmica de la carcasa puede estar entre aproximadamente 35 y aproximadamente $70 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ (aproximadamente 20 y aproximadamente $40 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-1}\cdot\text{°F}^{-1}$). La carcasa puede comprender un acero seleccionado del grupo que consiste en: A106 Gr 8 (60), A516 Gr 70, A537 C12, A106 Gr C (40), A202 Gr 8, A285 Gr C, A514 Gr 8, A515 Gr 70, A517 Gr A, A517 Gr 8, A533 Ty A C13, A542 Ty A C12, A678 Gr C, AISI 1010, AISI 1015, MIL-S 24645, y cualquier combinación de los mismos. La carcasa puede comprender un acero que comprende hierro y uno o más componentes seleccionados del grupo que consiste en: carbono en una cantidad de aproximadamente 0,05% en peso a aproximadamente 0,25% en peso, silicio en una cantidad de aproximadamente 0,5% en peso a aproximadamente 0,75% en peso, manganeso en una cantidad de aproximadamente 0,8% en peso a aproximadamente 2,0% en peso, fósforo en una cantidad de aproximadamente 0,01% en peso a aproximadamente 0,1% en peso, azufre en una cantidad de aproximadamente 0,01% en peso a aproximadamente 0,1% en peso, aluminio en una cantidad de aproximadamente 0,01% en peso a aproximadamente 0,04% en peso, cromo en una cantidad de aproximadamente 0,1% en peso a aproximadamente 0,5% en peso, cobre en una cantidad de aproximadamente 0,1% en peso a aproximadamente 0,5% en peso, níquel en una cantidad de aproximadamente 0,1% en peso a aproximadamente 0,5% en peso, molibdeno en una cantidad de aproximadamente 0,05% en peso a aproximadamente 0,1% en peso, niobio en una cantidad de aproximadamente 0,005% en peso a aproximadamente 0,02% en peso, titanio en una cantidad de aproximadamente 0,01% en peso a aproximadamente 0,05% en peso, vanadio en una cantidad de aproximadamente 0,01% en peso a aproximadamente 0,04% en peso, y cualquier combinación de los mismos.

En el presente documento también se describe un proceso que comprende polimerizar un monómero de olefina en un reactor de bucle en presencia de un catalizador y un diluyente, donde el reactor de bucle comprende una carcasa tubular continua, produciendo una suspensión que comprende polímero de olefina en partículas sólidas y diluyente, y haciendo circular la suspensión en el reactor de bucle. La suspensión en el reactor de bucle forma una película de suspensión a lo largo de una superficie interna de la carcasa, y una relación de una resistencia de transferencia de calor a través de la película de suspensión y una resistencia de transferencia de calor a través de la carcasa tubular se mantiene en o por debajo de 3,0 dentro del reactor durante la polimerización. La suspensión tiene una velocidad superior a aproximadamente 9 m/s (30 pies/s) durante la circulación. La relación de la resistencia de transferencia de calor a través de la película de suspensión y la resistencia de transferencia de calor a través de la carcasa tubular puede mantenerse en o por debajo de aproximadamente 2,0 dentro del reactor de bucle durante la polimerización, y/o la relación de la resistencia de transferencia de calor a través de la película de suspensión y la resistencia a la transferencia de calor a través de la carcasa tubular se puede mantener en o por debajo de aproximadamente 1,5 dentro del reactor de bucle durante la polimerización. La suspensión puede comprender una concentración de sólidos en el intervalo de aproximadamente 25% en peso a aproximadamente 70% en peso. La suspensión puede comprender una fracción de volumen de sólidos por encima de aproximadamente 0,65. La suspensión se puede hacer circular a una velocidad mayor que aproximadamente 12 m/s (40 pies/s), y/o la suspensión se hace circular a una velocidad mayor que aproximadamente 15 m/s (50 pies/s).

En el presente documento también se describe un proceso de polimerización que comprende polimerizar un monómero de olefina en un reactor de bucle en presencia de un catalizador y un diluyente, produciendo una suspensión que comprende polímero de olefina en partículas sólidas y diluyente dentro del reactor de bucle, y poner en contacto al menos una porción de una superficie exterior del reactor de bucle con un líquido refrigerante. La suspensión en el reactor de bucle forma una película de suspensión que tiene un coeficiente de película a lo largo de una superficie interna del reactor de bucle, y el fluido refrigerante forma una película de refrigerante que tiene un coeficiente de película refrigerante a lo largo de una superficie exterior del reactor de bucle. Una relación del coeficiente

de película y el coeficiente de película del refrigerante es mayor que aproximadamente 2,0. Un número Biot externo puede ser mayor que aproximadamente 2,0 durante la polimerización, y/o un número Biot interno puede ser menor que aproximadamente 3,0 durante la polimerización. La suspensión comprende una fracción de volumen de sólidos por encima de aproximadamente 0,65. El proceso de polimerización también puede incluir hacer circular la suspensión en el reactor de bucle, y la suspensión puede tener una velocidad superior a aproximadamente 9 m/s (30 pies/s) durante la circulación.

En otra realización, un método para diseñar un reactor de polimerización en suspensión de bucle comprende: simular, en un procesador, un reactor de polimerización en suspensión de bucle; determinar un número Biot interno de una región de carcasa de al menos un reactor de polimerización de suspensión de bucle en base a la simulación; ajustar un valor de al menos un parámetro de diseño para el reactor de polimerización en suspensión de bucle basado en la simulación, en donde el al menos un parámetro de diseño para el reactor de polimerización en suspensión de bucle comprende una conductividad térmica de la pared de al menos un reactor de bucle, un diámetro de una pared, un espesor de la pared, una velocidad de una suspensión dentro del al menos un reactor de bucle, una densidad de la suspensión de la suspensión, una viscosidad de la suspensión, una capacidad calorífica específica de la suspensión, una conductividad térmica de la suspensión, una ubicación de la al menos una camisa de refrigeración en relación con la pared, o cualquier combinación de las mismas; repetir la simulación, mediante el procesador, basada en el valor ajustado de al menos un parámetro de diseño; determinar si uno o más parámetros de diseño predeterminados se obtienen en base a la repetición en donde el uno o más parámetros de diseño predeterminados comprenden un espesor de pared, o un número interno de Biot igual a o menor que 3,0; y emitir un diseño de reactor de polimerización en suspensión de bucle basado en la simulación, ajuste, repetición y determinación, cuando se haya obtenido un espesor de pared predeterminado o un número de Biot interno igual a o menor que 3,0. El reactor de polimerización en suspensión de bucle comprende al menos un reactor de bucle y al menos una camisa de refrigeración, y existe un anillo entre una pared del al menos un reactor de bucle y la camisa de refrigeración. El método también puede incluir mostrar gráficamente al menos una parte de la simulación y ajustar el valor de el al menos un parámetro de diseño en respuesta a la visualización gráfica. El método también puede incluir determinar una posición de la al menos una camisa de refrigeración adyacente y sustancialmente paralela a al menos una parte de una pata de el al menos un reactor de bucle. El al menos un parámetro de diseño para el reactor de polimerización en suspensión de bucle comprende una conductividad térmica de la pared de al menos un reactor en bucle, un diámetro de una pared, un espesor de la pared, una velocidad de una suspensión dentro de el al menos un reactor de bucle, una densidad de suspensión de la suspensión, una viscosidad de la suspensión, una capacidad calorífica específica de la suspensión, una conductividad térmica de la suspensión, una ubicación de la al menos una camisa de refrigeración con respecto a la pared, o cualquier combinación de las mismas. El uno o más parámetros de diseño predeterminados comprende un espesor de pared o un número interno de Biot igual o inferior a aproximadamente 3,0. Una suspensión en el al menos un reactor de bucle puede formar una película de suspensión que tiene un coeficiente de película de suspensión a lo largo de una superficie interior de una pared del al menos un reactor de bucle, y el uno o más parámetros de diseño predeterminados puede comprender el coeficiente de película de suspensión de menos de aproximadamente $2.800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($500 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$). Una pared de el al menos un reactor de bucle puede comprender un espesor y una conductividad térmica, y el uno o más parámetros de diseño predeterminados pueden comprender una relación de la conductividad térmica y el espesor que es mayor que o igual a aproximadamente $700 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($120 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$). El al menos un reactor de bucle puede comprender una suspensión dispuesta dentro de una pared de el al menos un reactor de bucle, la suspensión puede comprender un polímero de olefina en partículas sólidas y un diluyente, y el uno o más parámetros de diseño predeterminados pueden comprender una fracción de volumen del polímero de olefina en partículas sólidas en la suspensión que es mayor que alrededor de 0,65.

Estas y otras características se entenderán más claramente a partir de la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos y las reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para una comprensión más completa de la presente divulgación y sus ventajas, ahora se hace referencia a la siguiente breve descripción, tomada en relación con los dibujos adjuntos y la descripción detallada.

La Figura 1 ilustra esquemáticamente un diagrama de flujo del proceso de una realización de un proceso de polimerización en bucle.

La Figura 2 ilustra esquemáticamente otro diagrama de flujo del proceso de una realización de un proceso de polimerización en bucle.

Las figuras 3A-3B ilustran vistas en sección transversal de una parte de un reactor de polimerización en bucle.

La figura 4 ilustra una disposición esquemática de un sistema informático.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES

En el presente documento se describen realizaciones de un sistema de reactor de polimerización y un proceso para operar el sistema de reactor de polimerización bajo ciertas condiciones de transferencia de calor.

La Figura 1 ilustra un diagrama de flujo de proceso esquemático de una realización de un sistema 100 de polimerización. El sistema 100 puede comprender un reactor 110 de polimerización de suspensión de bucle que forma un producto de polimerización, una primera línea 120, que recibe un producto de polimerización (por ejemplo, una suspensión de producto de polimerización) del reactor 110 de polimerización de suspensión de bucle, y un recipiente 140 de separación, que recibe el producto de polimerización (por ejemplo, como la suspensión de producto de polimerización) de la primera línea 120. El polímero sólido se puede recuperar del recipiente 140 de separación.

Como se describe anteriormente, el sistema 100 puede comprender un reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle. En una o más de las realizaciones descritas en el presente documento, el reactor 110 puede comprender cualquier recipiente o combinación de recipientes adecuadamente configurados para proporcionar un entorno para una reacción química (por ejemplo, una zona de contacto) entre monómeros (por ejemplo, etileno) y/o polímeros (por ejemplo, una cadena de polímero "activo" o en crecimiento), y opcionalmente comonómeros (por ejemplo, 1-buteno, 1-hexeno) y/o copolímeros, en presencia de un catalizador para producir un polímero (por ejemplo, un polímero de polietileno) y/o copolímero. Aunque la realización ilustrada en la Figura 1 muestra un solo reactor 110, un experto en la técnica que vea esta descripción reconocerá que se puede emplear cualquier número y/o configuración adecuada de reactores, como se describe con más detalle en este documento.

Tal como se usa en el presente documento, los términos "reactor de polimerización" o "reactor" pueden incluir al menos un reactor de polimerización en suspensión de bucle capaz de polimerizar monómeros o comonómeros de olefina para producir homopolímeros o copolímeros. Dichos homopolímeros y copolímeros se refieren como resinas o polímeros.

Los procesos de polimerización realizados en el(los) reactor(es) (por ejemplo, reactor 110) pueden incluir procesos discontinuos o continuos. Los procesos continuos podrían usar una descarga de producto intermitente o continua. Los procesos también pueden incluir reciclado directo total o parcial de monómero sin reaccionar, comonómero sin reaccionar y/o diluyente.

En realizaciones que tienen múltiples reactores como se muestra en la Figura 2, la producción de producto de polimerización en múltiples reactores 110, 180 puede incluir varias etapas en al menos dos reactores 110, 180 de polimerización separados interconectados por un dispositivo de transferencia o línea 172 que permite transferir el producto de polimerización resultante de un primer reactor 110 de polimerización en un segundo reactor 180. Las condiciones de polimerización deseadas en un reactor pueden ser diferentes de las condiciones de polimerización del (de los) otro(s) reactor(es). Alternativamente, la polimerización en múltiples reactores puede incluir la transferencia manual del producto de polimerización (por ejemplo, en una suspensión de producto de polimerización, como una mezcla, como polímero sólido, o combinaciones de los mismos) de un reactor a reactores posteriores para la polimerización continua. Además de transferir alguna parte del producto de polimerización al segundo reactor 180, uno o más componentes de la alimentación (por ejemplo, diluyente, catalizador, monómeros, comonómeros, etc.) puede alimentarse a través de una línea de entrada como corriente de alimentación 174 al segundo reactor 180. Aunque ilustrado en la Figura 2 como reactores de bucle múltiples, los sistemas de reactor múltiple pueden incluir cualquier combinación que incluye, pero no se limita a, reactores de bucle múltiples, una combinación de reactores de bucle y gas, reactores múltiples de alta presión o una combinación de reactores de alta presión con reactores de bucle y/o gas. Los reactores múltiples pueden operarse en serie o en paralelo, o combinaciones de los mismos.

Volviendo a la Figura 1, el reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle puede comprender tubos verticales y/o horizontales 112 y 114 (respectivamente) interconectados por curvas suaves o codos 115, que juntos forman un bucle. Las partes del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle, como los tubos 112, pueden tener camisas 113 de refrigeración colocadas a su alrededor para eliminar el exceso de calor generado por las reacciones de polimerización exotérmicas. Un fluido refrigerante se puede hacer circular a través de un anillo entre las camisas 113 y la superficie exterior del reactor 110, por ejemplo. La circulación del fluido refrigerante puede eliminar calor del reactor 110 de polimerización de suspensión de bucle a través de la pared del reactor. El fluido de refrigeración puede hacerse circular a un sistema de refrigeración para descargar el calor antes de volver a la región anular en un ciclo de refrigeración. La(s) camisa(s) 113 de refrigeración solo puede(n) cubrir una parte del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle y las regiones intermedias pueden no estar sujetas a transferencia de calor (por ejemplo, eliminación de calor). En una realización, al menos aproximadamente 10%, al menos aproximadamente 20%, al menos aproximadamente 30%, al menos aproximadamente 40%, al menos aproximadamente 50%, o al menos aproximadamente 60% de la superficie exterior del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle puede estar sujeto a intercambio de calor.

Un dispositivo motor, como la bomba 150, puede hacer circular la suspensión líquida en el reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle. Un ejemplo de la bomba 150 es una bomba de flujo axial en línea con un impulsor 152 de bomba dispuesto dentro del interior del reactor 110. El impulsor 152 puede, durante el funcionamiento, crear una zona de mezcla turbulenta dentro de un medio fluido que circula a través del reactor 110 de manera que pueda producirse un contacto suficiente entre los diferentes componentes de polimerización dentro de la suspensión. El impulsor 152 también puede ayudar a impulsar la suspensión a través del circuito cerrado del reactor 110 a una velocidad suficiente para mantener partículas sólidas, tales como el catalizador o el producto de polimerización, suspendidas dentro de la suspensión. El impulsor 152 puede ser accionado por un motor 154 u otra fuerza motriz.

El sistema 100 puede comprender adicionalmente cualquier equipo asociado con un reactor de polimerización, como bombas, dispositivos de control (por ejemplo, un controlador PID), instrumentos de medición (por ejemplo, termopares, transductores y medidores de flujo), líneas alternativas de entrada y salida, y similares.

5 El monómero, diluyente, catalizador y, opcionalmente, cualquier comonómero, que puede alimentarse al reactor 110 de polimerización de bucle en suspensión (por ejemplo, a través de la corriente de alimentación 102), puede circular a través del bucle a medida que se produce la polimerización. En general, los procesos continuos pueden comprender la introducción continua de un monómero, un comonómero opcional, un catalizador y un diluyente en el reactor 110 de polimerización de suspensión de bucle y la eliminación continua (por ejemplo, a través de la primera línea 120) de una suspensión que comprende polímero sólido (por ejemplo, polietileno) y una fase líquida del diluyente.

10 En una o más realizaciones, un comonómero puede comprender hidrocarburos insaturados que tienen de 3 a 20 átomos de carbono. Por ejemplo, un comonómero puede comprender alfa olefinas, tales como, por ejemplo, propeno, propileno, 1-buteno, 1-penteno, 1-hexeno, 3-metil-1-buteno, 4-metil-1-penteno, 1-hepteno, 1-octeno, 1-noneno, 1-deceno y similares, o combinaciones de los mismos.

15 En realizaciones, los diluyentes adecuados usados en los procesos de polimerización en suspensión pueden incluir, pero no están limitados a, el monómero, y opcionalmente el comonómero, que se va a polimerizar e hidrocarburos que son líquidos en las condiciones de la reacción. Ejemplos de diluyentes adecuados incluyen, pero no están limitados a, hidrocarburos tales como propano, ciclohexano, isobutano, n-butano, n-pentano, isopentano, neopentano y n-hexano. En realizaciones, los diluyentes pueden comprender hidrocarburos insaturados que tienen de 3 a 12 átomos de carbono. Otros ejemplos de diluyentes adecuados incluyen, pero no se limitan a, propeno, 1-buteno, 1-hexeno, octenos, o combinaciones de los mismos. Algunas reacciones de polimerización de bucle pueden ocurrir en condiciones globales en las que no se usa diluyente. Un ejemplo es la polimerización de monómero de propileno como se describe en la patente de EE.UU. n° 5,455,314.

Para los procesos típicos de polimerización de bucle se describe información adicional, por ejemplo, en las patentes de EE. UU. N°s 3,248,179, 4,501,885, 5,565,175, 5,575,979, 6,239,235 y 6,262,191.

25 En realizaciones que tienen múltiples reactores, diversos tipos de reactores que pueden incluirse adicionalmente en el sistema 100 pueden comprender reactores en fase gaseosa. Los reactores en fase gaseosa pueden comprender reactores de lecho fluidizado o reactores horizontales en etapas. Los reactores en fase gaseosa pueden emplear una corriente de reciclado continua que contiene uno o más monómeros sometidos a ciclo continuamente a través de un lecho fluidizado en presencia del catalizador en condiciones de polimerización. Una corriente de reciclado puede sacarse del lecho fluidizado y reciclarse de nuevo en el reactor. Simultáneamente, el producto de polímero puede sacarse del reactor y puede añadirse monómero nuevo o recién preparado para reemplazar el monómero polimerizado. De la misma forma, el producto de polímero puede sacarse del reactor y puede añadirse monómero nuevo o recién preparado para reemplazar el monómero polimerizado, el monómero polimerizado o combinaciones de los mismos. Tales reactores en fase gaseosa pueden comprender un proceso para la polimerización de olefinas en fase gaseosa en múltiples etapas, en el que las olefinas se polimerizan en la fase gaseosa en al menos dos zonas de polimerización en fase gaseosa independientes mientras se alimenta un polímero que contiene catalizador formado en una primera zona de polimerización a una segunda zona de polimerización.

35 En realizaciones que tienen múltiples reactores, los diversos tipos de reactores que pueden incluirse adicionalmente en el sistema 100 pueden comprender reactores de polimerización en suspensión de bucle. Tales reactores pueden tener una configuración de bucle, tal como la configuración del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle de la Figura 1.

40 En realizaciones que tienen múltiples reactores, diversos tipos de reactores que pueden incluirse adicionalmente en el sistema 100 pueden comprender reactores de presión elevada. Los reactores de presión elevada pueden comprender reactores de autoclave o tubulares. Los reactores tubulares pueden tener varias zonas en las que se puede agregar un monómero recién preparado (y opcionalmente, comonómero), iniciadores o catalizadores. El monómero (opcionalmente, comonómero) puede ser arrastrado por una corriente gaseosa inerte y ser introducido en una zona del reactor. Los iniciadores, catalizadores y/o componentes del catalizador pueden ser arrastrados por una corriente gaseosa y ser introducidos en otra zona del reactor. Las corrientes gaseosas pueden entremezclarse para la polimerización. Puede emplearse calor y presión apropiadamente para obtener condiciones óptimas de reacción de polimerización.

45 En realizaciones que tienen múltiples reactores, diversos tipos de reactores que pueden incluirse adicionalmente en el sistema 100 pueden comprender un reactor de polimerización en disolución en el que el monómero (opcionalmente, comonómero) puede ponerse en contacto con la composición catalítica mediante agitación adecuada u otros medios. Se puede emplear un portador que comprende un diluyente orgánico inerte o monómero en exceso (opcionalmente, comonómero). Si se desea, el monómero y/o comonómero opcional puede ponerse en contacto en la fase de vapor con el producto de la reacción catalítica, en presencia o ausencia de material líquido. La zona de polimerización se mantiene a temperaturas y presiones que darán como resultado la formación de una disolución del polímero en un medio de reacción. Puede emplearse agitación para obtener un mejor control de la temperatura y para mantener las

mezclas de polimerización uniformes a lo largo de la zona de polimerización. Se utilizan medios adecuados para disipar el calor exotérmico de la polimerización.

Las condiciones de un reactor de polimerización, por ejemplo, el reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle, que se pueden elegir e incluso controlar para la eficiencia de polimerización y para proporcionar propiedades de resina incluyen temperatura, presión y las concentraciones de diversos reactivos. La temperatura de polimerización puede afectar la productividad del catalizador, el peso molecular del polímero y la distribución del peso molecular. La temperatura de polimerización adecuada puede ser cualquier temperatura por debajo de la temperatura de despolimerización según la ecuación de energía libre de Gibbs. Típicamente esto incluye el intervalo de aproximadamente 140 °F (aproximadamente 60 °C) a aproximadamente 536 °F (aproximadamente 280 °C), o aproximadamente 158 °F (aproximadamente 70 °C) a aproximadamente 230 °F (aproximadamente 110 °C), dependiendo del tipo de reactor de polimerización.

Las presiones adecuadas también variarán según el tipo de reactor y polimerización. La presión para las polimerizaciones en fase líquida en un reactor de bucle, como el reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle, es típicamente menor a aproximadamente 1.000 psig, por ejemplo, aproximadamente 650 psig. La presión para la polimerización en fase gaseosa es habitualmente a de aproximadamente 200 a aproximadamente 500 psig. La polimerización a presión elevada en reactores tubulares o de autoclave se opera generalmente a de aproximadamente 20.000 a aproximadamente 75.000 psig. Los reactores de polimerización también pueden operarse en una región supercrítica que ocurre generalmente a mayores temperaturas y presiones. La operación por encima del punto crítico de un diagrama de presión/temperatura (fase supercrítica) puede ofrecer ventajas. En una realización, la polimerización puede ocurrir en un entorno que tiene una combinación adecuada de temperatura y presión. Por ejemplo, la polimerización puede ocurrir a una presión en un intervalo de aproximadamente 400 psi a aproximadamente 1.000 psi; alternativamente, aproximadamente 550 psi a aproximadamente 650 psi, alternativamente, aproximadamente 600 psi a aproximadamente 625 psi; y una temperatura en un intervalo de aproximadamente 150 °F (aproximadamente 66 °C) a aproximadamente 230 °F (aproximadamente 110 °C), alternativamente, de aproximadamente 195 °F (aproximadamente 91 °C) a aproximadamente 220 °F (aproximadamente 104 °C).

La concentración de diversos reactivos puede controlarse para producir polímero sólido con determinadas propiedades físicas y mecánicas. El uso final propuesto del producto que se formará por la resina y el método para formar ese producto determina las propiedades deseadas. Las propiedades mecánicas incluyen ensayos de tracción, flexión, impacto, de fluencia, alivio de tensiones y dureza. Las propiedades físicas incluyen mediciones de densidad, peso molecular, distribución del peso molecular, temperatura de fusión, temperatura de transición vítrea, temperatura de fusión de cristalización, densidad, estereoregularidad, crecimiento de fisuras, ramificación de cadena larga y reológicas.

Las concentraciones y/o presiones parciales de monómero, comonómero, hidrógeno, co-catalizador, activador-soporte, modificadores y donantes de electrones son importantes para la producción de estas propiedades de la resina. El comonómero puede usarse para controlar la densidad del producto. Puede usarse hidrógeno para controlar el peso molecular del producto. Los co-catalizadores se pueden usar para alquilar, eliminar venenos y controlar el peso molecular. El activador-soporte puede usarse para activar y soportar el catalizador. Pueden usarse modificadores para controlar las propiedades del producto y los donantes de electrones ejercen efecto sobre la estereoregularidad, distribución de peso molecular o peso molecular. Además, la concentración de venenos se minimiza porque los venenos ejercen un impacto en las reacciones y propiedades del producto.

Los componentes de la reacción de polimerización del(de los) reactor(es) descrito(s) en la presente memoria (p. ej., reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle) pueden incluir monómeros de olefina (p. ej., etileno) y comonómeros (p. ej., 1-hexeno), diluyente (p. ej., isobutano, hexano, propano o combinaciones de los mismos), agentes de control de peso molecular (por ejemplo, hidrógeno), y cualquier otro agente co-reaccionante o aditivo deseado. Los componentes de la reacción de polimerización pueden incluir adicionalmente un catalizador, y opcionalmente, un co-catalizador. El catalizador adecuado para polimerizar los monómeros y cualquier comonómero puede incluir, pero no se limita a, catalizador(es) y, opcionalmente, cocatalizador(es) y/o promotor(es). Los ejemplos no limitantes de sistemas catalíticos adecuados incluyen catalizadores Ziegler Natta, catalizadores Ziegler, catalizadores de cromo, catalizadores de óxido de cromo, catalizadores de cromoceno, catalizadores de metaloceno, catalizadores de níquel, o combinaciones de los mismos. Los ejemplos no limitantes de co-catalizador incluyen trietilboro, metil aluminóxano, alquilos tales como trietilaluminio, o combinaciones de los mismos. Los activadores-soportes adecuados pueden comprender compuestos superácidos sólidos. Los sistemas catalizadores adecuados para uso en esta descripción se han descrito, por ejemplo, en la patente de EE.UU. N° 7,619,047; 7,790,820; 7,163,906; 7,960,487.

Los componentes de la reacción pueden introducirse en el interior del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle a través de entradas o conductos en lugares específicos, como la línea de alimentación 102. Cualquier combinación de los componentes de reacción identificados anteriormente (y otros conocidos por los expertos en la técnica), junto con cualquier catalizador y/o cocatalizador descritos aquí, pueden formar una disolución en suspensión, es decir, una suspensión, que circula a través del bucle formado por el reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle.

La suspensión puede circular a través del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle, y los monómeros (y opcionalmente, comonómeros) pueden polimerizar para formar un producto de polimerización. El producto de polimerización puede comprender una suspensión de producto de polimerización, una mezcla de productos o combinaciones de los mismos.

5 En realizaciones, la suspensión de producto de polimerización puede comprender polímero sólido y una fase líquida de un diluyente. En una realización, la suspensión de producto de polimerización puede comprender monómero sin reaccionar y/o comonómero sin reaccionar en una fase líquida. En realizaciones adicionales o alternativas, la suspensión del producto de polimerización puede comprender generalmente diversos sólidos, semisólidos, líquidos volátiles y no volátiles, o combinaciones de los mismos. En una realización, la suspensión de producto de polimerización puede comprender uno o más de hidrógeno, nitrógeno, metano, etileno, etano, propileno, propano, butano, isobutano, pentano, hexano, 1-hexeno e hidrocarburos más pesados. En una realización, el etileno puede estar presente en un intervalo de aproximadamente 0,1% a aproximadamente 15%, alternativamente, de aproximadamente 1,5% a aproximadamente 5%, alternativamente, de aproximadamente 2% a aproximadamente 4% en peso del líquido en la línea de producto. El etano puede estar presente en un intervalo de aproximadamente 0,001% a aproximadamente 4%, alternativamente, de aproximadamente 0,2% a aproximadamente 0,5% en peso total del material en la línea de producto. El isobutano puede estar presente en un intervalo de aproximadamente 80% a aproximadamente 98%, alternativamente, de aproximadamente 92% a aproximadamente 96%, alternativamente, aproximadamente 95% en peso del material en la línea de producto.

20 En realizaciones, la mezcla de producto puede comprender el polímero sólido y una fase de vapor de al menos una porción del diluyente. En realizaciones adicionales o alternativas, la mezcla puede comprender monómeros gaseosos o comonómeros opcionales sin reaccionar (por ejemplo, monómeros de etileno sin reaccionar, monómeros de 1-buteno sin reaccionar), productos de desecho gaseosos, contaminantes gaseosos o combinaciones de los mismos. Como se usa en este documento, un "monómero sin reaccionar", por ejemplo, etileno, se refiere a un monómero que se introdujo en un reactor de polimerización durante una reacción de polimerización pero no se incorporó a un polímero. Como se usa en este documento, un "comonómero sin reaccionar", por ejemplo, 1-buteno, se refiere a un comonómero que se introdujo en un reactor de polimerización durante una reacción de polimerización pero no se incorporó a un polímero. Tales mezclas de productos de fase gaseosa pueden estar presentes cuando se usan reactores en fase gaseosa en lugar de, o además de, un reactor en suspensión de bucle.

30 En realizaciones, el producto de polímero sólido puede comprender un homopolímero, un copolímero, o combinaciones de los mismos. El homopolímero y/o los polímeros del copolímero pueden comprender un polímero multimodal (por ejemplo, bimodal) (por ejemplo, polietileno). Por ejemplo, el polímero sólido puede comprender tanto un componente de polímero de polietileno de peso molecular relativamente alto, baja densidad (HMALD) como un componente de polímero de polietileno de peso molecular relativamente bajo, alta densidad (LMAHD). Diversos tipos de polímeros adecuados pueden caracterizarse por tener diversas densidades. Por ejemplo, un Tipo I puede caracterizarse por tener una densidad en un intervalo de aproximadamente 0,910 g/cm³ a aproximadamente 0,925 g/cm³, alternativamente, un Tipo II puede caracterizarse por tener una densidad de aproximadamente 0,926 g/cm³ a aproximadamente 0,940 g/cm³, alternativamente, un Tipo III puede caracterizarse por tener una densidad desde aproximadamente 0,941 g/cm³ hasta aproximadamente 0,959 g/cm³, alternativamente, un Tipo IV puede caracterizarse por tener una densidad mayor que alrededor de 0,960 g/cm³. El polímero sólido puede comprender otros polímeros de poliolefina.

45 El producto de polimerización (por ejemplo, la suspensión del producto de polimerización) se puede retirar de uno o más reactores 100 presentes en el sistema, por ejemplo, el reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle, a través de la primera línea 120. El producto de polimerización retirado se puede transportar a través de la primera línea 120 a un recipiente de separación 140. La línea 120 se puede referir como una línea rápida entre el reactor 110 y el recipiente de separación 140, en donde una porción, sustancialmente todo o todo (por ejemplo, 100%) de componentes en fase líquida presentes en el producto de polimerización se convierten en componentes en fase gaseosa. El producto de polimerización se puede transportar al recipiente de separación 140. La línea rápida puede comprender un diámetro interno variable, que puede aumentar en la dirección del flujo. En realizaciones, la porción aguas arriba de la línea rápida puede tener un diámetro interno de aproximadamente 2,5 centímetros (1 pulgada) a 50 unos 20 centímetros (8 pulgadas), y la porción aguas abajo puede tener un diámetro interior de unos 5 centímetros (2 pulgadas) a unos 25 centímetros (10 pulgadas).

55 En una realización, una suspensión de producto de polimerización en el producto de polimerización puede convertirse en una mezcla de producto de fase gaseosa al menos parcial en la línea 120. Así, en realizaciones, el producto de polimerización transportado a través de la línea 120 puede estar en forma de una suspensión de producto de polimerización líquida (por ejemplo, una suspensión de polímero sólido y diluyente en fase líquida y/o monómero/comonómero sin reaccionar), una mezcla de producto en fase gaseosa (por ejemplo, polímero sólido y diluyente en fase gaseosa y/o monómero/comonómero sin reaccionar), o combinaciones de los mismos (por ejemplo, una mezcla trifásica de líquido y diluyente gaseoso y/o monómero/comonómero sin reaccionar y polímero sólido), y la forma del producto de polimerización puede ser una función de las condiciones (p. ej., temperatura y presión) presentes 60 en una ubicación dada en la línea 120.

En una realización, el producto polimérico retirado del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle se puede transportar a través de la línea 120 a través del diferencial de presión total entre la presión de operación del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle y el recipiente de separación 140. En una realización, el producto de polimerización (por ejemplo, suspensión de producto de polimerización, mezcla o combinaciones de los mismos) puede transportarse a través de la línea 120, que puede comprender una válvula de despegue continua, para producir una mezcla de fase gaseosa al menos parcial (por ejemplo, mezcla de diluyente en fase gaseosa y/o monómero/comonómero no reaccionado y polímero sólido). En una realización, en la línea 120 puede estar presente una válvula. La posición del recipiente de separación 140 con respecto al reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle se puede ajustar para transferir el producto polimérico retirado mediante el diferencial de presión total, por ejemplo, para minimizar o reducir el equipo dedicado al transporte del producto polimérico, para volatilizar todo el líquido. en el producto polimérico, o combinaciones de los mismos. En una realización, el diferencial de presión total puede ser el único medio para transportar el producto de polímero entre el reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle y el recipiente de separación 140.

El recipiente de separación 140 puede recuperar el polímero sólido que se recibe de la línea 120. En una o más de las realizaciones aquí descritas, el producto de polimerización que fluye desde la línea 120 (por ejemplo, una mezcla de polímero sólido y al menos una porción, sustancialmente todos o todos los otros componentes, por ejemplo, diluyente y/o monómero/comonómero sin reaccionar, están en una fase gaseosa) pueden separarse en el recipiente de separación 140 en polímero sólido en la línea 144 y uno o más gases en la línea 142.

Se puede usar cualquier técnica adecuada para separar el producto de polimerización en polímero sólido y gases. Por ejemplo, el recipiente de separación 140 puede comprender un separador de vapor-líquido. Las realizaciones adecuadas de un separador de vapor-líquido pueden incluir una columna de destilación, un tanque rápido, un filtro, una membrana, un reactor, un absorbente, un adsorbente, un tamiz molecular, un ciclón, o combinaciones de los mismos. En una realización, el separador comprende un tanque rápido. Sin pretender estar limitado por ninguna teoría, tal tanque rápido puede comprender un recipiente configurado para vaporizar y/o eliminar componentes de baja presión de vapor de un fluido de alta temperatura y/o alta presión.

En una realización, el recipiente de separación 140 puede configurarse de manera tal que el producto de polimerización de la línea 120 se pueda separar en componentes de fase sólida y líquida (por ejemplo, un condensado) en la línea 144 y componentes de fase de gas (por ejemplo, vapor) en la línea 142. El líquido o el condensado pueden comprender un polímero sólido (por ejemplo, polietileno) y cualquier componente de la fase líquida, como el diluyente y/o el monómero/comonómero sin reaccionar, y en algunas realizaciones la línea 144 es una suspensión concentrada en comparación con la suspensión del producto en la línea 120. El gas o vapor puede comprender disolventes volátiles, diluyentes, monómeros y/o comonómeros opcionales sin reaccionar, gases de desecho (por ejemplo, productos de reacción secundarios, como contaminantes y similares), o combinaciones de los mismos. El recipiente de separación 140 puede configurarse de manera tal que el producto de polimerización que fluye desde la línea 120 se evapore instantáneamente por calor, reducción de presión, o combinaciones de los mismos, de manera que se incremente la entalpía de la línea. Esto se puede lograr mediante un calentador, un calentador de línea rápida, otras operaciones diversas comúnmente conocidas en la técnica o combinaciones de las mismas. Por ejemplo, un calentador de línea rápida que comprende un tubo doble puede intercambiar calor por agua caliente o vapor. Un calentador de este tipo puede aumentar la temperatura de la línea 120 mientras reduce su presión.

En una realización alternativa, el recipiente de separación 140 puede configurarse de tal manera que el producto de polimerización de la línea 120 se pueda separar en polímero sólido en la línea 144 sustancialmente o completamente libre de cualquier componente de fase líquida y uno o más gases en la línea 142. Las técnicas de separación adecuadas incluyen destilación, vaporización, evaporación instantánea, filtración, detección de membrana, absorción, adsorción, ciclización, sedimentación por gravedad, o combinaciones de las mismas, el producto de polimerización recibido en el recipiente de separación 140 de la línea 120.

En una realización, el recipiente de separación 140 puede funcionar a una presión de aproximadamente 50 psig a aproximadamente 500 psig; alternativamente, de aproximadamente 130 psig a aproximadamente 190 psig; y además, alternativamente, a una presión de funcionamiento de aproximadamente 135 psig.

En una o más realizaciones, el gas en la línea 142 puede comprender hidrógeno, nitrógeno, metano, etileno, etano, propileno, propano, butano, isobutano, pentano, hexano, 1-hexeno e hidrocarburos más pesados. En una realización, el etileno puede estar presente en un intervalo de aproximadamente 0,1% a aproximadamente 15%, alternativamente de aproximadamente 1,5% a aproximadamente 5%, alternativamente, aproximadamente 2% a aproximadamente 4% en peso total de la línea. El etano puede estar presente en un intervalo de aproximadamente 0,001% a aproximadamente 4%, alternativamente de aproximadamente 0,2% a aproximadamente 0,5% en peso total de la línea. El isobutano puede estar presente en un intervalo de aproximadamente 80% a aproximadamente 98%, alternativamente de aproximadamente 92% a aproximadamente 96%, alternativamente, aproximadamente 95% en peso total de la línea.

El recipiente de separación 140 puede comprender adicionalmente cualquier equipo asociado con el recipiente de separación 140, tal como dispositivos de control (por ejemplo, un controlador PID) e instrumentos de medición (por ejemplo, termopares), y dispositivos de control de nivel y medición.

En una realización, la suspensión se puede retirar del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle mediante el uso de una o más patas de asentamiento. La pata de asentamiento puede ser un dispositivo de extracción alternativo o además de la línea 120. En esta realización, una porción de la suspensión del producto se puede extraer de forma continua o periódica del circuito del reactor de bucle en un segmento relativamente corto de tubería en una posición generalmente vertical con respecto a la línea horizontal del bucle. La extracción de la suspensión del producto se puede controlar en velocidad o cantidad mediante una válvula receptora o una pata en pendiente (inclinada). Una vez que se recibe la suspensión del producto, y en particular el producto de polímero sólido, en la pata de asentamiento, el efluente del reactor puede evaporarse instantáneamente para retirar el polímero sólido de los líquidos (por ejemplo, el diluyente, el monómero, el comonómero, etc.). Se pueden emplear tecnologías diversas para esta etapa de separación que incluyen, pero no se limitan a, evaporación instantánea que puede incluir cualquier combinación de adición de calor y reducción de presión; separación mediante acción ciclónica ya sea en un ciclón o hidrociclón o separación mediante centrifugación. El producto de polímero sólido que tiene una porción, sustancialmente todo o todo el líquido retirado se puede hacer pasar luego a una o más unidades de procesamiento aguas abajo.

En general, el proceso de polimerización es exotérmico, generando así calor en el sitio de polimerización y aumentando la temperatura de la suspensión dentro del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle. Para controlar la reacción de polimerización y el producto polimérico en suspensión, el calor puede controlarse eliminando el calor a través de las paredes del reactor 110 de polimerización en suspensión. Por ejemplo, el calor puede pasar de la suspensión a las paredes del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle, a través de las paredes del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle, y al fluido refrigerante en contacto con una superficie exterior del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle, generando de ese modo (o dando como resultado) una vía de transferencia de calor.

Como se ilustra esquemáticamente en las Figuras 3A y 3B, pueden estar presentes múltiples resistencias a la transferencia de calor dentro de la ruta de transferencia de calor desde la suspensión de producto de polímero 204 al refrigerante 218. En una realización, la suspensión 204 en el reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle puede formar una película de suspensión que tiene un coeficiente de película a lo largo de una superficie interior 205 de la pared 202 del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle. La película de suspensión puede presentar una resistencia a la transferencia de calor desde la suspensión 204 global (por ejemplo, la mezcla de reacción) a la pared 202 del reactor. Además, el reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle comprende una pared 202 que tiene un espesor 212 y una conductividad térmica, y la propia pared 202 del reactor también puede presentar una resistencia a la transferencia de calor. Después de pasar a través de la pared 202 del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle, el calor puede transferirse al refrigerante 218, que puede tener un efecto de película entre la superficie exterior de la pared 202 del reactor y el fluido refrigerante 218 (por ejemplo, como es mostrado por límite 222 de película refrigerante). Para eliminar eficazmente el calor del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle, puede analizarse la resistencia a la transferencia de calor en cada porción de la trayectoria de la transferencia de calor. El diseño del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle, las condiciones/parámetros de operación dentro del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle, los parámetros de funcionamiento del refrigerante y similares pueden seleccionarse o controlarse para transferir el calor de forma efectiva desde la suspensión de polímero. Esto puede representar el funcionamiento del sistema de polimerización en una o más condiciones de modo que la contribución de la resistencia a la transferencia de calor a través de la película de suspensión está equilibrada con respecto a las resistencias a la transferencia de calor a través de la pared 202 del reactor y/o la película de refrigerante. En una realización, el sistema puede hacerse funcionar en una o más condiciones de modo que la contribución de la resistencia a la transferencia de calor a través de la película de suspensión es menor que una resistencia a la transferencia de calor a través de la pared 202 del reactor y/o la película o fluido refrigerante, mejorando así la transferencia de calor de la reacción de polimerización.

Las vías de transferencia de calor dentro del sistema de polimerización se ilustran esquemáticamente en la Figura 3B. La suspensión 204 está presente dentro del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle y contacta con la superficie interior de la pared 202 del reactor. Cuando la suspensión 204 fluye a través del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle durante el uso, se establece un perfil de velocidad 206. En general, la velocidad puede ser sustancialmente cero, o al menos sustancialmente reducida, en la pared 202 del reactor. El perfil de velocidad 206 demuestra que la velocidad de la suspensión puede aumentar hasta una velocidad de suspensión global dentro del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle, que puede comprender un flujo turbulento a medida que el perfil de velocidad se aleja de la pared 202 del reactor. Se puede formar una capa de película de suspensión indicada por el límite 208 de la película de suspensión cerca de la superficie interior 205 de la pared 202 del reactor. En la película de suspensión, la velocidad 204 de la suspensión puede ser menor que la velocidad del flujo de la suspensión global. El límite 208 de la película de la suspensión se puede tomar generalmente como el punto o la superficie en el que la velocidad de la suspensión es al menos aproximadamente 95%, al menos aproximadamente 96%, al menos aproximadamente 97%, al menos aproximadamente 98%, o al menos aproximadamente 99% de la velocidad de la corriente libre. El espesor de la película de suspensión se puede tomar como la distancia 210 entre la superficie interior 205 de la pared 202 del reactor y el límite 208 de la película de suspensión.

La transferencia de calor a través de la capa de película de suspensión puede caracterizarse por un coeficiente de película de suspensión. El coeficiente de película de la suspensión caracteriza la cantidad de calor transferido por área, tiempo y el diferencial de temperatura existente (por ejemplo, el gradiente de temperatura) entre la suspensión global y la pared 202 del reactor a través de la capa de película de la suspensión. El coeficiente de película de la

suspensión se puede determinar utilizando cualquier técnica conocida. Una aproximación del coeficiente de la película de suspensión es proporcionado por la Ec. 1.

$$h_{suspension} = \frac{f}{2} \cdot \frac{K_s}{D_i} \cdot (Pr_s)^{\frac{1}{3}} \cdot Re_s \quad (Ec.1)$$

En la ec. 1, $h_{suspension}$ es el coeficiente de película de la suspensión en unidades de $W/(m^2)(K)(Btu/(h)(pie^2))$ ($^{\circ}F$) (por ejemplo, que también puede expresarse como $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$)), f es el factor de fricción de Fanning, K_s es la conductividad térmica de la suspensión del reactor en unidades de $W/(m)(K)$ ($Btu/(h)(pie)(F)$), D_i es el diámetro interno de la pared del reactor en unidades de (pie), Pr_s es el número de Prandtl de la suspensión, y Re_s es el número de Reynolds de la suspensión, donde el factor de fricción de Fanning, el número de Prandtl y el número de Reynolds son adimensionales. Un experto en la técnica, con la ayuda de esta descripción, puede determinar el factor de fricción de Fanning, el número de Prandtl y el número de Reynolds para una geometría dada. Por ejemplo, el factor de fricción de Fanning (f) para flujo laminar en un tubo cilíndrico se representa mediante la ecuación:

$$f = 16/Re_s \quad (Ec. 2)$$

El número de Reynolds de la suspensión (Re_s) es la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas en la suspensión. En una realización, el número de Reynolds de la suspensión se puede representar mediante la ecuación:

$$Re_s = \frac{D_i \cdot V_s \cdot \rho_s}{\mu_s} \quad (Ec. 3)$$

donde V_s es la velocidad de la suspensión en $(m)(s^{-1})$ ($pie)(s^{-1})$, ρ_s es la densidad de la suspensión en $(lb)(pie^{-3})$ y μ_s es la viscosidad de la suspensión en $(lb)(pie^{-1})(s^{-1})$. El número de Prandtl de la suspensión (Pr_s) es la relación de la viscosidad cinemática y la velocidad de difusividad térmica. En una realización, el número Prandtl de la suspensión se puede representar mediante la ecuación

$$Pr_s = \frac{Cp_s \cdot \mu_s \cdot 3600}{k_s} \quad (Ec. 4)$$

donde Cp_s es la capacidad térmica específica de la suspensión en $(Btu)(lb^{-1})(^{\circ}F^{-1})$, ρ_s es la densidad de la suspensión en $(lb)(pie^{-3})$, k_s es la conductividad térmica de la suspensión en unidades de $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ($(Btu)(h^{-1})(pie^{-1})(^{\circ}F^{-1})$), y el factor de 3600 es para la conversión de horas a segundos.

El coeficiente de la película de suspensión, $h_{suspension}$, puede verse afectado por cualquiera de las variables presentadas en las Ecs. 1-4, que a su vez se ven afectados por diversos parámetros de la suspensión y condiciones operativas dentro del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle. En una realización, el coeficiente de película de la suspensión puede ser mayor que aproximadamente $1.100 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($200 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$), mayor que aproximadamente $1.400 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($250 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$), mayor que aproximadamente $1.700 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($300 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$), mayor que aproximadamente $2.000 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($350 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$), mayor que aproximadamente $2.300 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($400 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$), o mayor que aproximadamente $2.600 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($450 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$). En una realización, el coeficiente de película de la suspensión puede ser menor que aproximadamente $2.800 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($500 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$), menor que aproximadamente $2.600 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($450 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$), o menor que aproximadamente $2.300 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($400 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$). En algunas realizaciones, son posibles otros intervalos del coeficiente de película de la suspensión en base a las condiciones de reacción y la composición de la suspensión. Por ejemplo, el coeficiente de la película de la suspensión puede ser mayor que aproximadamente $3.400 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($600 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$), mayor que aproximadamente $4.000 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($700 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$), mayor que aproximadamente $4.500 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($800 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$), mayor que aproximadamente $5.110 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($900 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$), mayor que aproximadamente $5.700 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($1.000 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$), mayor que aproximadamente $6.200 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($1.100 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$), mayor que aproximadamente $6.800 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($1.200 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$), o más de aproximadamente $7.400 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($1.300 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$). En una realización, el coeficiente de película de la suspensión puede ser menor que aproximadamente $8.000 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($1.400 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$) o menor que aproximadamente $7.700 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($1.350 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^{\circ}F^{-1}$).

Varios factores pueden afectar al coeficiente de la película de suspensión, $h_{suspension}$. En una realización, el contenido de sólidos de la suspensión, la velocidad de la suspensión, la rugosidad relativa de la superficie interior del reactor, el diámetro del reactor y cualquier otra propiedad de flujo de la suspensión pueden afectar al cálculo del coeficiente de película de la suspensión. En general, un aumento en el contenido de sólidos de la suspensión puede dar como resultado una reducción en el coeficiente de película de la suspensión. La resistencia a la transferencia de calor a través de la película de suspensión está representada por la inversa del coeficiente de película de la suspensión (por ejemplo, $1/h_{suspension}$), y una reducción del coeficiente de película de la suspensión representa un aumento de la resistencia a la transferencia de calor a través de la película de suspensión. En una realización, el contenido de sólidos de la suspensión puede ser mayor que aproximadamente 25%, mayor que aproximadamente 30%, mayor que aproximadamente 35%, mayor que aproximadamente 40%, mayor que aproximadamente 45%, mayor que aproximadamente 50%, mayor que aproximadamente 55%, o mayor que aproximadamente 60% en peso. En algunas realizaciones, el contenido de sólidos de la suspensión puede ser inferior a aproximadamente 80%, inferior a aproximadamente 75%, inferior a aproximadamente 70%, inferior a aproximadamente 65%, o inferior a aproximadamente 60% en peso. En una realización, la fracción de volumen de los sólidos en la suspensión puede ser

mayor que aproximadamente 0,15, mayor que aproximadamente 0,2, mayor que aproximadamente 0,25, mayor que aproximadamente 0,3, mayor que aproximadamente 0,35, mayor que aproximadamente 0,4, mayor que aproximadamente 0,45 mayor que aproximadamente 0,5, mayor que aproximadamente 0,55, mayor que aproximadamente 0,6, mayor que aproximadamente 0,65 o mayor que aproximadamente 0,7. En una realización, la fracción de volumen de los sólidos en la suspensión puede ser menor que aproximadamente 0,9, menor que aproximadamente 0,85, menor que aproximadamente 0,8, menor que aproximadamente 0,75, menor que aproximadamente 0,7 o menor que aproximadamente 0,65. En una realización, la fracción de volumen de los sólidos en la suspensión es mayor que o igual a aproximadamente 0,65. Un experto en la técnica con la ayuda de esta descripción puede reconocer que el contenido de sólidos de la suspensión se puede convertir entre una base en peso y una base en volumen utilizando diversos factores tales como la densidad de los sólidos y/o las condiciones dentro del reactor 110.

La velocidad de la suspensión puede afectar al número de Reynolds y, por lo tanto, al coeficiente de la película de la suspensión. Como se describió anteriormente, la suspensión puede circular en el reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle, por ejemplo, en respuesta a la acción de la bomba 150 o del impulsor 152. En general, se espera que un aumento en la velocidad de la suspensión produzca un aumento en el coeficiente de película de la suspensión, $h_{\text{suspensión}}$, disminuyendo así la resistencia a la transferencia de calor a través de la película de la suspensión. En una realización, la velocidad de la suspensión dentro del reactor puede ser mayor que aproximadamente 6 m/s (20 pies/s), 8 m/s (25 pies/s), aproximadamente 9 m/s (30 pies/s), aproximadamente 11 m/s (35 pies/s), aproximadamente 12 m/s (40 pies/s), o aproximadamente 14 m/s (45 pies/s). En algunas realizaciones, la velocidad de la suspensión dentro del reactor puede ser inferior a aproximadamente 17 m/s (55 pies/s) o inferior a aproximadamente 15 m/s (50 pies/s). En una realización, la velocidad de la suspensión es mayor que aproximadamente 9 m/s (30 pies/s).

La rugosidad relativa de la superficie interior 205 del reactor también puede afectar al coeficiente de película de suspensión. La rugosidad de la superficie puede afectar al coeficiente de la película de suspensión, pero también puede afectar al grado al que la superficie interior del reactor está sujeta a ensuciamiento. En general, a medida que aumenta la rugosidad de la pared interior del reactor, aumenta el riesgo de ensuciamiento. Un aumento en la rugosidad de la pared interior puede aumentar el número de Reynolds y, por lo tanto, aumentar el coeficiente de película de la suspensión, $h_{\text{suspensión}}$. Si bien la rugosidad puede contribuir a una resistencia reducida a la transferencia de calor a través de la película de suspensión, este beneficio puede ser contrarrestado si se produce incrustación de manera que se acumule una capa de polímero en la superficie interna 205. La capa acumulada de polímero puede tener una conductividad térmica relativamente baja en comparación con la pared 202 del reactor, y puede actuar como una capa aislante dentro del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle. En términos de reducir las resistencias a la transferencia de calor a lo largo de la vía de transferencia de calor, puede ser contradictorio reducir la rugosidad de la superficie interna para mejorar la transferencia de calor a la pared 202 del reactor a través de la capa de película de suspensión.

La rugosidad de la superficie se puede determinar mediante una variedad de ensayos, como el valor de la rugosidad media aritmética especificado por los métodos de los ensayos estándar DIN 4768/1, DIN 4762/1 o ISO/DIS 4287/1. Alternativamente, el valor de rugosidad de la media cuadrática (RMS) se puede especificar mediante los métodos de los ensayos estándar DIN 4762/1 o ISO 4287:1997. El valor RMS generalmente se determina sobre un perfil de superficie calculado sobre una longitud de muestreo, o alternativamente sobre el resultado promedio de múltiples longitudes de muestreo (por ejemplo, 5 longitudes de muestreo). El valor RMS se expresa generalmente en términos de micrómetros RMS (micropulgadas RMS). El valor RMS se puede convertir en diversas unidades de longitud de acuerdo con el estándar, y el valor RMS base se expresa en unidades de micrómetros (micropulgadas) (por ejemplo, 100 RMS es raíz de la media cuadrática 2,5 micrómetros (raíz de la media cuadrática 100 micropulgadas)). En general, se pueden utilizar diversos procesos para pulir una superficie y reducir el valor de la rugosidad. Por ejemplo, se puede usar pulido mecánico para reducir la rugosidad de la superficie a entre aproximadamente 1,5 a 1,8 RMS (60 RMS a 70 RMS) ((por ejemplo, raíz de la media cuadrática 1,5 a 1,8 micrómetros (raíz de la media cuadrática 60 a 70 micropulgadas))). Otros tratamientos, como pulido químico o procesos electromecánicos, pueden reducir aún más el valor de la rugosidad de la superficie sobre el valor pulido mecánicamente. El uso de tales diversos procedimientos puede dar como resultado una rugosidad final de la superficie de menos de aproximadamente 0,5 RMS (20 RMS) ((p. ej., raíz de la media cuadrática 0,5 micrómetros (raíz de la media cuadrática 20 micropulgadas))). En una realización, la superficie interior del reactor se puede tratar para obtener un valor de rugosidad final de la superficie de menos de aproximadamente 2,5 micrómetros RMS (100 micropulgadas RMS), menos de aproximadamente 1,5 micrómetros RMS (60 micropulgadas RMS), menos de aproximadamente 1,3 micrómetros RMS (50 micropulgadas RMS), menos de aproximadamente 1 micrómetro RMS (40 micropulgadas RMS), menos de aproximadamente 0,8 micrómetros RMS (30 micropulgadas RMS), menos de aproximadamente 0,5 micrómetros RMS (20 micropulgadas RMS), o menos de aproximadamente 0,4 micrómetros RMS (15 micropulgadas RMS). En una realización, el valor de rugosidad superficial de la superficie interior del reactor puede estar entre aproximadamente 0,3 micrómetros RMS (10 micropulgadas RMS) y aproximadamente 0,8 micrómetros RMS (30 micropulgadas RMS).

Dentro de la ruta de transferencia de calor como se ilustra en la Figura 3B, el calor puede pasar a través de la pared 202 del reactor una vez que haya pasado de la suspensión 204 global a la pared 202 del reactor a través de la capa de película de suspensión. La pared del reactor 202 puede presentar una resistencia a la transferencia de calor cuando el calor pasa de la suspensión 204 al refrigerante 218. La pared 202 del reactor comprende un espesor 212 y una conductividad térmica (μ), donde la conductividad térmica de la pared 202 del reactor puede afectar a la resistencia

relativa a la transferencia de calor a través de la pared 202 del reactor. La resistencia a la transferencia de calor a través de la pared 202 del reactor puede caracterizarse por la longitud de la ruta de conducción dividida por la conductividad térmica de la pared 212 del reactor. En general, una conductividad térmica aumentada puede mejorar la capacidad de transferencia de calor y, por lo tanto, reducir la resistencia a la transferencia de calor a través de la pared 202 del reactor. Una longitud de la ruta de transferencia de calor aumentada puede reducir la capacidad de transferencia de calor y, por lo tanto, presentar una mayor resistencia a la transferencia de calor a través de la pared 202 del reactor. En una realización, la longitud de la ruta de conducción en el reactor se puede caracterizar por el espesor 212 de la pared 202 del reactor.

La conductividad térmica de la pared del reactor 202 se basa, al menos en parte, en el material utilizado para formar el reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle. La pared del reactor 202 puede estar formada por un material adecuado de alta resistencia suficiente para retener la suspensión dentro del reactor en las condiciones de reacción (por ejemplo, temperatura de reacción, presión, caudal, etc.). La pared del reactor 202 se puede construir a partir de un tubo sin costura o una sección de tubo, una placa enrollada que tiene los bordes unidos entre sí, o similares. El método de formación para la pared del reactor 202 puede afectar a la composición y el diseño del reactor. En una realización, la pared del reactor 202 puede construirse utilizando un acero que tenga una conductividad térmica y una resistencia a la tracción (TS) adecuadas. El acero puede comprender hierro y carbono, así como otros elementos o aditivos que incluyen, pero no se limitan a, aluminio, carbono, manganeso, silicio, cromo, níquel, cobalto, molibdeno, cobre, azufre, fósforo, tantalio, niobio, titanio, vanadio y cualquier combinación de los mismos. Se ha encontrado que el carbono, manganeso, silicio, cromo y/o el níquel generalmente reducen la conductividad térmica de un acero, mientras que el cobalto, molibdeno, cobre, azufre, fósforo y tantalio tienden a aumentar la conductividad térmica. Sin embargo, estos elementos también afectan a la resistencia mínima a la tracción (TS), la soldabilidad y el coste del acero. Los diversos grados de acero útiles para formar el reactor, que pueden comprender uno o más de los aditivos enumerados anteriormente, pueden incluir, entre otros, A106 Gr 8 (60), A516 Gr 70, A537 C12, A106 Gr C (40), A202 Gr 8, A285 Gr C, A514 Gr 8, A515 Gr 70, A/SA516 grado 70, A517 Gr A, A517 Gr 8, A533 Ty A C13, A542 Ty A C12, A678 Gr C, AISI 1010, AISI 1015, MIL-S 24645, y cualquier combinación de los mismos. En una realización, el acero puede comprender hierro y uno o más de los siguientes elementos: carbono en una cantidad de aproximadamente 0,05% en peso a aproximadamente 0,25% en peso, silicio en una cantidad de aproximadamente 0,5% en peso a aproximadamente 0,75% en peso, manganeso en una cantidad de aproximadamente 0,8% en peso a aproximadamente 2,0% en peso, fósforo en una cantidad de aproximadamente 0,01% en peso a aproximadamente 0,1% en peso, azufre en una cantidad de aproximadamente 0,01% en peso a aproximadamente 0,1% en peso, aluminio en una cantidad de aproximadamente 0,01% en peso a aproximadamente 0,04% en peso, cromo en una cantidad de aproximadamente 0,1% en peso a aproximadamente 0,5% en peso, cobre en una cantidad de aproximadamente 0,1% en peso a aproximadamente 0,5% en peso, níquel en una cantidad de aproximadamente 0,1% en peso a aproximadamente 0,5% en peso, molibdeno en una cantidad de aproximadamente 0,05% en peso a aproximadamente 0,1% en peso, niobio en una cantidad de aproximadamente 0,005% en peso a aproximadamente 0,02% en peso, titanio en una cantidad de aproximadamente 0,01% en peso a aproximadamente 0,05% en peso, y/o vanadio en una cantidad de aproximadamente 0,01% en peso a aproximadamente 0,04% en peso. Cuando la pared del reactor está formada por acero, el acero generalmente puede tener una conductividad térmica de al menos aproximadamente 35 W/(m)(K) ($20 \text{ BTU/(h)(pie)}(^{\circ}\text{F})$) (por ejemplo, que puede ser representado como $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ($\text{BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-1}\cdot^{\circ}\text{F}^{-1}$)). En una realización, el acero puede tener una conductividad térmica (k) que varía de aproximadamente $35 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ($20 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-1}\cdot^{\circ}\text{F}^{-1}$) a aproximadamente $66 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ($38 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-1}\cdot^{\circ}\text{F}^{-1}$). La resistencia a la tracción del acero se puede determinar utilizando cualquier método adecuado, incluido, por ejemplo, la versión de ASTM E1/E8M en uso en el momento de presentar la presente descripción. La resistencia a la tracción puede depender del tipo de acero y sus componentes, y puede incluir resistencia a la tracción en el intervalo de aproximadamente 600 MPa a aproximadamente 1.100 MPa.

Con respecto a las dimensiones del reactor, el reactor 110 de polimerización de suspensión en bucle generalmente puede tener un diámetro exterior entre aproximadamente 20 centímetros (8 pulgadas) y 110 centímetros (42 pulgadas), o entre aproximadamente 25 centímetros (10 pulgadas) y aproximadamente 91 centímetros (36 pulgadas). El espesor 212 de la pared del reactor 202 puede variar en función del diámetro exterior del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle y la presión operativa esperada, la temperatura y la resistencia del material que forma el reactor. El espesor 212 de la pared del reactor 202 puede ser adecuado para retener la suspensión en el interior del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle en el intervalo de las condiciones operativas esperadas dentro del reactor. En una realización, el espesor de la pared del reactor 202 puede ser mayor que aproximadamente 0,1 centímetros (0,05 pulgadas), mayor que aproximadamente 0,3 centímetros (0,1 pulgadas), mayor que aproximadamente 0,5 centímetros (0,2 pulgadas), mayor que aproximadamente 0,8 centímetros (0,3 pulgadas), mayor que aproximadamente 1 centímetro (0,4 pulgadas), mayor que aproximadamente 1,3 centímetros (0,5 pulgadas), mayor que aproximadamente 1,5 centímetros (0,6 pulgadas), mayor que aproximadamente 1,8 centímetros (0,7 pulgadas), mayor que aproximadamente 2 centímetros (0,8 pulgadas), mayor que aproximadamente 2,3 centímetros (0,9 pulgadas) o mayor que aproximadamente 2,5 centímetros (1 pulgada). En una realización, el espesor de la pared del reactor 202 puede ser menor que aproximadamente 6,4 centímetros (2,5 pulgadas), menor que aproximadamente 5 centímetros (2,0 pulgadas), menor que aproximadamente 4,8 centímetros (1,9 pulgadas), menor que aproximadamente 4,6 centímetros (1,8 pulgadas), menor que aproximadamente 4,3 centímetros (1,7 pulgadas), menor que aproximadamente 4,1 centímetros (1,6 pulgadas), menor que aproximadamente 3,8 centímetros (1,5 pulgadas), menor que aproximadamente 3,6 centímetros (1,4 pulgadas), menor que aproximadamente 3,3 centímetros (1,3

pulgadas), menor que aproximadamente 3 centímetros (1,2 pulgadas), menor que aproximadamente 2,8 centímetros (1,1 pulgadas) o menor que aproximadamente 2,5 centímetros (1 pulgada).

Las resistencias relativas a la transferencia de calor desde la suspensión y hacia y a través de la pared del reactor se pueden caracterizar utilizando el número de Biot. Como se usa en este documento, el número de Biot se define como un parámetro adimensional que indica el equilibrio entre la resistencia a la transferencia de calor a través de la pared del reactor y la resistencia a la transferencia de calor a través de un fluido en contacto con la pared 202 del reactor. El número de Biot también se puede entender en términos de los mecanismos de transferencia de calor presentes a lo largo de la ruta de transferencia de calor. Por ejemplo, puede entenderse que el número de Biot representa la resistencia relativa a la transferencia de calor conductora a través de la pared 202 del reactor en relación con la transferencia de calor por convección desde la suspensión 204 o el refrigerante 218 a la pared 202 del reactor. El valor del número de Biot proporciona una indicación de la ubicación y la magnitud de la resistencia a la transferencia de calor. Los resultados de la determinación del número de Biot se pueden usar para diseñar la pared del reactor, determinar las condiciones de operación dentro del reactor y/o refrigerante, y similares.

Un número interno de Biot puede definirse como un parámetro adimensional que indica el equilibrio entre la resistencia a la transferencia de calor a través de la pared del reactor y la resistencia a la transferencia de calor a través de la capa de película de suspensión en contacto con la pared 202 del reactor. El número interno de Biot se define usando la siguiente ecuación:

$$B_{int} = \frac{h_{SUSPENSION} \cdot L_R}{k_R} \quad (\text{Ec. 5})$$

donde B_{int} es el número de Biot interno, $h_{suspension}$ es el coeficiente de película de la suspensión definido anteriormente en unidades de $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^\circ F^{-1}$), L_R es la longitud característica de la pared del reactor (por ejemplo, el espesor 212) en unidades de m^{-1} (pie^{-1}), y k_R es la conductividad térmica de la pared del reactor en unidades de $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ($BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-1} \cdot ^\circ F^{-1}$). El número interno de Biot se conoce como "interno", ya que representa el equilibrio relativo entre la resistencia a la transferencia de calor a través de la pared del reactor en relación con la resistencia a la transferencia de calor a través de la película de suspensión dentro del reactor.

En general, un gran valor del número interno de Biot indica que la resistencia conductora a la transferencia de calor a través de la pared 202 del reactor controla la transferencia de calor desde el reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle. A la inversa, un pequeño valor del número interno de Biot indica que la resistencia convectiva a la transferencia de calor a través de la suspensión a la superficie interior de la pared 202 del reactor controla la transferencia de calor desde el reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle. En una realización, el número interno de Biot puede mantenerse en o por debajo de aproximadamente 3,0, en o por debajo de aproximadamente 2,0, en o por debajo de aproximadamente 1,5, en o por debajo de aproximadamente 1,1, o por debajo de aproximadamente 1,0 en el reactor durante el proceso de polimerización.

Otras diversas relaciones también pueden ser útiles para operar la polimerización en una o más condiciones, de manera que la contribución de la resistencia a la transferencia de calor a través de la película de la suspensión se equilibre con respecto a las resistencias a la transferencia de calor a través de la pared 202 del reactor y/o la película de refrigerante. En una realización, una relación del coeficiente de la película de suspensión a la conductividad térmica de la pared del reactor puede estar en un intervalo de aproximadamente $25 m^{-1}$ ($8,0 pie^{-1}$) a aproximadamente $160 m^{-1}$ ($50 pie^{-1}$), o en algunas realizaciones desde aproximadamente $45 m^{-1}$ ($14 pie^{-1}$) hasta aproximadamente $115 m^{-1}$ ($35 pie^{-1}$). En una realización, la relación del coeficiente de la película al espesor de la pared del reactor puede estar en un intervalo de aproximadamente $26.000 W \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}$ ($1.400 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-3} \cdot ^\circ F^{-1}$) a aproximadamente $4,5 \times 10^6 W \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}$ ($40.000 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-3} \cdot ^\circ F^{-1}$), o en algunas realizaciones, en un intervalo de alrededor de $45.000 W \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}$ ($2.400 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-3} \cdot ^\circ F^{-1}$) a aproximadamente $1,9 \times 10^6 W \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}$ ($100.000 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-3} \cdot ^\circ F^{-1}$). En una realización, una relación de la conductividad térmica al espesor puede estar en un intervalo de aproximadamente $600 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($100 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^\circ F^{-1}$) a aproximadamente $60.000 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($10.000 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^\circ F^{-1}$), o en algunas realizaciones, en un intervalo de alrededor de $700 W \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}$ ($120 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-3} \cdot ^\circ F^{-1}$) a aproximadamente $23.000 W \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}$ ($4.000 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-3} \cdot ^\circ F^{-1}$). En algunas realizaciones, la relación entre la conductividad térmica y el espesor puede ser mayor que aproximadamente $700 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($120 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^\circ F^{-1}$), mayor que aproximadamente $900 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($160 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^\circ F^{-1}$), más de aproximadamente $1.400 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($250 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^\circ F^{-1}$), o más de aproximadamente $1.700 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ($300 BTU \cdot h^{-1} \cdot pie^{-2} \cdot ^\circ F^{-1}$).

Como se muestra en las Figuras 3A, la ruta de transferencia de calor también comprende un fluido refrigerante 218 que pasa a través del anillo formado entre una camisa exterior 216 y la superficie exterior 207 de la pared 202 del reactor. El refrigerante 218 puede fluir con la corriente, a contracorriente o cruzado con respecto a la corriente en relación con el flujo de suspensión 204 a través del interior del reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle. El refrigerante 218 introducido en el anillo puede fluir alrededor y en contacto con la superficie exterior de la pared 202 del reactor. El calor que fluye a través de la pared 202 del reactor puede intercambiarse entre la pared 202 del reactor y el fluido refrigerante 218, permitiendo así la eliminación de calor del interior de la pared 202 del reactor. Después de entrar en contacto con la pared del reactor 202, el refrigerante 218 puede salir del anillo y pasar a una unidad de intercambiador de calor separada donde el calor transferido puede ser rechazado a una fuente exterior.

Con referencia a la Figura 3B, al igual que con la suspensión, se puede establecer un perfil 220 de velocidad del refrigerante a lo largo de la superficie exterior de la pared del reactor 202 cuando el refrigerante 218 fluye a través del anillo 217. En general, la velocidad del refrigerante 218 puede ser sustancialmente cero o al menos sustancialmente reducida en la superficie exterior de la pared 202 del reactor. El perfil de velocidad 220 demuestra que la velocidad del refrigerante puede aumentar a una velocidad de flujo de refrigerante global dentro del anillo 217, y el refrigerante puede tener un flujo turbulento dentro del anillo 217. Una capa de película de refrigerante indicada por el límite 222 de la película de refrigerante puede formarse cerca de la superficie exterior de la pared 202 del reactor. En la película de refrigerante, la velocidad del refrigerante 218 puede ser menor que la velocidad del flujo de refrigerante global. El límite 222 de la película de refrigerante generalmente se puede tomar como el punto o la superficie en la que la velocidad del refrigerante es al menos aproximadamente 95%, al menos aproximadamente 96%, al menos aproximadamente 97%, al menos aproximadamente 98%, o al menos aproximadamente 99% de la velocidad de la corriente libre. El espesor de la película de refrigerante se puede tomar entonces como la distancia 214 entre la superficie 202 exterior de la pared del reactor y el límite 222 de la película de refrigerante.

La transferencia de calor (por ejemplo, la transferencia de calor por convección) desde la pared 202 del reactor a través de la capa de película de refrigerante puede caracterizarse por un coeficiente de película del refrigerante. El coeficiente de película del refrigerante caracteriza la cantidad de calor transferido por área, tiempo y el diferencial de temperatura existente (por ejemplo, el gradiente de temperatura) a través de la capa de película del refrigerante. El coeficiente de película del refrigerante se puede determinar utilizando cualquier técnica conocida. La ecuación proporciona una aproximación del coeficiente de película del refrigerante. 6.

$$h_{\text{refrigerante}} = 0.058 \cdot \frac{K_C}{D_j} \cdot (\text{Pr}_c)^{\frac{1}{2}} \cdot (\text{Re}_c)^{0.7} \quad (\text{Ec. 6})$$

donde $h_{\text{refrigerante}}$ es el coeficiente de película del refrigerante en $\text{W}/(\text{m}^2)(\text{K})$ ($\text{Btu}/(\text{h})(\text{pie}^2)(^\circ\text{F})$), K_C es la conductividad térmica del refrigerante en $\text{W}/(\text{m})(\text{K})$ ($\text{Btu}/(\text{h})(\text{pie})(^\circ\text{F})$), D_j es el diámetro hidráulico de la camisa en (pies), Pr_c es el número de Prandtl del refrigerante y Re_c es el número de Reynolds del refrigerante, donde el número de Prandtl y el número de Reynolds son adimensionales. Diversos factores pueden afectar el coeficiente de película del refrigerante. En una realización, la velocidad del refrigerante, el diámetro de la camisa, la viscosidad del refrigerante, la conductividad térmica del refrigerante y otras diversas propiedades de flujo del refrigerante pueden afectar al cálculo del coeficiente de película del refrigerante. En una realización, el coeficiente de película del refrigerante puede ser mayor que aproximadamente $4.500 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($800 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot^\circ\text{F}^{-1}$), mayor que aproximadamente $5.100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($900 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot^\circ\text{F}^{-1}$), mayor que aproximadamente $5.700 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($1.000 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot^\circ\text{F}^{-1}$), o más de aproximadamente $6.200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($1.100 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot^\circ\text{F}^{-1}$). En una realización, el coeficiente de película de la suspensión puede ser menor que aproximadamente $10.000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($1.800 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot^\circ\text{F}^{-1}$), menor que aproximadamente $9.700 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($1.700 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot^\circ\text{F}^{-1}$), o menor que aproximadamente $9.100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($1.600 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot^\circ\text{F}^{-1}$).

La velocidad del refrigerante puede afectar al número de Reynolds del refrigerante y, por lo tanto, al coeficiente de película del refrigerante. En general, se espera que un aumento en la velocidad del refrigerante resulte en un aumento del coeficiente de película del refrigerante, disminuyendo así la resistencia a la transferencia de calor a través de la película de refrigerante. En una realización, la velocidad del refrigerante dentro del anillo 218 puede estar en un intervalo de aproximadamente 1 m/s (3 pies/s) a aproximadamente 8 m/s (25 pies/s), o alternativamente de aproximadamente 2 m/s (5 pies/s) a aproximadamente 6 m/s (20 pies/s).

El concepto del número de Biot también se puede aplicar a la transferencia de calor desde la pared 202 del reactor al refrigerante 218, al que se puede hacer referencia como un número de Biot externo. El número externo de Biot representa el equilibrio entre la resistencia a la transferencia de calor a través de la pared del reactor y la resistencia a la transferencia de calor a través de la capa de película del refrigerante. El valor del número de Biot externo puede proporcionar una indicación de la ubicación y la magnitud de la mayor resistencia a la transferencia de calor, y cuando se usa además del número de Biot interno, puede ayudar a identificar las resistencias relativas a lo largo de toda la ruta de transferencia de calor. El número de Biot externo se puede definir utilizando la siguiente ecuación:

$$B_{\text{ext}} = \frac{h_{\text{REFRIGERANTE}} \cdot L_R}{k_R} \quad (\text{Ec.7})$$

donde B_{ext} es el número Biot externo, $h_{\text{refrigerante}}$ es el coeficiente de película del refrigerante definido anteriormente en unidades de $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($\text{BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot^\circ\text{F}^{-1}$), L_R es la longitud característica de la pared del reactor (por ejemplo, el espesor 212) en unidades de m^{-1} (pie^{-1}), y k_R es la conductividad térmica de la pared del reactor en unidades de $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($\text{BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-1}\cdot^\circ\text{F}^{-1}$). El número Biot externo se conoce como "externo", ya que representa el equilibrio relativo entre la resistencia a la transferencia de calor a través de la pared del reactor en relación con la resistencia a la transferencia de calor a través de la película de refrigerante en el exterior del reactor (por ejemplo, la transferencia de calor externa al refrigerante).

Un gran valor del número de Biot externo, B_{ext} , indica que la resistencia conductora a la transferencia de calor a través de la pared 202 del reactor controla la transferencia de calor desde el reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle en relación con la transferencia de calor por convección en la superficie exterior de la pared 202 del reactor. A la inversa, un pequeño valor del número de Biot externo indica que la resistencia convectiva a la transferencia de calor

desde la pared 202 del reactor al refrigerante 218 controla la transferencia de calor desde el reactor. En una realización, el número de Biot externo puede mantenerse en o por encima de aproximadamente 1,0, en o por encima de aproximadamente 1,2, en o por encima de aproximadamente 1,5, en o por encima de aproximadamente 2,0, o en o por encima de aproximadamente 3,0 durante el proceso de reacción.

5 Otras diversas relaciones también pueden ser útiles para operar la polimerización en una o más condiciones tales que la contribución de la resistencia a la transferencia de calor a través de la película de la suspensión se equilibre con respecto a las resistencias a la transferencia de calor a través de la pared 202 del reactor y/o la película de refrigerante. En una realización, la relación entre el coeficiente de película de la suspensión y el coeficiente de película del refrigerante ($h_{\text{suspensión}}:h_{\text{refrigerante}}$) puede ser mayor que aproximadamente 1,5, mayor que aproximadamente 2,0, mayor que aproximadamente 2,5 o mayor que aproximadamente 3,0. Un valor de la relación entre el coeficiente de película de la suspensión y el coeficiente de película del refrigerante por encima de 1,0 puede representar que la resistencia relativa a la transferencia de calor de la pared del reactor al refrigerante es mayor que la resistencia relativa a la transferencia de calor de la suspensión a la pared del reactor. El funcionamiento del reactor bajo esta condición puede garantizar que la resistencia a la transferencia de calor a través de la suspensión no sea la resistencia de transferencia de calor de control en el proceso de transferencia de calor.

Los parámetros operativos pueden ser útiles para diseñar un reactor de polimerización y/o un proceso de polimerización. Como se describe en el presente documento, el proceso de polimerización puede comprender generalmente polimerizar un monómero de olefina, y opcionalmente un comonómero, en un reactor (por ejemplo, reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle) en presencia de un catalizador y un diluyente. La reacción de polimerización resultante puede producir un polímero sólido de olefina en partículas, que puede formar una suspensión. Para mejorar la operación y/o el rendimiento del reactor, la ruta de transferencia de calor puede examinarse utilizando los parámetros operativos descritos aquí para determinar las resistencias relativas a la transferencia de calor a lo largo de la ruta de transferencia de calor entre la suspensión, la pared del reactor y/o el refrigerante en el exterior del reactor.

25 En una realización, un diseño de reactor puede basarse en equilibrar la contribución de la resistencia a la transferencia de calor a través de la película de suspensión con las resistencias a la transferencia de calor a través de la pared 202 del reactor y/o la película de refrigerante. Usando los parámetros operativos descritos en el presente documento, una composición del reactor, un espesor de la pared del reactor y/o una o más propiedades del sistema refrigerante se pueden determinar en base a un proceso de polimerización deseado. En una realización, las condiciones operativas pueden usarse para determinar el espesor de una pared del reactor y/o la composición de la pared del reactor. En esta realización, las propiedades de reacción que incluyen las propiedades de la suspensión (por ejemplo, contenido de sólidos, viscosidad, velocidad de flujo, etc.), la temperatura de operación y similares se pueden usar para calcular un coeficiente de película de la suspensión. El espesor y/o la composición del reactor se pueden seleccionar para llevar a cabo el proceso de polimerización donde el número interno de Biot se mantiene en o por debajo de aproximadamente 3,0. En algunas realizaciones, mantener el número de Biot por debajo de aproximadamente 3,0 puede ser útil, ya que el coeficiente de película de la suspensión es menor que aproximadamente $2.800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($500 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$) y/o cuando la suspensión tiene una velocidad de circulación superior a aproximadamente 9 m/s (30 pies/s). De manera similar, el espesor y/o la composición del reactor se pueden seleccionar para llevar a cabo el proceso de polimerización donde una relación de la conductividad térmica al espesor del reactor es mayor que o igual a aproximadamente $700 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($120 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$). En algunas realizaciones, mantener la relación entre la conductividad térmica y el espesor del reactor a mayor que o igual a aproximadamente $700 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($120 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$) puede ser útil cuando la fracción de volumen de los sólidos en la suspensión es mayor que aproximadamente 0,65. En algunas realizaciones, pueden seleccionarse el espesor y/o la composición del reactor para llevar a cabo el proceso de polimerización donde la relación del coeficiente de suspensión de la película al coeficiente de película del refrigerante ($h_{\text{suspensión}}:h_{\text{refrigerante}}$) es mayor que aproximadamente 2,0. Cualquiera de las relaciones y/o parámetros operativos adicionales también se pueden utilizar para restringir aún más el diseño del reactor y/o el diseño del sistema de refrigerante. El diseño del reactor resultante puede permitir que el reactor funcione dentro de los parámetros y/o relaciones descritos aquí para eliminar efectivamente el calor del reactor durante el proceso de polimerización.

50 En una realización, las variables que afectan a la transferencia de calor a lo largo de la ruta de transferencia de calor pueden usarse para determinar uno o más parámetros o condiciones de operación de polimerización en un sistema de reactor de polimerización. En una realización, el diseño del reactor para un reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle existente puede ser relativamente fijo. Cuando se conocen la composición y el espesor del reactor (por ejemplo, para un reactor 110 de polimerización en suspensión de bucle existente), las condiciones de polimerización y/o las condiciones del refrigerante pueden modificarse para ajustar las propiedades de transferencia de calor del sistema de reacción general. Por ejemplo, el contenido de sólidos del reactor, que puede afectar al coeficiente de película de la suspensión, se puede controlar para mantener el número interno de Biot por debajo de aproximadamente 3,0 controlando la cantidad de catalizador, diluyente y/o monómero/co-monómero alimentado al reactor. De manera similar, la velocidad de la suspensión dentro del reactor se puede modificar para mantener el número interno de Biot por debajo de aproximadamente 3,0 durante el proceso de polimerización. Se pueden determinar y/o controlar otros diversos parámetros para proporcionar un sistema de reacción que opere dentro de una o más de las caracterizaciones de transferencia de calor descritas en este documento.

El proceso de diseño puede llevarse a cabo utilizando un ordenador que comprende una memoria y un procesador. A continuación se describe con más detalle un ordenador. En una realización, un método para diseñar un reactor de polimerización en suspensión de bucle puede comenzar simulando un reactor de polimerización en suspensión de bucle. La simulación se puede realizar utilizando un programa de simulación almacenado en la memoria y ejecutado en el procesador. El simulador puede configurarse para modelar uno o más parámetros de un reactor de polimerización en suspensión de bucle. La simulación generalmente puede tener en cuenta que el reactor de polimerización en suspensión de bucle generalmente comprende al menos un reactor de bucle y al menos una camisa de refrigeración dispuesta alrededor del reactor de polimerización en suspensión de bucle. Como se describió anteriormente, se puede formar un anillo entre una superficie interna de la camisa de enfriamiento y una superficie exterior de una pared del reactor de polimerización en suspensión de bucle. En algunas realizaciones, la ubicación de la camisa de enfriamiento en relación con el reactor de polimerización en suspensión de bucle se puede determinar utilizando la simulación.

La simulación se puede usar para determinar un número Biot de una región de pared del reactor de polimerización en suspensión de bucle. El número de Biot puede comprender el número de Biot interno y/o el número de Biot externo como se describe en este documento. Basándose en los resultados de la simulación y los números de Biot calculados, se puede ajustar al menos un valor de al menos un parámetro de diseño para el reactor de polimerización en suspensión de bucle. Cualquiera de los parámetros de diseño descritos aquí puede ser ajustado. El parámetro de diseño para el reactor de polimerización en suspensión de bucle incluye, entre otros, una conductividad térmica de la pared de al menos un reactor de bucle, un diámetro de una pared, un espesor de la pared, una velocidad de una suspensión en el interior del al menos un reactor de bucle, una densidad de suspensión de la suspensión, una viscosidad de la suspensión, una capacidad calorífica específica de la suspensión, una conductividad térmica de la suspensión, una ubicación de la al menos una camisa de enfriamiento con respecto a la pared, o cualquier combinación de los mismos.

La simulación se puede repetir utilizando el al menos un valor ajustado. Este proceso puede repetirse cualquier número de iteraciones hasta que se pueda determinar que se obtienen uno o más parámetros de diseño predeterminados. Los parámetros de diseño predeterminados pueden incluir cualquiera de los intervalos operativos o condiciones de diseño descritos aquí. En una realización, el parámetro de diseño predeterminado puede comprender un espesor de pared. Esto puede ser útil para proporcionar un proceso de polimerización deseado para un reactor existente que tiene un espesor de pared fijo. Otros diversos parámetros de diseño también pueden usarse como objetivos de diseño. Por ejemplo, el parámetro de diseño puede comprender el número interno de Biot, y el proceso de diseño puede obtener el parámetro de diseño cuando el número interno de Biot tiene un valor igual a o menor que aproximadamente 3,0. De manera similar, el parámetro de diseño puede incluir un valor de coeficiente de película para una película de suspensión formada a lo largo de la pared interna del reactor, y el proceso de diseño puede obtener el parámetro de diseño cuando el coeficiente interno de película de suspensión es inferior a aproximadamente $2.800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($500 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$). El parámetro de diseño puede comprender una relación de una conductividad térmica de la pared del reactor al espesor de la pared del reactor, y el proceso de diseño puede obtener el parámetro de diseño cuando la relación de una conductividad térmica de la pared del reactor al espesor de la pared del reactor es mayor que o igual a aproximadamente $700 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($120 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$). En algunas realizaciones, el parámetro de diseño puede comprender una fracción en volumen de partículas de producto de sólidos en la suspensión. El proceso de diseño puede cumplir con el parámetro de diseño cuando la fracción de volumen de las partículas del producto sólido en la suspensión es mayor que aproximadamente 0,65.

Una vez que se obtienen los parámetros de diseño deseados, se puede enviar un diseño de reactor de polimerización en suspensión de bucle, donde el diseño del reactor de polimerización en suspensión de bucle se basa en las etapas de simulación, ajuste, repetición y determinación. Un reactor de polimerización en suspensión de bucle se puede construir y operar como se describe en este documento.

Como parte del proceso de diseño, se puede utilizar una pantalla gráfica o un dispositivo de salida. En una realización, el proceso de diseño también puede incluir mostrar gráficamente al menos una parte de los resultados de la simulación. Esto puede ayudar a identificar uno o más de los parámetros a ajustar. El valor ajustado del al menos un parámetro de diseño puede ocurrir después en respuesta a mostrar gráficamente los resultados de la simulación.

La FIG. 4 ilustra un sistema informático 480 adecuado para implementar una o más realizaciones descritas en este documento. En una realización, el sistema informático 480 puede usarse para almacenar y/o ejecutar uno o más programas de simulación usados con el reactor de polimerización. El sistema informático 480 incluye un procesador 482 (que puede denominarse unidad central de procesamiento o CPU) que está en comunicación con dispositivos de memoria que incluyen almacenamiento secundario 484, memoria 486 de solo lectura (ROM), memoria 488 de acceso aleatorio (RAM), dispositivos 490 de entrada/salida (I/O) y dispositivos 492 de conectividad de red. El procesador 482 puede implementarse como uno o más chips de CPU.

Se entiende que al programar y/o cargar instrucciones ejecutables en el sistema informático 480, al menos uno de la CPU 482, la RAM 488 y la ROM 486 se cambian, transformando el sistema informático 480 en parte en una máquina o aparato en particular que tiene la funcionalidad nueva enseñada por la presente divulgación. Es fundamental para la ingeniería eléctrica y las técnicas de ingeniería de software que la funcionalidad que puede implementarse cargando software ejecutable en un ordenador se pueda convertir en una implementación de hardware mediante reglas de diseño bien conocidas. Las decisiones entre la implementación de un concepto en software frente a hardware

generalmente dependen de consideraciones de estabilidad del diseño y la cantidad de unidades que se va a producir en lugar de cualquier problema relacionado con la traducción del dominio del software al dominio del hardware. En general, un diseño que aún está sujeto a cambios frecuentes puede preferirse implementarse en un software, ya que volver a girar una implementación de hardware es más costoso que volver a hacer girar un diseño de software. En general, un diseño que es estable que se producirá en gran volumen puede preferirse implementarse en hardware, por ejemplo, en un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), porque para grandes ejecuciones de producción la implementación del hardware puede ser menos costosa que la implementación del software. A menudo, un diseño puede desarrollarse y probarse en forma de software y luego transformarse, mediante reglas de diseño bien conocidas, a una implementación de hardware equivalente en un circuito integrado específico de la aplicación que cablea las instrucciones del software. De la misma manera que una máquina controlada por un nuevo ASIC es una máquina o aparato en particular, de igual manera un ordenador que ha sido programada y/o cargada con instrucciones ejecutables puede verse como una máquina o aparato en particular.

El almacenamiento secundario 484 está comprendido típicamente de una o más unidades de disco o unidades de cinta y se usa para el almacenamiento no volátil de datos y como un dispositivo de almacenamiento de datos de exceso de flujo si la RAM 488 no es lo suficientemente grande como para contener todos los datos de trabajo. El almacenamiento secundario 484 se puede utilizar para almacenar programas que se cargan en la RAM 488 cuando dichos programas se seleccionan para su ejecución. La ROM 486 se utiliza para almacenar instrucciones y quizás datos que se leen durante la ejecución del programa. La ROM 486 es un dispositivo de memoria no volátil que normalmente tiene una pequeña capacidad de memoria en relación con la mayor capacidad de memoria del almacenamiento secundario 484. La RAM 488 se utiliza para almacenar datos volátiles y quizás para almacenar instrucciones. El acceso tanto a la ROM 486 como a la RAM 488 suele ser más rápido que al almacenamiento secundario 484. El almacenamiento secundario 484, la RAM 488 y/o la ROM 486 pueden denominarse en algunos contextos como medios de almacenamiento legibles por ordenador y/o medios legibles por ordenador no transitorios.

Los dispositivos de I/O 490 pueden incluir impresoras, monitores de video, pantallas de cristal líquido (LCD), pantallas táctiles, teclados, teclados numéricos, interruptores, diales, ratones, bolas de seguimiento, reconocedores de voz, lectores de tarjetas, lectores de cinta de papel u otros dispositivos de entrada conocidos.

Los dispositivos 492 de conectividad de red pueden tomar la forma de módems, bancos de módems, tarjetas Ethernet, tarjetas de interfaz de bus serie universal (USB), interfaces seriales, tarjetas token ring, tarjetas de interfaz de datos de fibra distribuida (FDDI), tarjetas de red de área local inalámbrica (WLAN), tarjetas de transceptor de radio como el acceso múltiple por división de código (CDMA), sistema global para comunicaciones móviles (GSM), evolución a largo plazo (LTE), interoperabilidad mundial para acceso de microondas (WiMAX) y/u otras tarjetas de transceptor de radio de protocolo de interfaz aérea y otros dispositivos de red conocidos. Estos dispositivos 492 de conectividad de red pueden permitir que el procesador 482 se comunique con Internet o con una o más intranets. Con tal conexión de red, se contempla que el procesador 482 pueda recibir información de la red, o pueda emitir información a la red en el curso de la realización de las etapas del método descrito anteriormente. Dicha información, que a menudo se representa como una secuencia de instrucciones que deben ejecutarse utilizando el procesador 482, se puede recibir y enviar a la red, por ejemplo, en forma de una señal de datos de ordenador incorporada en una onda portadora.

Dicha información, que puede incluir datos o instrucciones para ejecutarse utilizando el procesador 482, por ejemplo, puede recibirse y enviarse a la red, por ejemplo, en forma de una señal de banda base de datos de ordenador o una señal incorporada en una onda portadora. La señal de banda base o la señal incorporada en la onda portadora, u otros tipos de señales actualmente utilizadas o desarrolladas en lo sucesivo, pueden generarse de acuerdo con varios métodos bien conocidos por los expertos en la técnica. La señal de banda base y/o la señal incorporada en la onda portadora pueden denominarse en algunos contextos como una señal transitoria.

El procesador 482 ejecuta instrucciones, códigos, programas informáticos, secuencias de comandos a los que accede desde el disco duro, disquete, disco óptico (estos diversos sistemas basados en disco pueden considerarse almacenamiento secundario 484), ROM 486, RAM 488 o los dispositivos 492 de conectividad de red. Si bien solo se muestra un procesador 482, pueden estar presentes múltiples procesadores. Por lo tanto, mientras que las instrucciones pueden ser discutidas como ejecutadas por un procesador, las instrucciones pueden ejecutarse de manera simultánea, en serie o de otra manera por uno o múltiples procesadores. Instrucciones, códigos, programas informáticos, secuencias de comandos y/o datos a los que se puede acceder desde el almacenamiento secundario 484, por ejemplo, discos duros, disquetes, discos ópticos u otro dispositivo, la ROM 486 y/o la RAM 488 en algunos contextos pueden denominarse instrucciones no transitorias y/o información no transitoria.

En una realización, el sistema informático 480 puede comprender dos o más ordenadores en comunicación entre sí que colaboran para realizar una tarea. Por ejemplo, pero no a modo de limitación, una aplicación puede particionarse de tal manera que permita el procesamiento simultáneo y/o paralelo de las instrucciones de la aplicación. Alternativamente, los datos procesados por la aplicación pueden particionarse de tal manera que permitan el procesamiento simultáneo y/o paralelo de diferentes porciones de un conjunto de datos por parte de los dos o más ordenadores. En una realización, el sistema informático 480 puede emplear un software de virtualización para proporcionar la funcionalidad de un número de servidores que no están directamente vinculados al número de ordenadores en el sistema informático 480. Por ejemplo, el software de virtualización puede proporcionar veinte servidores virtuales en cuatro ordenadores físicos. En una realización, la funcionalidad descrita anteriormente se

5 puede proporcionar ejecutando la aplicación y/o las aplicaciones en un entorno informático en la nube. El entorno informático en la nube puede comprender proporcionar servicios informáticos a través de una conexión de red utilizando recursos informáticos escalables dinámicamente. El entorno informático en la nube puede ser compatible, al menos en parte, por software de virtualización. Un entorno informático en la nube puede ser establecido por una empresa y/o puede ser contratado según sea necesario a un proveedor externo. Algunos entornos informáticos en la nube pueden comprender recursos informáticos en la nube que son propiedad y operados por la empresa, así como recursos informáticos en la nube contratados y/o arrendados a un proveedor externo.

10 En una realización, parte o toda la funcionalidad descrita anteriormente puede proporcionarse como un producto de programa informático. El producto de programa informático puede comprender uno o más medios de almacenamiento legibles por ordenador que tienen un código de programa utilizable por ordenador incorporado en el mismo para implementar la funcionalidad descrita anteriormente. El producto de programa informático puede comprender estructuras de datos, instrucciones ejecutables y otro código de programa utilizable por ordenador. El producto de programa informático puede estar incorporado en medios de almacenamiento informáticos extraíbles y/o medios de almacenamiento informáticos no extraíbles. El medio de almacenamiento legible por ordenador extraíble puede comprender, sin limitación, una cinta de papel, una cinta magnética, un disco magnético, un disco óptico, un chip de memoria de estado sólido, por ejemplo, una cinta magnética analógica, discos de memoria de solo lectura (CD-ROM) de disco compacto, disquetes, unidades de salto, tarjetas digitales, tarjetas multimedia y otros. El producto de programa informático puede ser adecuado para cargar, mediante el sistema informático 480, al menos parte del contenido del producto de programa informático en el almacenamiento secundario 484, en la ROM 486, en la RAM 488 y/o en otra memoria no-volátil y memoria volátil del sistema informático 480. El procesador 482 puede procesar las instrucciones ejecutables y/o las estructuras de datos en parte accediendo directamente al producto del programa informático, por ejemplo, leyendo de un disco CD-ROM insertado en un periférico de unidad de disco del sistema informático 480. Alternativamente, el procesador 482 puede procesar las instrucciones ejecutables y/o las estructuras de datos accediendo de forma remota al producto del programa informático, por ejemplo, descargando las instrucciones ejecutables y/o las estructuras de datos desde un servidor remoto a través de los dispositivos 492 de conectividad de red. El producto de programa informático puede comprender instrucciones que promueven la carga y/o copia de datos, estructuras de datos, archivos y/o instrucciones ejecutables al almacenamiento secundario 484, a la ROM 486, a la RAM 488 y/o a otra memoria no-volátil y memoria volátil del sistema informático 480.

30 En algunos contextos, el almacenamiento secundario 484, la ROM 486 y la RAM 488 pueden denominarse como un medio legible por ordenador no transitorio o un medio de almacenamiento legible por ordenador. Una realización de RAM dinámica de la RAM 488, igualmente, puede denominarse como un medio legible por ordenador no transitorio, en tanto que la RAM dinámica recibe energía eléctrica y se opera de acuerdo con su diseño, por ejemplo, durante un período de tiempo durante el que el sistema informático 480 está encendido y operativo, la memoria RAM dinámica almacena la información que se escribe en él. De manera similar, el procesador 482 puede comprender una RAM interna, una ROM interna, una memoria caché y/u otros bloques, secciones o componentes de almacenamiento no transitorios internos que pueden denominarse en algunos contextos como medios no transitorios legibles por ordenador o medios de almacenamiento legibles por ordenador.

DESCRIPCIÓN ADICIONAL

40 Se han descrito procesos y sistemas para equilibrar las resistencias a la transferencia de calor durante un proceso de polimerización en un reactor de polimerización de bucle. A continuación figura un primer conjunto de realizaciones específicas no limitantes de acuerdo con la presente descripción:

45 En una primera realización, un proceso comprende polimerizar un monómero de olefina en un reactor de bucle en presencia de un catalizador y un diluyente, y producir una suspensión que comprende un polímero de olefina en partículas sólidas y un diluyente. El número de Biot se mantiene en o por debajo de aproximadamente 3,0 dentro del reactor de bucle durante la polimerización. La suspensión en el reactor de bucle forma una película de suspensión que tiene un coeficiente de película a lo largo de una superficie interna de la carcasa, y el coeficiente de película es menor que aproximadamente $2.800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($500 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$).

Una segunda realización puede incluir el proceso de la primera realización, en donde el número de Biot se mantiene en o por debajo de aproximadamente 2,0 dentro del reactor de bucle durante la polimerización.

50 Una tercera realización puede incluir el proceso de la primera o segunda realización, en donde el número de Biot se mantiene en o por debajo de aproximadamente 1,5 dentro del reactor de bucle durante la polimerización.

Una cuarta realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones primera a tercera, en donde el número de Biot se mantiene en o por debajo de aproximadamente 1,1 dentro del reactor de bucle durante la polimerización.

55 Una quinta realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones primera a cuarta, en donde la suspensión comprende una concentración de sólidos en el intervalo de aproximadamente 25% en peso a aproximadamente 70% en peso.

- Una sexta realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones primera a quinta, en donde la suspensión comprende una concentración de sólidos en el intervalo de aproximadamente 40% en peso a aproximadamente 60% en peso.
- 5 Una séptima realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones primera a sexta, en donde la suspensión comprende una concentración de sólidos superior a aproximadamente 50% en peso.
- Una octava realización puede incluir el proceso de cualquiera de la primera a séptima realización, en donde el reactor de bucle comprende una carcasa que tiene un espesor y una conductividad térmica.
- 10 Una novena realización puede incluir el proceso de la octava realización, en donde una relación del coeficiente de película y la conductividad térmica está en un intervalo de aproximadamente 25 m^{-1} ($8,0 \text{ pie}^{-1}$) a aproximadamente 160 m^{-1} (50 pie^{-1}).
- Una décima realización puede incluir el proceso de la octava o novena realización, en donde una relación del coeficiente de película y la conductividad térmica está en un intervalo de aproximadamente 45 m^{-1} (14 pie^{-1}) a aproximadamente 115 m^{-1} (35 pie^{-1}).
- 15 Una undécima realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones octava a la décima, en donde la relación del coeficiente de película y el espesor está en un intervalo de aproximadamente $26.000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$ ($1.400 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-3}\cdot\text{°F}^{-1}$) a aproximadamente $4,5 \times 10^6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$ ($240.000 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-3}\cdot\text{°F}^{-1}$).
- Una duodécima realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones octava a la undécima, en donde una relación del coeficiente de película y el espesor está en un intervalo de aproximadamente $45.000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$ ($2.400 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-3}\cdot\text{°F}^{-1}$) a aproximadamente $1,9 \times 10^6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$ ($100.000 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-3}\cdot\text{°F}^{-1}$).
- 20 Una decimotercera realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones octava a la duodécima, en donde una relación de la conductividad térmica y el espesor está en un intervalo de aproximadamente $600 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($100 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$) a aproximadamente $60.000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($10.000 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$).
- Una decimocuarta realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones octava a decimotercera, en donde la relación de la conductividad térmica y el espesor está en un intervalo de aproximadamente $700 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($120 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$) a aproximadamente $23.000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($4.000 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$).
- 25 Una decimoquinta realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones octava a decimocuarta, en donde la carcasa comprende un acero seleccionado del grupo que consiste en: A106 Gr 8 (60), A516 Gr 70, A537 Cl 2, A106 Gr C (40), A202 Gr 8, A285 Gr C, A514 Gr 8, A515 Gr 70, A517 Gr A, A517 Gr 8, A533 Ty A C13, A542 Ty A C12, A678 Gr C, AISI 1010, AISI 1015, MIL-S 24645, y cualquier combinación de los mismos.
- 30 Una decimosexta realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones octava a decimoquinta, en donde la carcasa tiene un diámetro en el intervalo de aproximadamente 50 centímetros (20 pulgadas) a aproximadamente 91 centímetros (36 pulgadas).
- Una decimoséptima realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones octava a decimosexta, en donde la superficie interna de la carcasa tiene una rugosidad superficial de menos de 2,5 micrómetros RMS (100 micropulgadas RMS).
- 35 Una decimoctava realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones octava a decimoséptima, en donde la superficie interna de la carcasa tiene una rugosidad superficial de menos de 0,8 micrómetros RMS (30 micropulgadas RMS).
- Una decimonovena realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones octava a decimoctava, en donde la superficie interna de la carcasa tiene una rugosidad superficial de entre aproximadamente 0,3 micrómetros RMS (10 micropulgadas RMS) y aproximadamente 0,8 micrómetros RMS (30 micropulgadas RMS).
- 40 Una vigésima realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones primera a decimonovena, donde el método también puede incluir hacer circular la suspensión dentro del reactor de bucle, y en donde la suspensión se hace circular a una velocidad en el intervalo de aproximadamente 8 m/s (25 pies/s) a unos 18 m/s (60 pies/s).
- 45 Una vigésima primera realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones primera a vigésima, donde el proceso también puede incluir hacer circular la suspensión dentro del reactor de bucle, y en la que la suspensión se hace circular a una velocidad en el intervalo de aproximadamente 11 m/s (35 pies/s) a unos 15 m/s (50 pies/s).
- Una vigésima segunda realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones primera a vigésima primera, donde el proceso también puede incluir hacer circular la suspensión dentro del reactor de bucle, y en donde la suspensión se hace circular a una velocidad mayor que aproximadamente 12 m/s (40 pies/s).
- 50 En una vigésima tercera realización, un reactor comprende una carcasa tubular continua que comprende un espesor y una conductividad térmica, y una suspensión dispuesta dentro de la carcasa tubular continua. La carcasa tubular

continua define un bucle continuo y la relación entre la conductividad térmica y el espesor es mayor o igual a aproximadamente $700 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($120 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$). La suspensión comprende un polímero de olefina en partículas sólidas y un diluyente, y la fracción de volumen de los sólidos en la suspensión es mayor que aproximadamente 0,65.

- 5 Una vigésima cuarta realización puede incluir el reactor de la vigésima tercera realización, en donde la relación de la conductividad térmica y el espesor es mayor que o igual a aproximadamente $900 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($160 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$).

Una vigésima quinta realización puede incluir el reactor de la realización vigésima tercera o vigésima cuarta, en donde la relación de la conductividad térmica y el espesor es mayor que o igual a aproximadamente $1.400 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($250 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$).

- 10 Una vigésima sexta realización puede incluir el reactor de cualquiera de las realizaciones vigésima tercera a vigésima quinta, en donde la relación de la conductividad térmica y el espesor es mayor que o igual a aproximadamente $1.700 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($300 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$).

- 15 Una vigésima séptima realización puede incluir el reactor de cualquiera de las realizaciones vigésima tercera a vigésima sexta, en donde la conductividad térmica de la carcasa está entre aproximadamente 35 y aproximadamente $70 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ (aproximadamente 20 y aproximadamente $40 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$).

Una vigésima octava realización puede incluir el reactor de cualquiera de las realizaciones vigésima tercera a vigésima séptima, en donde la carcasa comprende un acero seleccionado del grupo que consiste en: A106 Gr 8 (60), A516 Gr 70, A537 C12, A106 Gr C (40), A202 Gr 8, A285 Gr C, A514 Gr 8, A515 Gr 70, A517 Gr, A517 Gr 8, A533 Ty A C13, A542 Ty A C12, A678 Gr C, AISI 1010, AISI 1015, MIL-S 24645, y cualquier combinación de los mismos.

- 20 Una vigésima novena realización puede incluir el reactor de cualquiera de las realizaciones vigésima tercera a vigésima octava, en donde la carcasa comprende un acero que comprende hierro y uno o más de los componentes seleccionados del grupo que consiste en: carbono en una cantidad de aproximadamente el 0,05% en peso a aproximadamente 0,25% en peso, silicona en una cantidad de aproximadamente 0,5% en peso a aproximadamente 0,75% en peso, manganeso en una cantidad de aproximadamente 0,8% en peso a aproximadamente 2,0% en peso, fósforo en una cantidad de aproximadamente 0,01% en peso a aproximadamente 0,1% en peso, azufre en una cantidad de aproximadamente 0,01% en peso a aproximadamente 0,1% en peso, aluminio en una cantidad de aproximadamente 0,01% en peso a aproximadamente 0,04% en peso, cromo en una cantidad de aproximadamente 0,1% en peso a aproximadamente 0,5% en peso %, cobre en una cantidad de aproximadamente 0,1% en peso a aproximadamente 0,5% en peso, níquel en una cantidad de aproximadamente 0,1% en peso a aproximadamente 0,5% en peso, molibdeno en una cantidad de aproximadamente 0,05% en peso a aproximadamente 0,1% en peso, niobio en una cantidad de aproximadamente 0,005% en peso a aproximadamente 0,02% en peso, titanio en una cantidad de aproximadamente 0,01% en peso a aproximadamente 0,05% en peso, vanadio en una cantidad aproximadamente 0,01% en peso a aproximadamente 0,04% en peso, y cualquier combinación de los mismos.

- 35 En una trigésima realización, un proceso comprende polimerizar un monómero de olefina en un reactor de bucle en presencia de un catalizador y un diluyente, donde el reactor de bucle comprende una carcasa tubular continua, produciendo una suspensión que comprende polímero de olefina en partículas sólidas y diluyente, y hacer circular la suspensión en el reactor de bucle. La suspensión en el reactor de bucle forma una película de suspensión a lo largo de una superficie interna de la carcasa, y una relación de una resistencia a la transferencia de calor a través de la película de la suspensión y una resistencia a la transferencia de calor a través de la carcasa tubular se mantiene en o por debajo de 3,0 dentro del reactor durante la polimerización. La suspensión tiene una velocidad superior a aproximadamente 9 m/s (30 pies/s) durante la circulación.

- 40 Una trigésima primera realización puede incluir el proceso de la trigésima realización, en donde la relación de la resistencia a la transferencia de calor a través de la película de suspensión y la resistencia a la transferencia de calor a través de la carcasa tubular se mantiene en o por debajo de aproximadamente 2,0 dentro del reactor de bucle durante la polimerización.

- 45 Una trigésima segunda realización puede incluir el proceso de la trigésima o trigésima primera realización, en donde la relación de la resistencia a la transferencia de calor a través de la película de la suspensión y la resistencia a la transferencia de calor a través de la carcasa tubular se mantiene en o por debajo de aproximadamente 1,5 dentro del reactor de bucle durante la polimerización.

- 50 Una trigésima tercera realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones trigésima a trigésima segunda, en donde la suspensión comprende una concentración de sólidos en el intervalo de aproximadamente 25% en peso a aproximadamente 70% en peso.

- 55 Una trigésima cuarta realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones trigésima a trigésima tercera, en donde la suspensión comprende una fracción de volumen de sólidos por encima de aproximadamente 0,65.

Una trigésima quinta realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones trigésima a trigésima cuarta, en donde la suspensión se hace circular a una velocidad mayor que aproximadamente 12 m/s (40 pies/s).

Una trigésima sexta realización puede incluir el proceso de cualquiera de las realizaciones trigésima a trigésima quinta, en donde la suspensión se hace circular a una velocidad mayor que aproximadamente 15 m/s (50 pies/s).

- 5 En una trigésima séptima realización, un proceso de polimerización comprende polimerizar un monómero de olefina en un reactor de bucle en presencia de un catalizador y un diluyente, produciendo una suspensión que comprende polímero de olefina en partículas sólidas y un diluyente dentro del reactor de bucle, y poner en contacto al menos una porción de una superficie exterior del reactor de bucle con un fluido refrigerante. La suspensión en el reactor de bucle forma una película de suspensión que tiene un coeficiente de película a lo largo de una superficie interna del reactor de bucle, y el fluido refrigerante forma una película de refrigerante que tiene un coeficiente de película de refrigerante a lo largo de una superficie exterior del reactor de bucle. Una relación del coeficiente de película y el coeficiente de película del refrigerante es mayor que aproximadamente 2,0.

Una trigésima octava realización puede incluir el proceso de polimerización de la trigésima séptima realización, en donde un número de Biot externo es mayor que aproximadamente 2,0 durante la polimerización.

- 15 Una realización trigésima novena puede incluir el proceso de polimerización de las realizaciones trigésima séptima o trigésima octava, en donde un número interno de Biot es menor que aproximadamente 3,0 durante la polimerización.

Una cuadragésima realización puede incluir el proceso de polimerización de cualquiera de las realizaciones trigésima séptima a trigésima novena, en donde la suspensión comprende una fracción de volumen de sólidos por encima de aproximadamente 0,65.

- 20 Una cuadragésimo primera realización puede incluir el proceso de polimerización de cualquiera de las realizaciones trigésima séptima a cuadragésima, donde el proceso de polimerización también puede incluir hacer circular la suspensión en el reactor de bucle, y en donde la suspensión tiene una velocidad mayor que aproximadamente 9 m/s (30 pies/s) durante la circulación.

- 25 En una cuadragésimo segunda realización, un método para diseñar un reactor de polimerización en suspensión de bucle comprende simular, en un procesador, un reactor de polimerización en suspensión de bucle, determinar un número Biot de una región de carcasa de al menos un reactor de polimerización en suspensión de bucle basado en la simulación, ajustar un valor de al menos un parámetro de diseño para el reactor de polimerización en suspensión de bucle basado en la simulación, repetir la simulación, mediante el procesador, basado en el valor ajustado de al menos un parámetro de diseño, determinar que uno o más parámetros de diseño predeterminados se obtienen en base a la repetición y obtener un diseño de reactor de polimerización en suspensión de bucle basado en la simulación, ajuste, repetición y determinación. El reactor de polimerización en suspensión de bucle comprende al menos un reactor de bucle y al menos una camisa de refrigeración, y existe un anillo entre una pared del al menos un reactor de bucle y la camisa de refrigeración.

- 35 Una cuadragésimo tercera realización puede incluir el método de la cuadragésimo segunda realización, que comprende además: visualizar gráficamente al menos una parte de la simulación, y ajustar el valor de el al menos un parámetro de diseño en respuesta a la visualización gráfica.

Una cuadragésimo cuarta realización puede incluir el método de la cuadragésimo segunda o cuadragésimo tercera realización, que comprende además: determinar una posición de al menos una camisa de refrigeración adyacente y sustancialmente paralela a al menos una parte de una pata de al menos un reactor de bucle.

- 40 Una cuadragésimo quinta realización puede incluir el método de cualquiera de las realizaciones cuadragésimo segunda a cuadragésimo cuarta, en donde al menos un parámetro de diseño para el reactor de polimerización en suspensión de bucle comprende una conductividad térmica de la pared de al menos un reactor de bucle, un diámetro de una pared, un espesor de la pared, una velocidad de una suspensión dentro del al menos un reactor de bucle, una densidad de la suspensión, una viscosidad de la suspensión, una capacidad calorífica específica de la suspensión, una conductividad térmica de la suspensión, una ubicación de la al menos una camisa de refrigeración en relación con la pared, o cualquier combinación de las mismas.

Una cuadragésimo sexta realización puede incluir el método de cualquiera de las realizaciones cuadragésimo segunda a cuadragésimo cuarta, en donde el uno o más parámetros de diseño predeterminados comprenden un espesor de pared.

- 50 Una cuadragésimo séptima realización puede incluir el método de cualquiera de las realizaciones cuadragésimo segunda a cuadragésimo sexta, en donde el uno o más parámetros de diseño predeterminados comprenden un número interno de Biot igual a o menor que aproximadamente 3,0.

- 55 Una cuadragésimo octava realización puede incluir el método de cualquiera de las realizaciones cuadragésimo segunda a cuadragésimo séptima, en donde una suspensión en al menos un reactor de bucle forma una película de suspensión que tiene un coeficiente de película a lo largo de una superficie interior de una pared de el al menos un

reactor de bucle, y en donde el uno o más parámetros de diseño predeterminados comprenden el coeficiente de película de menos de aproximadamente $2.800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($500 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$).

5 Una cuadragésimo novena realización puede incluir el método de cualquiera de las realizaciones cuadragésimo segunda a cuadragésimo octava, en donde una pared de al menos un reactor de bucle comprende un espesor y una conductividad térmica, y en donde el uno o más parámetros de diseño predeterminados comprenden una relación de la conductividad térmica y el espesor mayor que o igual a aproximadamente $700 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($120 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$).

10 Una quincuagésima realización puede incluir el método de cualquiera de las realizaciones cuadragésimo segunda a cuadragésimo novena, en donde el al menos un reactor de bucle comprende una suspensión dispuesta dentro de una pared de el al menos un reactor de bucle, en donde la suspensión comprende polímero de olefina en partículas sólidas y un diluyente, y en donde el uno o más parámetros de diseño predeterminados comprenden una fracción en volumen del polímero de olefina sólido en partículas en la suspensión que es mayor que aproximadamente 0,65.

15 Cuando los intervalos o limitaciones numéricas se indican expresamente, debe entenderse que dichos intervalos o limitaciones expresados incluyen intervalos o limitaciones iterativos de una magnitud semejante que se encuentra en los intervalos o limitaciones indicados expresamente (p. ej., de aproximadamente 1 a aproximadamente 10 incluye 2, 3, 4, etc.; mayor que 0,10 incluye 0,11, 0,12, 0,13, etc.). Se pretende que el uso del término "opcionalmente" con respecto a cualquier elemento de una reivindicación signifique que se requiere el elemento objeto, o alternativamente, que no se requiere. Se pretende que ambas alternativas estén dentro del alcance de la reivindicación. Debe entenderse que el uso de expresiones más amplias tales como comprende, incluye, que tiene, etc. incluyen expresiones más concisas tales como que consiste en, que consiste esencialmente en, que comprende sustancialmente, etc.

20 De acuerdo con esto, el alcance de la protección no está limitado por la descripción mostrada anteriormente sino que solo está limitado por las reivindicaciones que siguen. Cada una y todas las reivindicaciones se incorporan en la memoria descriptiva como una realización de la presente invención. Así, las reivindicaciones son una descripción adicional y son una adición a las realizaciones preferidas de la presente invención. La discusión de una referencia en la descripción no implica que es técnica anterior con respecto a la presente invención, especialmente cualquier
25 referencia que pueda tener una fecha de publicación posterior a la fecha de prioridad de la presente solicitud. Las descripciones de todas las patentes, solicitudes de patente y publicaciones citadas en la presente memoria proporcionan detalles ilustrativos, de procedimiento y otros detalles suplementarios a los establecidos en la presente memoria.

30

REIVINDICACIONES

1. Un proceso que comprende:

polimerizar un monómero de olefina en un reactor de bucle en presencia de un catalizador y un diluyente; y producir una suspensión que comprende un polímero de olefina en partículas sólidas y un diluyente, en donde el número interno de Biot se mantiene en o por debajo de 3,0 dentro del reactor de bucle durante la polimerización, en donde la suspensión en el reactor de bucle forma una película de suspensión que tiene un coeficiente de película de suspensión a lo largo de una superficie interior de una pared de un reactor, y en donde el coeficiente de película de la suspensión es menor que $2.800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($500 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$), en donde se define el número interno de Biot utilizando la siguiente ecuación:

$$B_{int} = \frac{h_{SUSPENSION} \cdot L_R}{k_R}$$

donde B_{int} es el número de Biot interno, $h_{suspension}$ es el coeficiente de película de slurry definido anteriormente en unidades de $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($\text{BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$), L_R es la longitud característica de la pared del reactor (el espesor 212) en unidades de m^{-1} (pie^{-1}), y k_R es la conductividad térmica de la pared del reactor en unidades de $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ($\text{BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-1}\cdot\text{°F}^{-1}$), en donde el coeficiente de la película de la suspensión se aproxima usando la siguiente ecuación:

$$h_{suspension} = \frac{f}{2} \cdot \frac{K_s}{D_i} \cdot (Pr_s)^{\frac{1}{3}} \cdot Re_s$$

donde $h_{suspension}$ es el coeficiente de la película de suspensión en unidades de $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($\text{Btu}/(\text{h})(\text{pie}^2)(\text{°F})$) (por ejemplo, que también puede expresarse como $\text{BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$), f es el factor de fricción de Fanning, K_s es la conductividad térmica de la suspensión del reactor en unidades de $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ($\text{Btu}/(\text{h})(\text{pie})(\text{°F})$), D_i es el diámetro interno de la pared del reactor en unidades de m^{-1} (pie), Pr_s es el número Prandtl de la suspensión, y Re_s es el número de Reynolds de la suspensión.

2. El proceso de la reivindicación 1, en donde la suspensión comprende una concentración de sólidos en el intervalo del 25% en peso al 70% en peso.
3. El proceso de la reivindicación 1, en el que la suspensión comprende una concentración de sólidos mayor que 50% en peso.
4. El proceso de la reivindicación 1, en donde el reactor de bucle comprende una pared del reactor que tiene un espesor y una conductividad térmica.
5. El proceso de la reivindicación 4, en donde una relación del coeficiente de película de la suspensión y la conductividad térmica está en un intervalo de 25 m^{-1} ($8,0 \text{ pie}^{-1}$) a 160 m^{-1} (50 pies^{-1}) o en donde una relación del coeficiente de película de la mezcla y el espesor está en un intervalo de $26.000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$ ($1.400 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-3}\cdot\text{°F}^{-1}$) a $4,5 \times 10^6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$ ($240.000 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-3}\cdot\text{°F}^{-1}$), o en donde la relación de la conductividad térmica y el espesor está en un intervalo de $600 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($100 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$) a $60.000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($10.000 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$).
6. El proceso de la reivindicación 4, en donde la pared del reactor comprende un acero seleccionado del grupo que consiste en: A106 Gr 8 (60), A516 Gr 70, A537 C12, A106 Gr C (40), A202 Gr 8, A285 Gr C, A514 Gr 8, A515 Gr 70, A517 Gr A, A517 Gr 8, A533 Ty A C13, A542 Ty A C12, A678 Gr C, AISI 1010, AISI 1015, MIL-S 24645, y cualquier combinación de los mismos, o en donde la pared del reactor tiene un diámetro en el intervalo de 50 centímetros (20 pulgadas) a 91 centímetros (36 pulgadas).
7. El proceso de la reivindicación 4, en donde la superficie interna de la pared del reactor tiene una rugosidad superficial de menos de 0,8 micrómetros RMS (30 micropulgadas RMS).
8. El proceso de la reivindicación 1, que además comprende: hacer circular la suspensión dentro del reactor de bucle, en donde la suspensión se hace circular a una velocidad en el intervalo de 8 m/s (25 pies/s) a 18 m/s (60 pies/s).
9. El proceso de la reivindicación 1, que comprende además: hacer circular la suspensión dentro del reactor de bucle, en donde la suspensión se hace circular a una velocidad superior a 12 m/s (40 pies/s).
10. Un método para diseñar un reactor de polimerización en suspensión de bucle, comprendiendo el método:

simular, en un procesador, un reactor de polimerización en suspensión de bucle, en donde el reactor de polimerización en suspensión de bucle comprende al menos un reactor de bucle y al menos una camisa de refrigeración, en donde existe un anillo entre una pared de el al menos un reactor de bucle y la camisa de refrigeración;

determinar un número Biot interno de una región de carcasa de al menos un reactor de polimerización en suspensión de bucle en base a la simulación;

ajustar un valor de al menos un parámetro de diseño para el reactor de polimerización en suspensión de bucle basado en la simulación, en donde el al menos un parámetro de diseño para el reactor de polimerización en suspensión de bucle comprende una conductividad térmica de la pared de el al menos un reactor de bucle, un diámetro de una pared, un espesor de la pared, una velocidad de una suspensión dentro del al menos un reactor de bucle, una densidad de la suspensión, una viscosidad de la suspensión, una capacidad calorífica específica de la suspensión, una conductividad térmica de la suspensión, una ubicación de la al menos una camisa de refrigeración con relación a la pared, o cualquier combinación de las mismas;

5 10 15 20 25 30 35 40

repetir la simulación, mediante el procesador, basada en el valor ajustado de al menos un parámetro de diseño; determinar que uno o más parámetros de diseño predeterminados se obtienen en base a la repetición, en donde el uno o más parámetros de diseño predeterminados comprenden un espesor de pared, o un número interno de Biot igual a o menor que 3,0; y

obtener un diseño de reactor de polimerización en suspensión de bucle basado en la simulación, ajuste, repetición y determinación, cuando se ha obtenido un espesor de pared predeterminado o un número interno de Biot igual a o menor que 3,0.

11. El método de la reivindicación 10 que además comprende:

mostrar gráficamente al menos una parte de la simulación; y ajustar el valor de el al menos un parámetro de diseño en respuesta a la visualización gráfica.

12. El método de la reivindicación 10, que comprende además: determinar una posición de la al menos una camisa de refrigeración y sustancialmente paralela a al menos una porción de una pata de el al menos un reactor de bucle.

13. El método de la reivindicación 10, en donde una suspensión en el al menos un reactor de bucle forma una película de suspensión que tiene un coeficiente de película de suspensión a lo largo de una superficie interior de una pared del al menos un reactor de bucle, y en donde uno o más parámetros de diseño predeterminados comprenden el coeficiente de película de la suspensión de menos de $2.800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($500 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$).

14. El método de la reivindicación 10, en donde una pared de el al menos un reactor de bucle comprende un espesor y una conductividad térmica, y en donde el uno o más parámetros de diseño predeterminados comprenden una relación de la conductividad térmica y el espesor que es mayor que o igual a $700 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ($120 \text{ BTU}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{pie}^{-2}\cdot\text{°F}^{-1}$).

15. El método de la reivindicación 10, en donde al menos un reactor de bucle comprende una suspensión dispuesta dentro de una pared del al menos un reactor de bucle, en el que la suspensión comprende polímero de olefina en partículas sólidas y un diluyente, y en donde el uno o más parámetros de diseño predeterminados comprenden una fracción volumétrica del polímero de olefina en partículas sólidas en la suspensión que es mayor que 0,65.

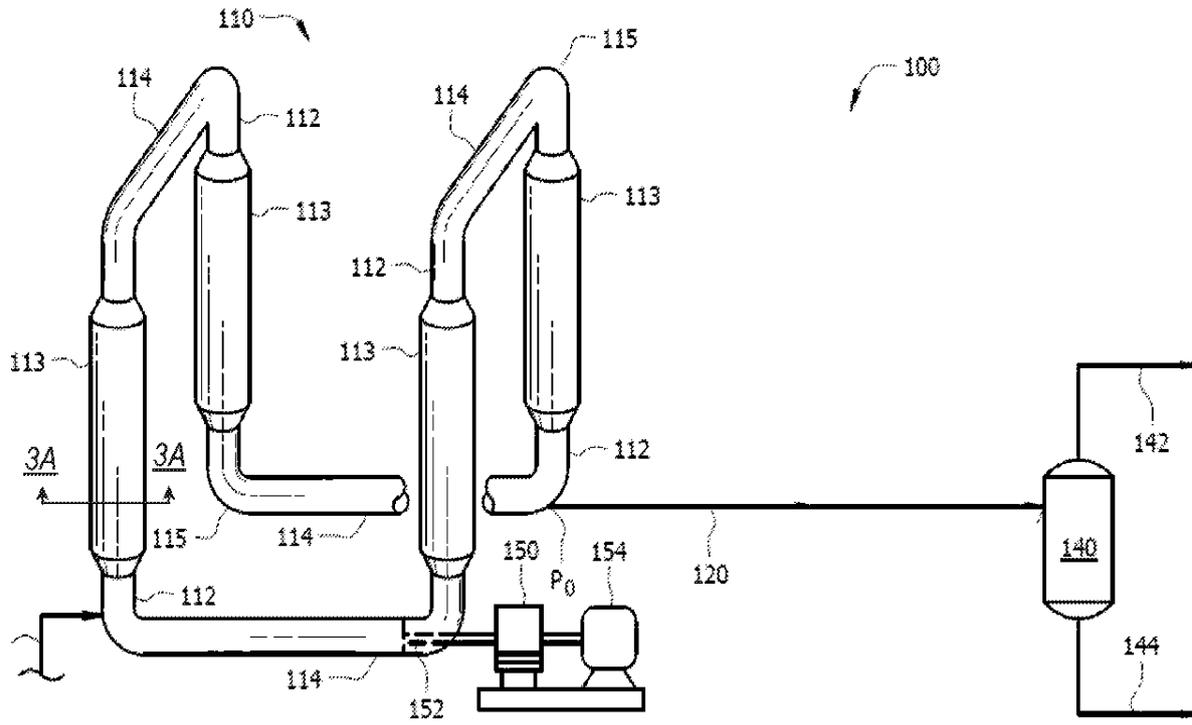


FIG. 1

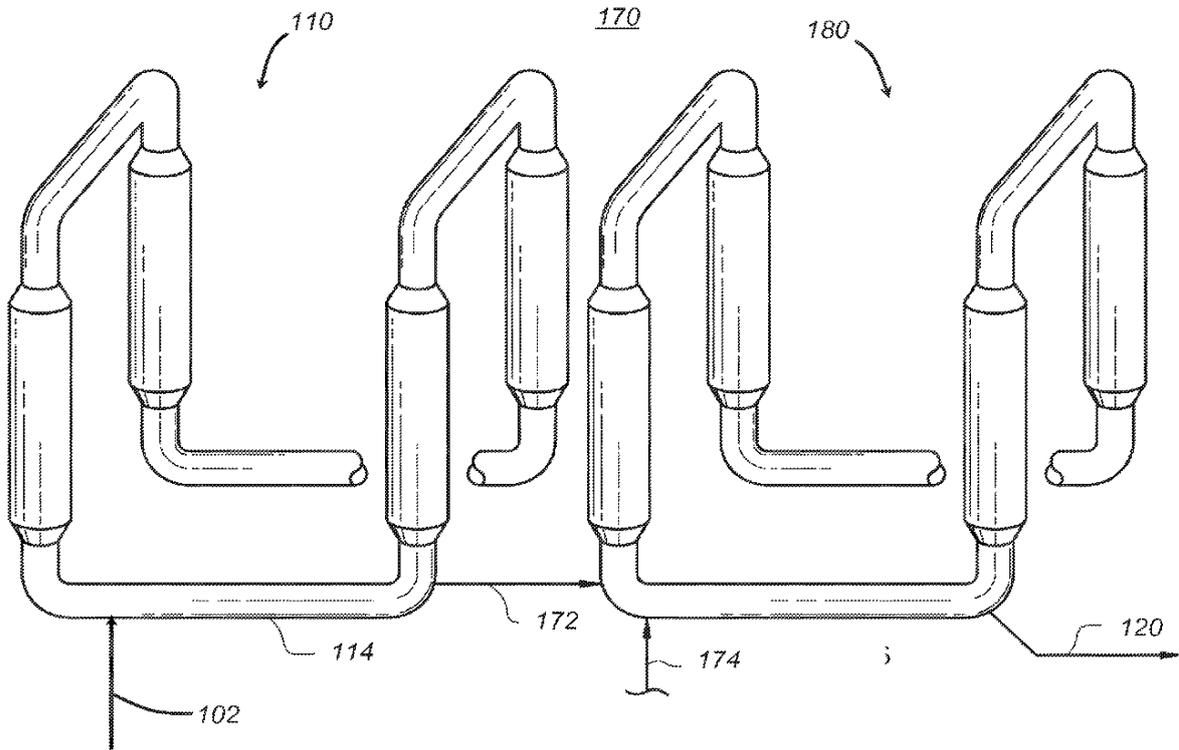
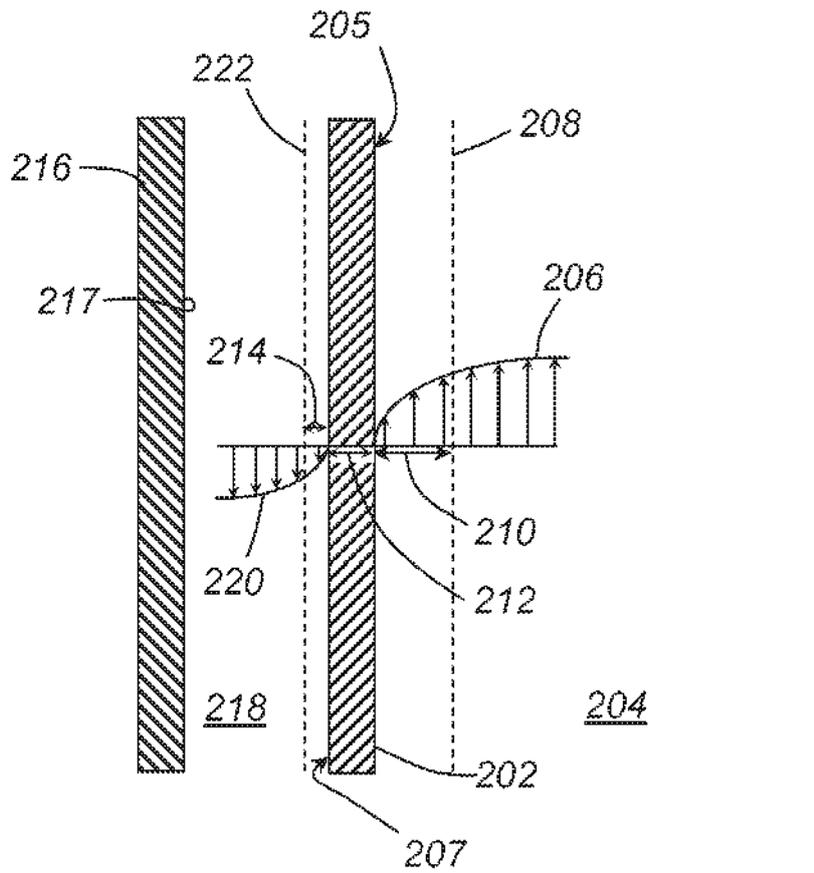
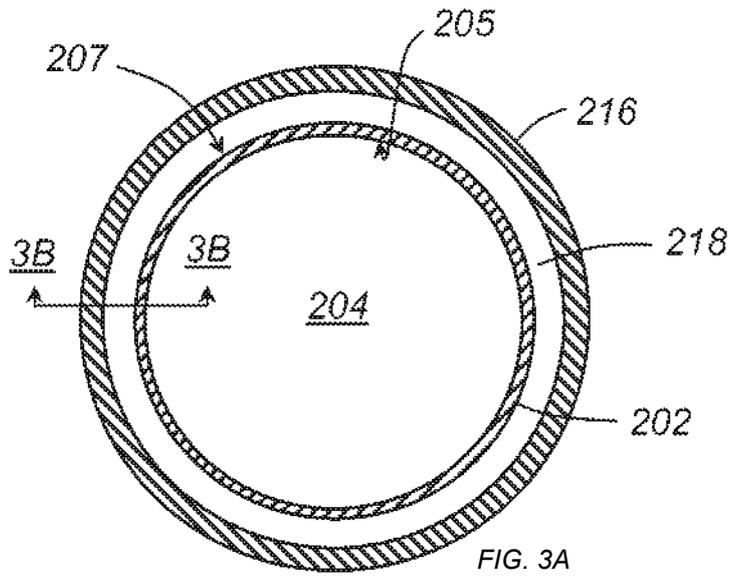


FIG. 2



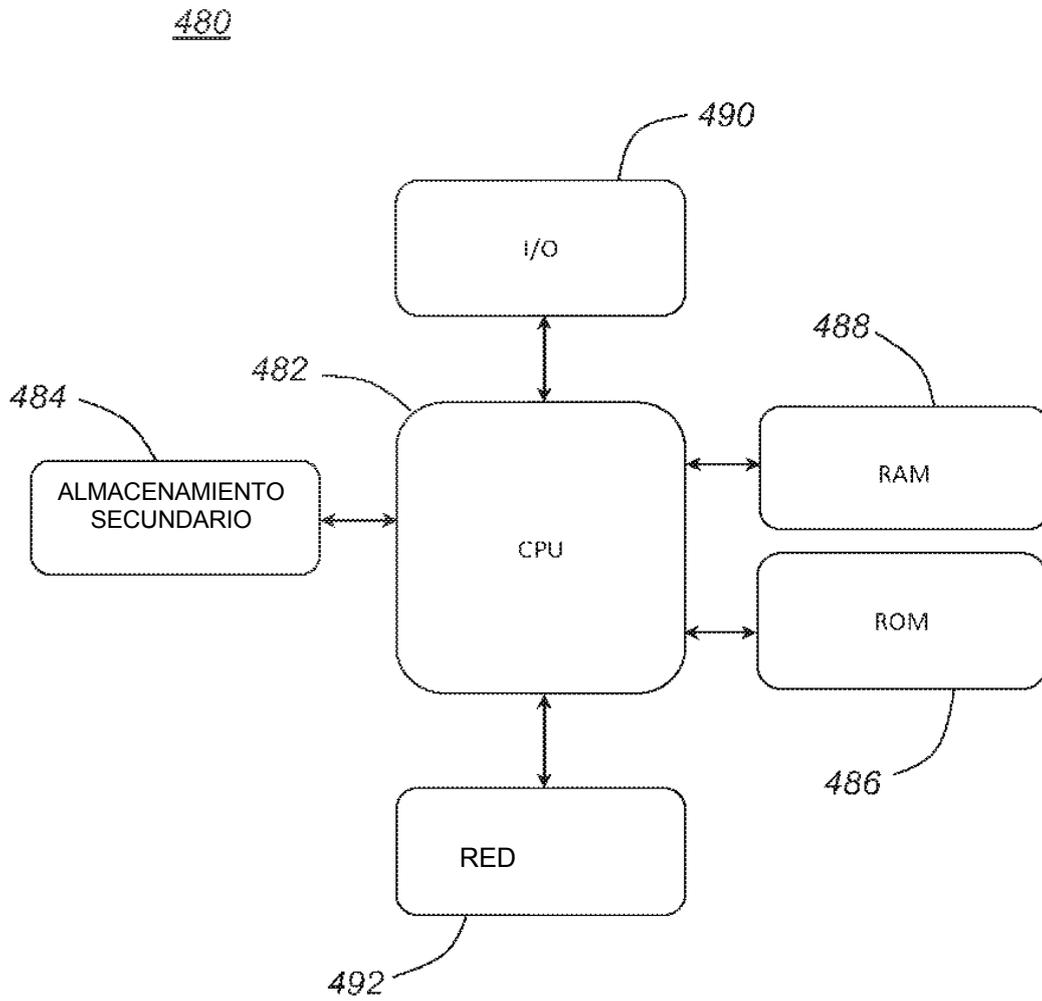


FIG. 4