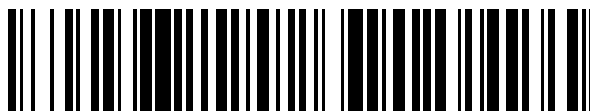


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 761**

51 Int. Cl.:

**B01J 19/24** (2006.01)

**C08F 6/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.04.2009 PCT/EP2009/054441**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.10.2009 WO09127645**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2009 E 09733227 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2265367**

54 Título: **Transferencia de corriente de polímero**

30 Prioridad:

**16.04.2008 EP 08154616**

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

**09.10.2019**

73 Titular/es:

**INEOS MANUFACTURING BELGIUM NV (100.0%)  
Scheldelaan 482  
2040 Antwerpen, BE**

72 Inventor/es:

**MARISSAL, DANIEL;  
PARISEL, MARC y  
WALWORTH, BRENT**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 726 761 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 corriente de polímero

La presente invención se refiere a aparatos para mejorar la desgasificación de polímeros, particularmente polímeros de olefina.

5 Se conoce bien la polimerización de olefinas en la que se polimerizan un monómero de olefina y opcionalmente comonómero de olefina, normalmente en presencia de un catalizador y/o un diluyente. El polímero se retira del reactor de polimerización junto con los reactivos e hidrocarburos inertes. Se necesita que los reactivos e hidrocarburos se recuperen por motivos económicos, de seguridad y medioambientales, y se conocen en la técnica muchos procesos para lograr esto. Estos procesos generalmente implican despresurizar y desvolatilizar la corriente  
10 que contiene polímero después de se haya retirado del reactor de polimerización. El requisito de volatilización es mayor en procesos que tienen retirada de polímeros del reactor con altos contenidos de hidrocarburos líquidos absorbidos o libres. Estos son normalmente procesos que producen polímeros con un significativo componente de baja densidad o fase amorfa donde es alta la absorción de hidrocarburo, y/o procesos donde el polímero se produce en presencia de hidrocarburos líquidos (reactivos o inertes).

15 La máxima capacidad de la planta a escala comercial ha aumentado continuamente a lo largo de los años, y a medida que han aumentado las tasas de producción, también ha aumentado significativamente el posible impacto del coste de la falta de fiabilidad en cualquier parte del proceso, afectando no solo a la propia unidad de polímero, sino también a las unidades aguas arriba y aguas abajo. Al mismo tiempo, la creciente experiencia operativa ha conducido a la operación de concentraciones de sólidos cada vez más altas (cargas) de retirada de polímero de  
20 reactores. El aumento en las concentraciones de sólidos en las unidades de polimerización en suspensión se ha logrado normalmente con las elevadas velocidades de circulación logradas, por ejemplo, por mayores requisitos de potencia del reactor como se ilustran por los documentos de patente EP 432555 y EP 891990. Se desea este aumento en las cargas de sólidos ya que aumenta el tiempo de residencia en el reactor para un volumen de reactor fijo y también reduce el tratamiento de diluyente aguas abajo y los requisitos de recirculación. Sin embargo, es más problemática la transferencia del producto a altas cargas de sólidos y se requieren cuidadosas prácticas de diseño y operativas para evitar los problemas de incrustación y bloqueo de polímeros que no se hubieran experimentado a  
25 cargas de sólidos más bajas.

Durante, y como resultado de, el proceso de despresurización y desvolatilización de la corriente de polímero retirada del reactor de polimerización, se reduce la temperatura del polímero. Se conoce bien que el proceso de  
30 desvolatilización y desorción del polímero se potencia significativamente manteniendo el polímero a una temperatura tan alta como sea posible. Así, en procesos en suspensión, normalmente se calienta la línea de transferencia entre el reactor de polimerización y el recipiente de despresurización (desgasificación) para la corriente de polímero. Como un ejemplo de un proceso típico, en los documentos de patente WO 04/031245 y WO 05/044871 la línea de retirada de un reactor de polimerización en bucle comprende una línea de evaporación instantánea que contiene la  
35 suspensión extraída, rodeada por un conducto que está provisto de un fluido calentado tal como vapor de agua a baja presión para proporcionar el calentamiento indirecto a la suspensión. Sin embargo, también se conoce bien que la pegajosidad del polímero que se transfiere, y su susceptibilidad a aglomerar y/o incrustar líneas de transferencia y recipientes, aumenta generalmente al aumentar la temperatura y disminuir la velocidad, y se vuelven más significativos los problemas de incrustación o aglomeración al aumentar las cargas de sólidos en el sistema de  
40 transferencia que ahora se utiliza como se ha mencionado anteriormente. Como resultado, se requiere el cuidadoso diseño de la línea de transferencia del reactor de polimerización para lograr suficiente calentamiento para ayudar en la desvolatilización sin arriesgar la incrustación o aglomeración del polímero sólido.

La desvolatilización de la corriente de polímero provoca que se evapore la fase líquida de la corriente, dando como  
45 resultado un aumento en el volumen en la línea de transferencia y un consecuente aumento en la velocidad de la corriente. Sin embargo, si la velocidad llega a ser demasiado alta, puede superar la velocidad sónica (la velocidad del sonido en el medio), conduciendo a la interrupción del flujo. Por otra parte, si la velocidad inicial es demasiado baja, existe un riesgo elevado de incrustación o aglomeración del polímero sólido como se ha mencionado anteriormente.

Una consideración adicional es que en plantas grandes la línea de transferencia tiene que ser muy larga para  
50 permitir que tenga lugar calentamiento suficiente, y la longitud puede ser suficientemente grande como para afectar la planificación espacial de la planta. Esto puede crear una variedad de problemas tales como la presencia de equipos en la planta, y el control de las condiciones dentro de la línea. Frecuentemente es necesario calentar una proporción significativa de la longitud de la línea de transferencia para satisfacer los requisitos de entrada de calor. Así, se apreciará que es un reto técnico significativo asegurar que la corriente de polímero llegue al recipiente de  
55 desgasificación a la temperatura y presión deseadas y con el mínimo de incrustación/aglomeración.

El documento de patente GB 2157701A desvela un proceso en el que una suspensión de polímero se descarga desde una zona de alta presión hasta una zona de baja presión mediante tubería que está rodeada por varios

5 calentadores, y que puede aumentar en diámetro en la dirección de flujo. Velocidades de entrada típicas para la suspensión son 3-20 m/s, y velocidades de salida típicas son 14-150 m/s. El flujo de suspensión se controla ajustando la caída de presión a lo largo de la tubería, añadiendo diluyente adicional y vaporizándolo y opcionalmente también cambiando el número de calentadores en funcionamiento para ajustar la cantidad de vapor. No se hace mención de la incrustación o cualquier problema asociado a ella.

La presente invención busca optimizar el calentamiento del polímero durante su transferencia desde el reactor hasta el recipiente de desgasificación y al mismo tiempo minimizar el riesgo de incrustación. Los presentes inventores han encontrado que esto se puede hacer sin añadir diluyente adicional u otros hidrocarburos en la corriente que contiene polímero.

10 Por consiguiente, en un primer aspecto la invención proporciona un proceso de calentamiento de una corriente que contiene polímero que se transfiere desde un reactor de polimerización hasta una zona de separación o dispositivo, comprendiendo pasar la corriente a través de un calentador que comprende al menos una línea de transferencia para la corriente y medios para calentar la línea de transferencia, en el que el tamaño de partículas promedio del polímero sólido es inferior a 3 mm, el caudal másico de la corriente que contiene polímero que sale del calentador es no superior a 15 % superior al caudal másico que sale del reactor, la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero ya sea en un punto 80 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia medido desde la entrada de la línea de transferencia, o en la salida de la línea de transferencia, es al menos 6 m/s, preferentemente al menos 8 m/s y más preferentemente al menos 10 m/s, y la caída de presión a través de la línea de transferencia por unidad de longitud es preferentemente entre 0,01 bar/m y 0,2 bar/m, preferentemente entre 0,0125 bar/m y 0,1 bar/m, lo más preferentemente entre 0,0125 bar/m y 0,04 bar/m.

25 Se requiere la velocidad mínima a 80 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia para reducir el riesgo de incrustación. Generalmente, si la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero 80 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia es mayor que 6 m/s, también será superior a 6 m/s en la salida de la línea de transferencia (donde se mide más convenientemente). Sin embargo, la invención también engloba la posibilidad de que la velocidad en la salida sea inferior a 6 m/s, por ejemplo debido a una construcción particular en la salida.

También se prefiere que la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero a 80 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia medida desde la entrada de la línea de transferencia sea igual o superior a su velocidad promedio en 20 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia.

30 Se apreciará que la corriente que contiene polímero pasa a través de alguna forma de tubería en todo momento desde el momento en el que abandona el reactor de polimerización hasta que entra en el recipiente de desgasificación. Para los fines de la presente invención, se considera que el calentador comprende la porción de tubería desde el inicio de la sección calentada de la línea de transferencia (o la primera de las secciones calentadas) hasta el final de la sección calentada (o la última de las secciones calentadas). En este contexto, el término "línea de transferencia" o "calentador" como se usa en lo sucesivo incluye dentro de su alcance la posibilidad de varias secciones calentadas conectadas en serie. La salida del calentador (o línea de transferencia del calentador) se considera que está al final de la sección calentada de la línea, y la entrada del calentador se considera que está al inicio de la sección calentada de la línea, donde la sección calentada de la línea incorpora las secciones calentadas individuales o secciones calentadas múltiples en serie. En el caso en el que la línea consista en varias secciones calentadas discretas, se puede separar una o más de estas secciones por una válvula de control de la presión. Por "línea" se indica cualquier forma de conducto adecuada para transportar una corriente que contiene polímero que contiene sólidos, líquido y gas. Esto puede incluir una pluralidad de tuberías u otros conductos en paralelo, encerrados dentro de una única unidad de calentamiento.

45 Cuando se considera la construcción del calentador descrito más adelante, se considera que la longitud L es la longitud total desde la entrada del calentador hasta la salida del calentador. Sin embargo, cuando se considera la longitud de la "parte calentada de la línea de transferencia", esta longitud excluye cualquier sección no calentada. Así, en el caso en el que un calentador comprenda varias secciones calentadas unidas por secciones no calentadas, la longitud L del calentador es la longitud total de tanto las secciones calentadas como no calentadas, mientras que la longitud de la "parte calentada de la línea de transferencia" es la longitud de las secciones calentadas solo. 20 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia es entonces 20 % a lo largo de la longitud total de las secciones calentadas solo, como se mide desde el inicio de la primera sección calentada.

La velocidad de la corriente que contiene polímero se define como el caudal volumétrico de la corriente que contiene polímero dividida entre la sección transversal de la trayectoria de flujo de la corriente.

55 Por "**velocidad promedio**" se indica la velocidad promedio medida durante un periodo de al menos 5 minutos pero no más de 1 hora a través de toda la sección transversal de la corriente en un punto cualquiera a lo largo de la longitud de la línea de transferencia. En algunas operaciones conocidas, la entrada de corriente que contiene polímero en la línea de transferencia es discontinua, ya que la corriente se descarga primero del reactor en ramas de

sedimentación, que ellas mismas descargan en la línea de transferencia solo cuando está llena. Aunque la entrada en la línea de transferencia se puede suavizar usando varias ramas de sedimentación que llenan y descargan en secuencia, el caudal y por tanto la velocidad de la corriente en la línea de transferencia no es constante. La variación en el caudal también puede ocurrir en descarga continua cuando la válvula que controla la descarga se mueve periódicamente para prevenir la acumulación de polímero y posible incrustación. Así, es importante considerar una velocidad promedio durante un periodo de tiempo en vez de la velocidad en un instante cualquiera.

El **caudal volumétrico** es la suma de los flujos volumétricos de cada una de las fases sólida, líquida y gaseosa. La cantidad de gas y líquido, y sus densidades respectivas, se calculan, cuando corresponda, basándose en propiedades del equilibrio termodinámico que normalmente requieren el balance de calor, composición, presión y temperatura de la corriente. Para una mezcla dada, en cualquier punto del calentador, la fracción de vapor es una función de la presión y la temperatura. A medida que el gradiente de presión a través de una tubería también es una función de la fracción de vapor y las propiedades físicas (también la presión y la temperatura), se pueden resolver juntos el flujo másico, la transferencia de calor y el equilibrio termodinámico. Las ecuaciones básicas para establecer el gradiente de presión en el flujo trifásico vapor-líquido-polímero son las ecuaciones de conservación del momento y de energía.

La velocidad promedio de la corriente que contiene polímero a 80 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia medida desde la entrada de la línea de transferencia es opcionalmente al menos 20 m/s, preferentemente al menos 30m/s. Se prefiere que la relación de la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero a 80 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia con respecto a su velocidad promedio a 20 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia sea mayor que 1,1, y preferentemente mayor que 1,3. También se prefiere que la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero a 60 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia medida desde la entrada de la línea de transferencia sea igual o superior a su velocidad promedio a 20 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia.

Se prefiere que el caudal másico de la corriente que contiene polímero que sale del calentador no sea superior a 5 % superior al caudal másico que sale del reactor, y más preferentemente sea el mismo o inferior al que sale del reactor. En otras palabras, se prefiere que no se añada fluido adicional a la corriente que contiene polímero entre el abandono del reactor y la salida del calentador.

En una realización de la invención, el caudal másico de la corriente que contiene polímero varía menos de 20 % (basado en el caudal máximo) durante cualquier periodo de 1 hora; esto está de acuerdo con el flujo continuo en la línea de transferencia, debido a la descarga continua del reactor de polimerización. En una realización alternativa, el caudal másico varía más de 20 % (basado en el caudal máximo), de acuerdo con la descarga discontinua del reactor.

El calentamiento y la despresurización de la corriente de polímero a medida que se desplaza a lo largo de la línea de transferencia hasta el recipiente de desgasificación provoca una vaporización progresiva del líquido en la corriente y un aumento resultante en la velocidad a lo largo de la línea. Se deben satisfacer requisitos opuestos cuando se diseña la línea de transferencia para garantizar la eficaz y fiable transferencia de polímeros y transferencia de calor. Mientras que velocidades altas potencian la transferencia de calor y generalmente minimizan la incrustación, también conducen a altas caídas de presión a lo largo de la línea. Es importante, por tanto, ser capaces de optimizar la longitud y el diámetro de la línea de transferencia mientras se mantiene el área de transferencia de calor y el coeficiente de transferencia de calor requeridos, para obtener un polímero suficientemente desvolatilizado a una temperatura aceptable.

La incrustación ocurre lo más comúnmente cuando se combina baja velocidad con alta temperatura. A lo largo de la longitud de la línea de transferencia existen varios regímenes hidráulicos que modifican el coeficiente de transferencia de calor global entre la pared y el fluido. Por encima de una cierta temperatura de la pared, puede ya no existir líquido en contacto con la superficie metálica, y la superficie de la pared se llega a rodear de una película de vapor estable que reduce el coeficiente de transferencia de calor (flujo de película). Esto empieza normalmente dentro del primer 20 % de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia. Sin embargo, a valores de delta de temperatura cada vez más altos, se vuelve significativa la transferencia de calor por radiación a través de la película de vapor y el flujo de calor empieza a aumentar otra vez. A medida que continúa aumentando la fracción de vapor, ocurre flujo de niebla: el líquido se dispersa en gotitas dentro de una fase continua de vapor que afecta el coeficiente de transferencia de calor. El régimen de flujo de niebla normalmente comienza después de 60 % de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia, lo más normalmente entre 60 y 80 % a lo largo de la longitud. Así, según la invención, es usual que la velocidad promedio en la región de flujo de niebla sea igual o superior a aquella en la región de flujo de película. Preferentemente, la velocidad promedio en cualquier momento en la región de flujo de niebla es al menos 4 m/s, más preferentemente al menos 6 m/s, o incluso al menos 10 m/s. Cuando se evapora casi todo el líquido, ocurre un régimen convectivo puro.

Preferentemente, la relación de la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero a 80 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia con respecto a su velocidad promedio a 20 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia es al menos 1,1, y más preferentemente al menos 1,3. También se prefiere que la relación de la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero en la salida de la parte calentada de la línea de transferencia,  $V_o$ , con respecto a su velocidad promedio en la entrada de la parte calentada de la línea de transferencia,  $V_i$ , sea mayor que 1,1, y más preferentemente mayor que 1,3. Valores típicos para  $V_i$  son 2-20 m/s, y valores típicos para  $V_o$  son 5-80 m/s. Se prefiere que la velocidad promedio en la entrada  $V_i$  sea al menos 2 m/s, preferentemente al menos 5 m/s y más preferentemente al menos 8 m/s. También se desea que la velocidad sea inferior a la velocidad sónica. Por consiguiente, se prefiere que la velocidad promedio en la salida  $V_o$  sea inferior a 80 m/s, preferentemente inferior a 70 m/s. Normalmente  $V_o/V_i$  es al menos 1,1, más normalmente entre 1,2 y 15, preferentemente entre 1,4 y 10, lo más preferentemente entre 1,5 y 4.

Con respecto al tamaño de partículas promedio del polímero sólido en la corriente que contiene polímero, **tamaño de partículas promedio** se define como el tamaño al que 50 % en peso de las partículas se recogen usando granulometría por tamizado según ASTM D-1921, Particle (sieve analysis) of Plastic Materials, Method A. El contenido de sólidos de la corriente que contiene polímero tiene un impacto significativo sobre el requisito de calentamiento en la línea de transferencia. Si la corriente que entra en la línea de transferencia tiene un alto contenido de sólidos, no solo se reduce la cantidad relativa de líquido que se requiere calentar y/o evaporar, sino que el polímero sólido en la entrada puede estar más caliente que la temperatura de salida de la corriente, y por tanto está portando una cantidad significativa de calor en la línea de transferencia. Es importante que el tamaño de partículas promedio del polímero sólido sea inferior a 3 mm debido a que cuanto más pequeño sea el tamaño de partículas promedio, más rápido es el intercambio de calor entre las partículas sólidas y el fluido circundante. A medida que la presión disminuye en la línea de transferencia y se vaporiza el fluido circundante, se enfría, mientras las partículas sólidas siguen calientes. Así, se desea transferir el calor de las partículas al fluido circundante tan rápidamente como sea posible. Cuando el tamaño de partículas promedio es inferior a 3 mm, la transferencia de calor es suficientemente rápida tal que el sólido y el fluido tienen aproximadamente la misma temperatura, y se puede considerar razonablemente que el sólido está en equilibrio térmico con el fluido a granel.

Se prefiere que el tamaño de partículas promedio del polímero sólido sea inferior a 2 mm, y más preferentemente inferior a 1 mm. El tamaño de partículas promedio puede ser incluso más bajo, tal como 800  $\mu\text{m}$  o incluso 600  $\mu\text{m}$ .

Se prefiere que la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida de la línea de transferencia sea superior al punto de rocío de la corriente. Preferentemente, la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida del calentador es 5-80  $^{\circ}\text{C}$ , lo más preferentemente 10-40  $^{\circ}\text{C}$ , por encima del punto de rocío de la corriente.

También se prefiere que la temperatura de la propia corriente a lo largo de la longitud calentada de la línea de transferencia se mantenga por debajo del punto de reblandecimiento del polímero, donde el punto de reblandecimiento del polímero se define como la temperatura de reblandecimiento de Vicat según ASTM D1525, ISO 306 bajo una carga de 10 N. Esta es la temperatura a la que una aguja de extremo plano penetra un espécimen del polímero hasta una profundidad de 1 mm bajo una carga de 10 N. La temperatura refleja el punto de reblandecimiento que cabe esperar cuando se usa un material en una aplicación de temperatura elevada. Se pone un espécimen de prueba, que tiene entre 3 mm y 6,5 mm de espesor y al menos 10 mm de anchura y longitud, en el aparato de ensayo (por ejemplo, un ROSAND ASP 6 HDT/VICAT System) de manera que la aguja penetrante, que tiene un área en sección transversal en su punta de 1  $\text{mm}^2$ , descansa sobre la superficie del espécimen al menos 1 mm desde el borde. Se aplica una carga de 10 N al espécimen. El espécimen se baja entonces dentro de un baño de aceite a 23  $^{\circ}\text{C}$ . El baño se eleva a una tasa de 50  $^{\circ}\text{C}$  por hora hasta que la aguja penetra 1 mm; la temperatura a la que esto ocurre es la temperatura de reblandecimiento de Vicat.

El calor se transfiere normalmente a la corriente que contiene polímero calentando la superficie interna de la línea de transferencia usando un medio de calentamiento en contacto con la superficie externa de la línea. Así, la entrada de calor a la corriente se ajusta normalmente cambiando la temperatura de la superficie interna de la línea de transferencia. Esto se hace normalmente cambiando la temperatura del medio de calentamiento en contacto con la superficie externa. Adicionalmente o alternativamente, la entrada de calor a la corriente se puede ajustar cambiando el tamaño del área calentada de la línea de transferencia. Por ejemplo, si la línea de transferencia consiste en varias secciones calentadas discretas, la entrada de calor global a la corriente se puede controlar parcialmente ajustando la temperatura de las secciones calentadas individuales, o cambiando el número de secciones calentadas, es decir, encendiendo o apagando la entrada de calor a una o más de las secciones calentadas. En una realización, la entrada de calor global a la corriente se ajusta cambiando solo la temperatura de la superficie interna de la línea de transferencia en la porción desde 60 % hasta 100 % de su longitud calentada, o incluso solo en la porción desde 80 % hasta 100 % de su longitud calentada. También es posible que se pueda emplear una combinación de lo anterior, que es cambiar el área que se calienta y cambiar la temperatura del medio de calentamiento.

Se prefiere que la temperatura de la superficie interna de la línea de transferencia desde 50 % hasta 100 % a lo largo de su longitud calentada se mantenga por debajo del punto de reblandecimiento del polímero: más preferentemente, la temperatura de la superficie interna de la línea de transferencia a través de su longitud

calentada se mantiene por debajo del punto de reblandecimiento del polímero.

5 Manteniendo la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida del calentador por encima del punto de rocío de la corriente, pero la superficie interna de la línea de transferencia por debajo del punto de reblandecimiento del polímero, es posible garantizar que todo el líquido en la corriente se vaporiza por el tiempo en el que la corriente alcanza la salida del calentador, pero al mismo tiempo se minimiza el riesgo de incrustación. En el caso en el que el calentador se sitúe entre un reactor de polimerización y un recipiente de desgasificación, la temperatura de la superficie interna de la línea de transferencia se puede mantener por encima de la temperatura del reactor. Para un polímero que tiene una densidad de 935-945 kg/m<sup>3</sup>, la temperatura de la pared del lado del proceso se controla normalmente entre 75 y 130 °C, preferentemente entre 85 y 105 °C. Para un polímero que tiene una densidad de 955-965 kg/m<sup>3</sup>, la temperatura de la pared del lado del proceso se controla normalmente entre 80 y 135 °C, preferentemente entre 95 y 110 °C.

15 La corriente que contiene polímero se retira preferentemente de un reactor de polimerización antes de la entrada en la línea de transferencia, y la entrada de la línea de transferencia se conecta, por tanto, directamente al reactor de polimerización. También se prefiere que la salida de la línea de transferencia se conecte directamente a un recipiente colector o separador de polvo que se mantiene preferentemente a una presión tal que el máximo del vapor recuperado se pueda condensar y recuperar sin necesidad de una recompresión. Este recipiente está normalmente aguas arriba del tratamiento final de polímeros y extrusión o aguas arriba de un reactor de polimerización adicional. La corriente se puede retirar continuamente del reactor de polimerización, y puede o puede no contener polímero activo.

20 La presión típica en la entrada del calentador,  $P_i$ , es 5-30 bara, preferentemente 10-25 bara. La presión en la salida  $P_o$  normalmente es 1,5-20 bara, preferentemente 7-11 bara. En el caso en el que la línea de transferencia se sitúe entre un reactor de polimerización y un recipiente de desgasificación, la caída de presión en la línea de transferencia normalmente es entre 5 % y 50 %, preferentemente entre 10 y 35 %, de la caída de presión total entre el reactor de polimerización y la entrada al recipiente de desgasificación.

25 En una realización preferida del proceso de la invención, en el caso en el que el calentador se sitúe entre un reactor de polimerización y un recipiente de desgasificación, la corriente que contiene polímero se calienta de forma que al menos 90 % en moles, preferentemente al menos 98 % en moles y lo más óptimamente 100 % en moles de los fluidos de hidrocarburo retirados de la operación del reactor de polimerización se vaporicen antes de la entrada en el recipiente de desgasificación. El recipiente de desgasificación funciona preferentemente a una presión superior a 2 bara, lo más preferentemente entre 6 bara y 12 bara, mientras se mantiene una caída de presión a través de la longitud del calentador inferior a 0,5 bar por tonelada/hora de producción de polímero, lo más preferentemente entre 0,1 bar por t/h y 0,3 bar por t/h. Se ha encontrado que esta baja caída de presión optimizada por unidad de producción puede funcionar de forma fiable incluso con altas cargas de sólidos en la entrada en el calentador. Se prefiere que el contenido de sólidos de la corriente que contiene polímero sea entre 35 % en peso y 70 % en peso, lo más preferentemente entre 50 % en peso y 65 % en peso cuando la corriente entra en el calentador, y también se prefiere que la velocidad de la corriente en la entrada en el calentador no varíe más de 15 %, preferentemente no más de 5 %, en cualquier periodo de 30 segundos. Una forma en la que esto se puede lograr es usando una descarga continua en vez de discontinua del reactor de polimerización. Dicha operación de alta carga de sólidos combinada con el calentador de diámetro expansor permite que se minimice la caída de presión del calentador.

40 Con respecto a la construcción del calentador en sí, se prefiere que la relación del diámetro de la línea de transferencia  $D_o$  con respecto a su diámetro de entrada  $D_i$ ,  $D_o/D_i$ , sea mayor que 1, preferentemente entre 1,2 y 10. Normalmente es al menos 1,3, y comúnmente al menos 1,4. Sin embargo, esta relación es preferentemente no superior a 4, y más preferentemente no superior a 2, siendo un máximo de 1,9 lo más preferido. También se prefiere que la relación del diámetro de la línea de transferencia a 80 % a lo largo de su longitud calentada,  $D_{80}$ , con respecto al diámetro a 20 % a lo largo de su longitud calentada,  $D_{20}$ , sea mayor que 1, preferentemente superior a 1,2 y más preferentemente superior a 1,3.

50 Los presentes inventores han encontrado que aumentar el diámetro de la línea de transferencia a lo largo de su longitud permite que sea admitido por el calentador un mayor intervalo de caudales de corriente que contiene polímero. Un diámetro relativamente pequeño en la entrada permite una velocidad relativamente alta incluso a bajos caudales, reduciendo el riesgo de incrustación; mientras que un diámetro relativamente mayor en la salida puede evitar el riesgo de la velocidad que supera la velocidad sónica incluso a altos caudales. El tener dicho intervalo de capacidades es particularmente valioso durante las operaciones de puesta en marcha y parada. Para reducir el riesgo de bloqueos aguas abajo también se prefiere que el diámetro de salida  $D_o$  de la línea de transferencia sea más pequeño que la salida de sólidos del recipiente de desgasificación.  $D_o$  se define como el diámetro interno de la línea de transferencia en su salida, y  $D_i$  es el diámetro interno de la línea de transferencia en su entrada, donde la salida y entrada de la línea de transferencia se definen como se ha descrito previamente.

55 El diámetro interno  $D$  de la línea de transferencia es preferentemente al menos 20 mm, y más normalmente entre 40 mm y 200 mm. Los preferidos son diámetros internos entre 60 mm y 150 mm.

## ES 2 726 761 T3

La longitud total L del calentador (incluyendo secciones calentadas y no calentadas), y por tanto la línea de transferencia, es preferentemente al menos 20 m, más preferentemente al menos 30 m, pero normalmente no superior a 600 m. Un intervalo preferido de longitudes es desde 50 m hasta 500 m, más preferentemente desde 70 m hasta 300 m.

- 5 Se prefiere que la relación de la longitud L de la línea de transferencia con respecto a su diámetro interno promedio  $D_{prom}$ ,  $L/D_{prom}$ , sea desde 500 hasta 10000, preferentemente desde 1500 hasta 3500, y más preferentemente desde 2000 hasta 3000. Si la línea de transferencia se construye a partir de varias secciones cada una de diferentes diámetros,  $D_{prom}$  es el diámetro interno promedio de las secciones ponderadas según la longitud de cada sección; alternativamente se puede calcular como referencia al volumen interno total v de la línea, donde  $v = (\pi D_{prom}^2 \cdot L)/4$ .
- 10 Si la línea de transferencia aumenta en diámetro a lo largo de su longitud, se prefiere que el aumento ocurra en etapas discretas en vez de continuamente, teniendo porciones intermedias de la línea de transferencia un diámetro constante. Normalmente existen uno, dos o tres aumentos en el diámetro a lo largo de la longitud de la tubería, normalmente creados por una pieza de conexión cónica entre las dos secciones de diferente diámetro. Se prefiere que la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero inmediatamente después de un aumento en el diámetro de la línea de transferencia sea superior a la velocidad en la entrada de la línea de transferencia  $V_i$ .

- 15 Se prefiere que una o todas de las secciones de la línea generalmente sean verticales en vez de montadas horizontalmente, ya que esto reduce el riesgo de sedimentación y por tanto incrustación, así como se asegura entonces que la línea tenga una presencia más pequeña en la planta: en dicha configuración, la primera sección de la línea tiene preferentemente su entrada en la parte inferior de forma que el flujo inicial de material a través de la línea de transferencia sea hacia arriba. Se prefiere que menos de 20 %, lo más preferentemente menos de 10 % de la longitud de la línea de transferencia sea horizontal, y óptimamente la línea se construye sustancialmente sin secciones horizontales. En una realización, al menos la entrada y salida de la línea de transferencia calentada se orientan verticalmente de forma que el flujo de entrada a través de la línea sea hacia arriba y el flujo de salida de la línea sea hacia abajo. En una realización de la invención, la línea de transferencia comprende una serie de secciones conectadas por ángulos (codos), que normalmente son en forma de U de forma que la línea se vuelve sobre sí misma una o más veces. La ventaja de esta configuración es que hace la línea de transferencia más compacta en la planta. Las secciones entre los codos son normalmente rectas. Los ángulos se pueden calentar como el resto de la línea, pero normalmente - para simplificar la construcción del calentador - no se calientan.
- 20 También se prefiere generalmente que cualquier expansión en el diámetro de la línea ocurra en una sección no calentada de la línea; por tanto, las secciones de la línea pueden ser de diferentes diámetros ocurriendo los aumentos en diámetro en uno o más de los codos, preferentemente en la salida del codo de forma que la velocidad se reduzca en la salida del codo en vez de en su entrada, y lo más preferentemente en la salida de un codo en la parte superior de una sección verticalmente calentada. El diseño de las secciones de expansión y los ángulos en la línea de transferencia es clave para el fiable funcionamiento sin incrustación. El número de secciones verticales u
- 25 horizontales entre los codos que constituyen la línea de transferencia total puede ser desde 2 hasta 10, aunque es más común 3 hasta 7 secciones.

- 30 Los codos de la línea de transferencia pueden tener grados variables de curvatura. El radio de la curva definida por el codo se puede expresar como un múltiplo del diámetro D de la línea en ese punto. Los codos normalmente tienen radios de entre 3D y 30D, siendo 5D-20D lo más preferido para garantizar el fiable funcionamiento sin incrustación, mientras que también se minimiza la presencia de la línea. Como se ha expuesto previamente, los codos son preferentemente en forma de U, aunque no se excluyen opciones alternativas tales como codos en forma de L que permiten una trayectoria de flujo suave. Obviamente, una línea de transferencia formada en secciones puede emplear una mezcla de los tipos anteriores de codo, o de hecho codos de otros ángulos tales como 60° o 120°.

- 35 Se ha encontrado que la longitud de una sección de expansión cualquiera de la línea de transferencia debe ser superior a 0,25D, preferentemente entre 0,5D y 10D, lo más preferentemente entre 0,75D y 3D. Se prefiere que cada sección de expansión se sitúe inmediatamente aguas arriba o más preferentemente aguas abajo de un codo, preferentemente una distancia de no más de 4D del codo. También se prefiere que la expansión sea concéntrica, aunque también son posibles otras geometrías de expansión.

- 40 Se prefiere que la entrada del calentador esté a aproximadamente la misma elevación que la salida del reactor de polimerización al que se conecta, preferentemente la línea de transferencia desde el reactor de polimerización hasta la entrada del calentador es esencialmente horizontal.

Es lo más preferido que la salida de la línea de transferencia (en el recipiente de desgasificación el punto de entrada) esté a una elevación más alta que la entrada de la línea de transferencia y/o la salida del reactor de polimerización.

- 45 Los medios para calentar la línea de transferencia normalmente comprenden una camisa que rodea la línea. La camisa del calentador puede estar en forma de un calentador eléctrico, pero se prefiere que esté en forma de una tubería concéntrica que rodea la línea a través de la que pasa un fluido calefactor. El fluido calefactor más

comúnmente usado es vapor de agua. Se ha encontrado que las condiciones se pueden optimizar mejor usando vapor de agua desrecalentado como medio calefactor, particularmente donde la temperatura de saturación máxima es 0-30 °C, y preferentemente no superior a 10 °C, por debajo del punto de reblandecimiento del polímero que se calienta. Sea cual sea la forma que adopte, la camisa puede o bien proporcionar la misma entrada de calor a lo largo de la longitud entera de la línea de transferencia, o bien puede proporcionar calentamiento diferencial en diferentes partes de la línea. También es posible que no se calienten porciones de la línea (tales como ángulos), como se trata anteriormente. Los presentes inventores han encontrado que la óptima entrada de calor a lo largo de la longitud de la línea de transferencia se logra con un diseño de forma que la temperatura del medio calefactor (o la temperatura de la pared interna de la línea) sea mayor en la entrada a la línea que en su salida. Por consiguiente, como la fracción de vapor en la corriente que contiene polímero aumenta a medida que pasa a lo largo de la línea, se prefiere que disminuya la temperatura del medio calefactor (o la temperatura de la pared interna de la línea). Esto se puede hacer en un modo continuamente escalonado, o en varias etapas discretas por medio de secciones de diferente temperatura. Lo más preferido, sin embargo, es una camisa que funciona a diferentes temperaturas en diferentes partes de la línea, normalmente por que tiene suministros independientes del medio calefactor para cada sección donde se requiere una temperatura diferente.

En una realización preferida de la invención, la línea de transferencia se calienta por una tubería concéntrica usando vapor de agua como medio calefactor. La temperatura de salida de la línea de transferencia se controla preferentemente usando el caudal de vapor de agua: para una temperatura de vapor de agua dada, esto tiene el beneficio de permitir el control de la temperatura de la pared de la línea de transferencia, para garantizar una temperatura más baja a bajos caudales de corriente de polímero y una temperatura más alta a caudales más altos cuando las velocidades son más altas.

Una forma de aumentar adicionalmente la temperatura de la propia corriente que contiene polímero en la salida de la línea de transferencia (aparte de aumentar la entrada de energía en el calentador) es aumentar el contenido de sólidos de la corriente. Esto se puede hacer aumentando el contenido de sólidos de la corriente retirada del reactor de polimerización y/o usando un dispositivo concentrador de sólidos aguas arriba de la línea de transferencia. Los sólidos pueden llevar más calor que los componentes líquidos o gaseosos de la corriente, requiriendo así una menor entrada del calentador de la línea de transferencia para lograr la temperatura deseada.

El uso, aguas arriba de la línea de transferencia, de un dispositivo concentrador de sólidos con una descarga de diluyente aguas arriba (como se describe en la patente de los presentes inventores EP1118624) es una realización preferida de la presente invención, y permite que se minimice la concentración de monómero en la línea de transferencia, reduciéndose así el riesgo de incrustación.

Se prefiere que la tubería sea fácilmente separable a lo largo de la longitud del calentador para facilitar la limpieza. Preferentemente, la tubería está embridada a intervalos de 5-15 m. En el caso en el que el calentamiento se efectúe usando una camisa que contiene un fluido calefactor, se prefiere que el fluido calefactor no cubra ninguna brida.

Para maximizar la transferencia de calor en la corriente que contiene polímero, la tubería se fabrica preferentemente de un material que tiene una conductividad térmica superior a  $30 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ , preferentemente superior a  $40 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ . La tubería normalmente es sin cordón, aunque se prefiere la tubería soldada con cordón donde se requiere alta transferencia de calor.

Se prefiere que toda la corriente que contiene polímero que sale del reactor de polimerización pase a través de una única línea de transferencia, particularmente en el arranque. Dicha línea de transferencia se puede alimentar por una o más líneas de retirada del reactor. La corriente retirada del reactor se puede concentrar, preferentemente por medios gravitacionales o centrífugos, lo más preferentemente usando un hidrociclón, antes de pasar a través de la línea de transferencia.

Sin embargo, también está dentro del alcance de la presente invención proporcionar múltiples líneas de transferencia paralelas para aceptar la corriente que contiene polímero, cada una de las cuales se dispone según la invención. Por consiguiente, un aspecto adicional de la invención proporciona un proceso para calentar una corriente que contiene polímero que se transfiere desde un reactor de polimerización que está aumentando su tasa de producción hasta una zona de separación o dispositivo, que comprende a) pasar la corriente a través de un primer calentador o calentadores, comprendiendo cada uno una línea de transferencia para la corriente y medios para calentar la línea de transferencia, y aumentar el caudal de la corriente mientras se mantiene la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida de cada calentador al menos 10 °C, preferentemente al menos 20 °C y más preferentemente al menos 30 °C por encima del punto de rocío de la corriente, y la temperatura de la corriente en cualquier momento a lo largo de la longitud de cada línea de transferencia por debajo del punto de reblandecimiento del polímero, y luego

b) pasar parte de la corriente a través de un calentador adicional dispuesto en paralelo al primer calentador, comprendiendo también dicho calentador adicional una línea de transferencia para la corriente y medios para calentar la línea de transferencia mientras se mantiene la temperatura de la corriente que contiene polímero en la



salida de todos los calentadores por encima del punto de rocío de la corriente, y la temperatura de la corriente en cualquier momento a lo largo de la longitud de todas las líneas de transferencia por debajo del punto de reblandecimiento del polímero.

5 Un aspecto alternativo proporciona un proceso para calentar una corriente que contiene polímero que se transfiere desde un reactor de polimerización hasta una zona de separación o dispositivo, en el que parte de la corriente que contiene polímero se desvía a un calentador adicional comprendiendo también al menos una línea de transferencia para la corriente y medios para calentar la línea de transferencia ya sea cuando la caída de presión a través del primer calentador supera 50 %, preferentemente 70 % de la caída de presión total entre el reactor y la zona de separación o dispositivo, o cuando la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida del calentador disminuye por debajo de 30 °C por encima del punto de rocío temperatura de la corriente que contiene polímero. Es posible retardar el desvío de parte de la corriente a un calentador adicional hasta que la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida del calentador disminuya por debajo de 20 °C o incluso 10 °C por encima de la temperatura del punto de rocío de la corriente que contiene polímero.

15 Transfiriendo parte de la corriente que contiene polímero a un calentador adicional, el área superficial disponible para calentar aumenta inmediatamente por el área superficial del nuevo calentador, que permite un aumento en la cantidad total de calor aplicado a la corriente, y por tanto da como resultado un aumento en la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida del calentador. Así puede ser posible mantener la temperatura de salida de la corriente en su nivel deseado a pesar de un aumento en el flujo, que de otro modo podría hacer que disminuyera la temperatura.

20 Normalmente, el proceso anterior funciona cuando el reactor de polimerización está aumentando su tasa de producción, pero también se puede desencadenar por cambios tales como una reducción en la concentración de sólidos de la corriente que contiene polímero.

25 Un aspecto relacionado proporciona un proceso para calentar una corriente que contiene polímero que se transfiere desde un reactor de polimerización hasta una zona de separación o dispositivo, que comprende a) pasar la corriente a través de al menos dos calentadores dispuestos en paralelo y comprendiendo cada uno una línea de transferencia para la corriente y medios para calentar la línea de transferencia, preferentemente mientras se mantiene la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida de cada calentador por encima del punto de rocío de la corriente, y la temperatura de la corriente en cualquier momento a lo largo de la longitud de cada línea de transferencia por debajo del punto de reblandecimiento del polímero, y disminuir el caudal de la corriente hasta que la velocidad en la salida del calentador disminuya por debajo de 40 m/s o menos,

30 y entonces b) apagar uno de los calentadores y pasar la corriente solo a través del calentador o calentadores restantes.

35 En una realización alternativa, parte de la corriente se desvía a través de un calentador adicional dispuesto en paralelo con respecto al primer calentador si la velocidad en cualquier momento disminuye por debajo de la velocidad de entrada  $V_i$ , o alternativamente si la caída de presión a través de la línea de transferencia por unidad de longitud supera el máximo deseado (normalmente 0,2 bar/m, preferentemente 0,1 bar/m), comprendiendo también dicho calentador adicional una línea de transferencia para la corriente y medios para calentar la línea de transferencia. En esta realización, por tanto, la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida de todos los calentadores se mantiene preferentemente por encima del punto de rocío de la corriente, y la temperatura de la corriente en cualquier momento a lo largo de la longitud de todas las líneas de transferencia por debajo del punto de reblandecimiento del polímero.

40 En todos los aspectos anteriores que se refieren al funcionamiento de más de un calentador, se prefiere que todos los calentadores funcionen según los aspectos previamente descritos de la invención para un único calentador.

45 En dicha realización de calentadores en paralelo se puede requerir que no todas las líneas de transferencia estén en servicio en cualquier momento. En una realización adicional, el reactor de polimerización tiene una pluralidad de líneas de retirada, cada una de las cuales tiene su propia línea de transferencia. La invención también incluye dentro de su alcance el uso de dispositivos concentradores de sólidos individuales o en paralelo, siendo la disposición usual un dispositivo concentrador de sólidos situado aguas arriba de cada línea de transferencia.

50 En la realización de calentadores en paralelo, se prefiere que cuando estén funcionando al menos dos calentadores, la velocidad promedio de la corriente a través de cualquier sección transversal de cada línea de transferencia de calentadores se mantenga entre 2 y 100 m/s, lo más preferentemente entre 10 y 70 m/s.

Un aspecto adicional proporciona un proceso para calentar una corriente que contiene polímero que se transfiere desde un reactor de polimerización hasta una zona de separación o dispositivo, que comprende pasar la corriente a través de al menos dos calentadores que funcionan en paralelo, comprendiendo cada calentador al menos una línea

de transferencia para la corriente y medios para calentar la línea de transferencia, en el que la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida de todos los calentadores se mantiene por encima del punto de rocío de la corriente, y ningún calentador tiene un caudal volumétrico de corriente que contiene polímero superior a tres veces al de cualquier otro calentador.

- 5 Se puede monitorizar el rendimiento de cada línea de transferencia usando parámetros que incluyen: el caudal, la presión y la temperatura del vapor de agua en la camisa calefactora, el caudal y la temperatura del condensado que abandona la camisa calefactora, o la posición de la válvula de vapor de agua para medir la entrada de calor (servicio) a la corriente; la diferencia de presión a través del calentador y la salida de la válvula de presión del reactor para medir el flujo o la relación de flujo en cada línea de transferencia, la relación entre el flujo de vapor de agua y la temperatura de salida para cada calentador, el equilibrio de calor del reactor para calcular el flujo total en todos los calentadores, y la diferencia entre la temperatura del vapor en la salida del calentador y el punto de rocío de la corriente de proceso. Las caídas de presión a través de las líneas de transferencia de cada calentador son preferentemente esencialmente las mismas que en la realización de calentadores individuales como se ha descrito anteriormente.
- 10
- 15 Cuando funciona más de una línea de transferencia (calentador) en paralelo y cercana a la máxima capacidad, diferencias menores en la instalación y condiciones de funcionamiento de las líneas de transferencia y el equipo y las tuberías asociados aguas arriba y aguas abajo pueden dar como resultado que las líneas de transferencia tengan flujos desequilibrados de suspensión (cargas). Sin corrección del reparto de flujo, esto puede dar como resultado que las líneas de transferencia necesiten ser puestas en servicio o fuera de servicio más frecuentemente para mantener cada una dentro del correcto intervalo de funcionamiento. Para evitar esto, la carga de suspensión en cada línea de transferencia se puede equilibrar automáticamente determinando primero el flujo de suspensión a través de cada línea de transferencia, calculando entonces el flujo promedio a todas las líneas de transferencia, y aplicando luego una polarización a una válvula de control aguas arriba de cada línea de transferencia para ajustar la tasa de alimentación para llevar la carga de suspensión de cada línea de transferencia al menos próxima al valor promedio. Preferentemente, esto se lleva a cabo usando el flujo de vapor de agua a la camisa que rodea cada línea de transferencia (es decir, la cantidad de calentamiento aplicada a cada línea de transferencia) como medio para determinar el flujo de suspensión a través de cada línea de transferencia, puesto que el flujo de vapor de agua se controla para lograr la temperatura requerida en la salida de la línea de transferencia, y la temperatura de salida se determina por el flujo de suspensión a través de cada línea de transferencia. Entonces se calcula el promedio del flujo de vapor de agua a las líneas de transferencia y entonces se aplica una polarización a una válvula de control aguas arriba de cada línea de transferencia para ajustar la tasa de alimentación para mantener la carga de cada línea de transferencia, como se mide por el flujo de vapor de agua, entre 50 % y 150 %, preferentemente entre 90 % y 110 %, del valor promedio. Si algunos de los calentadores tienen capacidades diferentes, el valor promedio puede ser un promedio ponderado. La función de control primaria de las válvulas de alimentación a todas las líneas de transferencia es controlar la presión del reactor manipulando la alimentación global desde el reactor a cada línea de transferencia. Así, todas las válvulas de control funcionan en paralelo, abriéndose y cerrándose juntas, con el control de equilibrio superpuesto a esta acción para equilibrar la carga en las líneas de transferencia. En una realización alternativa, se usan una o más válvulas de salida en el reactor para controlar la presión, mientras que otras siguen en una posición fija que es igual, mientras que la carga de los calentadores se mantenga en aproximadamente el valor promedio. También es posible controlar la presión por medios distintos de la válvula de salida del reactor.
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40

La carga de suspensión en las líneas de transferencia se puede determinar alternativamente por otros medios descritos previamente, tales como flujo/velocidad o caída de presión. La alimentación global a las líneas de transferencia se puede controlar directamente a partir de la presión del reactor o por control de flujo.

- 45 Se debe poner en servicio un calentador fuera de línea disponible cuando el (los) indicador(es) elegido(s) del rendimiento del calentador indique(n) que al menos uno de los calentadores en línea está a 90 %, preferentemente 80 %, y lo más preferentemente 70 % o más de capacidad máxima. Con respecto a la definición de capacidad máxima, para un conjunto dado de condiciones del reactor de polimerización y condiciones de salida del calentador (presión, temperatura, composición de corriente y carga de sólidos), existe un límite por encima del cual el caudal másico en la salida del calentador no se puede aumentar adicionalmente mientras que todavía se mantiene la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida del calentador por encima del punto de rocío de la corriente, y la temperatura de la corriente en cualquier momento a lo largo de la longitud del calentador por debajo del punto de reblandecimiento del polímero. El límite puede ser debido a la limitación de la salida de válvula, limitación de potencia, mecánica, seguridad o cualquier otro motivo. Esto se considera la capacidad máxima. El caudal másico de salida se puede comparar con esta capacidad máxima para las mismas condiciones de reactor y condiciones de salida y se expresa como % de capacidad máxima.
- 50
- 55

Cuando dos o más calentadores funcionan en paralelo, uno de ellos debe ser apagado cuando al menos uno de ellos está operando a menos de 60 %, preferentemente menos de 40 % de capacidad máxima.

En tanto las realizaciones de calentador único como de calentadores múltiples en paralelo, el caudal de la corriente que contiene polímero retirada del reactor de polimerización se controla preferentemente usando una válvula de

control de presión o de flujo, lo más preferentemente situada entre un dispositivo concentrador de sólidos y la entrada del calentador de la línea de transferencia. La válvula de control se diseña para tener una caída de presión de entre 45 % y 90 %, lo más preferentemente 50 % y 80 %, de la caída de presión entre el reactor y la entrada con respecto al primer recipiente aguas abajo. La línea de transferencia calentada se diseña preferentemente para tener una caída de presión entre 5 % y 75 %, lo más preferentemente entre 10 y 35 %, de caída de presión entre el reactor y la entrada al recipiente de desgasificación. La relación entre la caída de presión a través de la válvula de control y la caída de presión a través del calentador es entre 0,8 y 10, lo más preferentemente entre 1 y 2.

La corriente que contiene polímero puede contener un componente vapor, así como un componente líquido. Normalmente, la fracción de vapor del componente fluido de la corriente que contiene polímero en la entrada del calentador varía desde 5 hasta 60 % en moles. En una realización preferida de la presente invención donde existe una válvula de control de presión o de flujo aguas arriba del calentador, y la fracción de vapor de la corriente en la entrada del calentador es entre 25 y 60 % en moles. La fracción de vapor del componente fluido de la corriente en la salida del calentador puede variar desde 70 hasta 100 % en moles, normalmente es 95-100 % en moles, lo más preferentemente superior a 99 % en moles.

La presente invención se puede aplicar a cualquier proceso de polimerización (por ejemplo, fase gaseosa, suspensión o solución) que contiene una corriente de polímero que se necesita calentar para volatilizar el líquido durante la despresurización.

Se conocen bien en la técnica procesos para la copolimerización de olefinas en la fase en suspensión. Dichos procesos se pueden realizar, por ejemplo, introduciendo el monómero y el comonómero en un tanque con agitación o reactor de bucle continuo que comprende poliolefina y un catalizador para la polimerización. El reactor normalmente se controla para lograr un índice de fusión y densidad deseados para el polímero a una producción y temperatura óptimos.

Los procesos de polimerización en suspensión del polietileno normalmente retiran el polímero del reactor de polimerización con cantidades significativas de hidrocarburos líquidos, y la presente invención es, por tanto, particularmente relevante para dichos procesos. La suspensión en dichos reactores normalmente comprende el polímero en partículas, el (los) diluyente(s) de hidrocarburo, (co)monómero(s), catalizador, terminadores de cadena tales como hidrógeno y otros aditivos de reactor. En particular, la suspensión comprenderá 20-75, preferentemente 30-70 por ciento en peso basado en el peso total de la suspensión de polímero en partículas y 80-25, preferentemente 70-30 por ciento en peso basado en el peso total de la suspensión de medio de suspensión, donde el medio de suspensión es la suma de todos los componentes fluidos en el reactor y comprende el diluyente, monómero de olefina y cualquier aditivo; el diluyente puede ser un diluyente inerte o puede ser un diluyente reactivo tal como un monómero de olefina líquido. Si el principal diluyente es un diluyente inerte, el monómero de olefina normalmente comprende 2-20 % en peso, más particularmente 4-10 % en peso de la suspensión. Sin embargo, cuando el monómero es propileno, puede comprender casi 100 % en peso de la suspensión.

La polimerización normalmente se lleva a cabo a temperaturas en el intervalo 50-125 °C y a presiones en el intervalo 1-100 bara. El catalizador usado puede ser cualquier catalizador normalmente usado para la polimerización de olefinas tal como óxido de cromo, Ziegler-Natta o catalizadores de tipo metaloceno. La suspensión de producto que comprende polímero y diluyente, y en la mayoría de los casos catalizador, monómero de olefina y comonómero se puede descargar intermitentemente o continuamente, opcionalmente usando dispositivos concentradores tales como hidrociclones o ramas de sedimentación para minimizar la cantidad de fluidos retirados con el polímero.

La presente invención se refiere particularmente a la polimerización en un reactor de bucle donde la suspensión circula en el reactor normalmente por medio de una bomba o agitador. Los reactores de bucle llenos de líquido son particularmente bien conocidos en la técnica y se describen, por ejemplo, en los documentos de patente US 3152872, US 3242150 y US 4613484. El reactor de bucle es de una construcción tubular continua que comprende al menos dos, por ejemplo cuatro, secciones verticales y al menos dos, por ejemplo cuatro, secciones horizontales. El calor de polimerización normalmente se retira usando intercambio indirecto con un medio refrigerante, preferentemente agua, en camisas que rodean al menos parte del reactor de bucle tubular. Puede variar el volumen del reactor de bucle, pero normalmente está en el intervalo 20 a 170 m<sup>3</sup>.

En plantas comerciales, el polímero en partículas se separa del diluyente de un modo tal que el diluyente no se exponga a contaminación para permitir la recirculación del diluyente a la zona de polimerización con purificación mínima, si la hay. La separación del polímero en partículas producido por el proceso de la presente invención a partir del diluyente normalmente puede ser por cualquier método conocido en la técnica, por ejemplo, puede implicar o bien (i) el uso de ramas de sedimentación verticales discontinuas de forma que el flujo de suspensión a través de su abertura proporcione una zona donde las partículas de polímero se pueden decantar de algún modo del diluyente o bien (ii) la retirada continua de producto mediante un puerto de retirada único o múltiples, pudiendo ser la localización en cualquier parte en el reactor de bucle, pero es normalmente adyacente al extremo aguas abajo de una sección horizontal del bucle. Como se ha tratado previamente, el funcionamiento de reactores de gran diámetro con altas concentraciones de sólidos en la suspensión minimiza la cantidad de diluyente principal retirada del bucle

de polimerización. El uso de dispositivos concentradores en la suspensión de polímero retirada tales como hidrociclones (hidrociclones individuales o en el caso de múltiples en paralelo o serie) potencia además la recuperación de diluyente de un modo energéticamente eficiente, puesto que se evita la reducción de presión significativa y la vaporización de diluyente recuperado.

- 5 La suspensión de polímero retirada, y preferentemente concentrada, se despresuriza normalmente antes de ser transferida mediante el calentador de la presente invención a un separador primario.

El diluyente y cualquier vapor de monómero recuperado en el separador primario se condensan normalmente, preferentemente sin recompresión, y se reutilizan en el proceso de polimerización. La presión del separador primario se controla normalmente para permitir la condensación con un medio de refrigeración fácilmente disponible (por ejemplo, de refrigeración) de esencialmente todo el vapor del separador antes de cualquier recompresión. La presión en dicho separador primario generalmente está en el intervalo 2-25 bara, más normalmente 5-20 bara y casi siempre 6-11 bara. El material sólido recuperado del separador primario se pasa normalmente a un evaporador secundario para retirar volátiles residuales. Alternativamente, la suspensión se puede pasar a un separador de presión más baja que el recipiente primario anteriormente mencionado de forma que se necesita recompresión para condensar el diluyente recuperado. Se prefiere el uso de un evaporador de alta presión.

Más específicamente, un ejemplo del tipo de proceso de polimerización para el que la invención es particularmente útil es la polimerización continua de olefinas, preferentemente alfa-mono-olefinas, en una zona de reacción, preferentemente un bucle cerrado tubular alargado. La(s) olefina(s) se añade(n) continuamente, y se ponen en contacto con, un catalizador en un diluyente de hidrocarburo. El (Los) monómero(s) polimerizan para formar una suspensión de polímero en partículas sólido suspenso en el medio o diluyente de polimerización. La tasa de retirada de producto de polímero se controla por una válvula aguas arriba del calentador de la invención.

La concentración de sólidos en la suspensión en el reactor normalmente será superior a 20 % en vol, preferentemente aproximadamente 30 % en volumen, por ejemplo 20-40 % en volumen, preferentemente 25-35 % en volumen donde % en volumen es  $[(\text{volumen total de la suspensión} - \text{volumen del medio de suspensión}) / (\text{volumen total de la suspensión})] \times 100$ . La concentración de sólidos medida como porcentaje en peso, que es equivalente a la medida como porcentaje en volumen, variará según el polímero producido, pero más particularmente según el diluyente usado. Si el polímero producido es polietileno y el diluyente es un alcano, por ejemplo isobutano, se prefiere que la concentración de sólidos sea superior a 30 % en peso, en particular superior a 40 % en peso, por ejemplo en el intervalo 40-60 % en peso, preferentemente 45-55 % en peso basado en el peso total de la suspensión. Los presentes inventores han encontrado que para altas cargas de sólidos, particularmente superiores a 40 % en peso, se puede mantener la fiable retirada de productos y el calentamiento entre el reactor de polimerización y el recipiente de desgasificación (como se demuestra por incrustación, variaciones de flujo y/o transferencia de calor) dentro de límites de funcionamiento aceptables por el uso del calentador de la invención.

Este tipo de proceso se puede llevar a cabo opcionalmente en un sistema de múltiples reactores. El segundo o cualquier reactor posterior del sistema de múltiples reactores puede ser otro reactor de bucle o cualquier reactor para la polimerización de olefinas, por ejemplo un reactor de lecho fluidizado. Sin embargo, normalmente el segundo o cualquier reactor posterior del sistema de múltiples reactores es otro reactor de bucle. Dichos sistemas de múltiples reactores se pueden usar para producir polímeros monomodales o multimodales, preferentemente multimodales.

En el caso de múltiples reactores en serie, un primer reactor de la serie se suministra con catalizador o prepolímero y opcionalmente el cocatalizador, además del diluyente y monómero, y cada reactor posterior se suministra con, al menos, monómero, en particular etileno, y surgiendo la suspensión de un reactor precedente de la serie, comprendiendo esta mezcla el catalizador y una mezcla de los polímeros producidos en un reactor precedente de la serie. Es posible suministrar un segundo reactor y/o, si es apropiado, al menos uno de los reactores posteriores con catalizador y/o cocatalizador nuevos. Sin embargo, es más común introducir el catalizador y el cocatalizador exclusivamente en un primer reactor.

En el caso en el que la planta comprenda al menos dos reactores en serie, el polímero de mayor índice de fusión y el polímero de menor índice de fusión se pueden producir en dos reactores adyacentes o no adyacentes en la serie. El hidrógeno se mantiene a (i) una concentración baja (o cero) en el (los) reactor(es) que fabrica(n) los componentes de alto peso molecular, por ejemplo porcentajes de hidrógeno que incluyen entre 0-0,1 % en vol y a (ii) una concentración muy alta en el (los) reactor(es) que fabrica(n) los componentes de bajo peso molecular, por ejemplo, porcentajes de hidrógeno entre 0,5-2,4 % en vol. Los reactores pueden funcionar igualmente para producir esencialmente el mismo índice de fusión de polímero en reactores sucesivos.

Cuando dichos sistemas de reactor producen polímeros de pesos moleculares inferiores a 50 kDáltones o superiores a 150 kDáltones, tiempo atrás se habían observado problemas particulares con la incrustación del reactor y la aglomeración en el calentador entre el reactor de polimerización y el recipiente de desgasificación. Estos problemas se pueden acentuar por altas concentraciones de sólidos de polímero en el calentador. Éste es otro problema que se

puede mejorar por el uso del calentador de la presente invención.

**Ejemplo 1**

5 En este ejemplo, un reactor de polimerización descarga una suspensión que contiene 50 % en peso de polietileno sólido con un diámetro de partículas promedio de 1,5 mm a una tasa de 60 toneladas/hora. La presión del reactor es 40 barg, y antes de entrar en el calentador la corriente que contiene polímero pasa a través de una válvula de control que permite reducir la presión hasta 16 barg. La composición del diluyente que lleva el polímero sólido es 91 % en moles de isobutano, 8 % en moles de etileno y 1 % en moles de hexeno. No se añade fluido adicional a la corriente.

10 La corriente pasa a un calentador en forma de una línea de transferencia que comprende cinco ramas verticales, cuyas porciones calentadas son cada una de 40 m de longitud, dando una longitud calentada total de 200 m (se ignora la longitud de los codos no calentados que conectan cada rama vertical). El diámetro de las dos primeras ramas (hasta 80 m, o 40 % de la longitud calentada total) es 76 mm, y el diámetro de las tres ramas finales (120 m, o 60 % de la longitud calentada total) es 102 mm. Así, la relación de los dos diámetros es 1,33.

Las condiciones dentro de la línea de transferencia se resumen en la Tabla 1 a continuación.

TABLA 1

% de longitud calentada	Longitud calentada (m)	Diámetro (mm)	Presión (kPa)	Fracción de vapor (kg/kg)	Flujo vol vapor (m <sup>3</sup> /h)	Flujo vol líquido (m <sup>3</sup> /h)	Flujo vol sólido (m <sup>3</sup> /h)	Velocidad m/s	Temp °C	Temp pared interna
0 - entrada L1	0	76	1692	0,17	125,7	53,9	31,9	12,3	79,2	97,3
20 - extremo L1	40	76	1509	0,37	297,8	40,9	31,9	21,5	77,4	95,9
20 - entrada L2	40	76	1484	0,38	312,5	40,1	31,9	22,3	76,7	94,5
40 - extremo L2	80	76	1418	0,54	463,5	29,5	31,9	30,5	76,5	97,6
40 - entrada L3	80	102	1431	0,54	453,7	29,9	31,9	17,5	76,9	98,3
60 - extremo L3	120	102	1319	0,75	685,4	15,9	31,9	24,9	75,0	97,9
60 - entrada L4	120	102	1302	0,76	702,5	15,4	31,9	25,5	74,4	97,0
80 - extremo L4	160	102	1226	0,96	940,7	2,7	31,9	33,2	73,5	96,8
80 - entrada L5	160	102	1199	0,97	974,6	2,0	31,9	34,3	72,7	97,0
100 - extremo L5	200	102	1020	1,00	1283,7	0,0	31,9	44,7	80,1	98,8

En la salida del calentador, el punto de rocío de la corriente es 69,8 °C.

- 5 A partir de los datos en la tabla anterior, puntos clave son la caída sustancial en la velocidad después del aumento en el diámetro a 80 m. De otro modo, la velocidad aumenta estacionariamente a lo largo del calentador a medida que la proporción de vapor aumenta hasta 100 % por la salida del calentador, y el flujo volumétrico de líquido disminuye correspondientemente hasta cero. Se puede observar que la velocidad promedio a 80 % a lo largo de la longitud calentada de la línea es al menos 33 m/s, y en la salida la temperatura del fluido (80,1 °C) es 10,3 °C por encima de su punto de rocío.

**Ejemplo 2 (comparativo)**

- 10 En este ejemplo, un reactor de polimerización descarga una suspensión que contiene 52 % en peso de polietileno sólido con un diámetro de partículas promedio de 1,5 mm a una tasa de 23 toneladas/hora. La presión del reactor es 40 barg, y antes de entrar en el calentador la corriente que contiene polímero pasa a través de una válvula de control que permite reducir la presión hasta 16 barg. La composición del diluyente que lleva el polímero sólido es 91 % en moles de isobutano, 8 % en moles de etileno y 1 % en moles de hexeno. No se añade fluido adicional a la corriente.

- 15 La corriente pasa a un calentador en forma de una línea de transferencia que comprende cinco ramas verticales, cuyas porciones calentadas son cada una de 40 m en longitud, dando una longitud calentada total de 200 m (se ignora la longitud de los codos no calentados que conectan cada rama vertical). El diámetro de las tres primeras ramas (hasta 120 m, o 60 % de la longitud calentada total) es 76 mm, y el diámetro de las dos últimas ramas (80 m, o 40 % de la longitud calentada total) es 152 mm. Así, la relación de los dos diámetros es 2.

Las condiciones dentro de la línea de transferencia se resumen en la Tabla 2 a continuación.

TABLA 2

% de longitud calentada	Longitud calentada (m)	Diámetro (mm)	Presión (kPa)	Fracción de vapor (kg/kg)	Flujo vol vapor (m <sup>3</sup> /h)	Flujo vol líquido (m <sup>3</sup> /h)	Flujo vol sólido (m <sup>3</sup> /h)	Velocidad m/s	Temp °C	Temp pared interna
0 - entrada L1	0	76	1509	0,00	0,0	23,2	12,8	2,1	61,9	96,1
20 - extremo L1	40	76	1313	0,18	66,9	18,9	12,8	5,7	67,1	95,9
20 - entrada L2	40	76	1311	0,19	67,4	18,9	12,8	5,8	67,0	95,2
40 - extremo L2	80	76	1389	0,36	119,7	15,0	12,8	8,6	73,4	95,7
40 - entrada L3	80	76	1386	0,37	120,6	14,9	12,8	8,6	73,3	94,5
60 - extremo L3	120	76	1300	0,67	229,5	7,8	12,8	14,5	73,6	94,0
60 - entrada L4	120	102	1304	0,66	228,1	7,9	12,8	3,7	73,7	100,4
80 - extremo L4	160	102	1339	0,91	300,1	2,1	12,8	4,7	77,0	105,2
80 - entrada L5	160	102	1338	0,91	300,4	2,1	12,8	4,7	77,0	105,4
100 - extremo L5	200	102	1307	1,00	348,4	0,0	12,8	5,4	82,0	105,8



En la salida del calentador, el punto de rocío de la corriente es 77,4 °C.

5 A partir de los datos en la tabla anterior, se puede observar que como en el Ejemplo 1 existe una caída sustancial en la velocidad después del aumento en el diámetro, que en este caso es a 120 m. Sin embargo, se puede observar que mientras que en el Ejemplo 1 las velocidades promedio más bajas son 12,3 m/s en la entrada del calentador y luego 17,5 m/s después de la expansión, en este ejemplo la velocidad promedio es significativamente más baja que estos valores, de hecho inferiores a 10 m/s, a lo largo de toda la longitud completa del calentador. En particular, la velocidad promedio a 80 % a lo largo de la longitud calentada de la línea es solo 4,7m/s, que es inferior a aquella a 20 % a lo largo de la longitud calentada. En la salida del calentador, la temperatura del fluido es 82,0 °C, que es solo 4,6 °C por encima de su punto de rocío, mientras que la temperatura de la pared interna es 105,8 °C, en comparación con 98,8 °C en el Ejemplo 1.

10

La consecuencia práctica de estas cifras es que debido a las velocidades más bajas y la mayor temperatura de la pared, el riesgo de incrustación en este ejemplo es significativamente superior a en el Ejemplo 1.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Proceso de calentamiento de una corriente de suspensión que contiene polímero que se transfiere desde un reactor de polimerización hasta una zona de separación o dispositivo, que comprende pasar la corriente a través de un calentador que comprende al menos una línea de transferencia para la corriente y medios para calentar la línea de transferencia, en el que el tamaño de partículas promedio del polímero sólido es inferior a 3 mm, el caudal másico de la corriente que contiene polímero que sale del calentador es no superior a 15 % superior al caudal másico que sale del reactor, la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero ya sea en un punto 80 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia medido desde la entrada de la línea de transferencia, o en la salida de la línea de transferencia, es al menos 6 m/s, preferentemente al menos 8 m/s y más preferentemente al menos 10 m/s, y la caída de presión a través de la línea de transferencia por unidad de longitud es entre 0,0125 bar/m y 0,1 bar/m, preferentemente entre 0,0125 bar/m y 0,04 bar/m.
- 10 2. Proceso según la reivindicación 1, en el que la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero a 80 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia medido desde la entrada de la línea de transferencia es igual o superior a su velocidad promedio a 20 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia.
- 15 3. Proceso según la reivindicación 1 o 2, en el que el tamaño de partículas promedio del polímero sólido es inferior a 2 mm, preferentemente inferior a 1 mm.
4. Proceso según cualquier reivindicación precedente, en el que el caudal másico de la corriente que contiene polímero que sale del calentador es sustancialmente el mismo que el caudal másico que sale del reactor.
- 20 5. Proceso según cualquier reivindicación precedente, en el que la relación de la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero a 80 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia con respecto a su velocidad promedio a 20 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia es mayor que 1,1, y preferentemente mayor que 1,3.
- 25 6. Proceso según cualquier reivindicación precedente, en el que la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero a 60 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia medido desde la entrada de la línea de transferencia es igual o superior a su velocidad promedio a 20 % a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia.
- 30 7. Proceso según cualquier reivindicación precedente, en el que la relación del diámetro de la línea de transferencia 80 % a lo largo de su longitud calentada,  $D_{80}$ , con respecto al diámetro 20 % a lo largo de su longitud calentada,  $D_{20}$ , es mayor que 1, preferentemente mayor que 1,2 y más preferentemente mayor que 1,3.
8. Proceso según cualquier reivindicación precedente, en el que la temperatura de la superficie interna de la línea de transferencia desde 50 % hasta 100 % a lo largo de su longitud calentada, y preferentemente a lo largo de toda su longitud calentada, se mantiene por debajo del punto de reblandecimiento del polímero.
- 35 9. Proceso según cualquier reivindicación precedente, en el que la entrada de calor a la corriente que contiene polímero se ajusta cambiando la temperatura del medio calefactor en contacto con la superficie externa, y/o cambiando el tamaño del área calentada de la línea de transferencia.