

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 199**

51 Int. Cl.:

B01J 19/24 (2006.01)

C08F 6/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.04.2009 PCT/EP2009/054438**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.10.2009 WO09127643**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2009 E 09732325 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **28.09.2022 EP 2276561**

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 modificada:

14.12.2022

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

DESCRIPCIÓN

Transferencia de corriente de polímero

La presente invención se refiere a un aparato 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 un comonómero de olefina, habitualmente en presencia de un catalizador y/o un diluyente. El polímero se extrae del reactor de polimerización junto con los reactivos e hidrocarburos inertes. Se necesita recuperar los reactivos e hidrocarburos por motivos económicos, de seguridad y medioambientales, y en la técnica se conocen muchos procedimientos para lograr esto. Estos procedimientos implican generalmente despresurizar y desvolatilizar la corriente que contiene polímero tras haberse extraído del reactor de polimerización. El requisito de volatilización es el más grande en procedimientos en los que se extrae polímero del reactor con altos contenidos en hidrocarburos líquidos libres o absorbidos. Estos son normalmente procedimientos que producen polímeros con una fase amorfa o componente de baja densidad significativa en los que la absorción de hidrocarburo es alta, y/o procedimientos en los que el polímero se produce en presencia de hidrocarburos líquidos (reactivos o inertes).

10 La capacidad máxima de una planta a escala comercial ha aumentado de manera constante a lo largo de los años, y a medida que han aumentado las tasas de producción también ha aumentado significativamente el posible impacto sobre el coste de la falta de fiabilidad en cualquier parte del procedimiento, teniendo un impacto no sólo sobre la propia unidad de polímero sino también sobre unidades aguas arriba y aguas abajo. Al mismo tiempo, la experiencia operativa creciente ha conducido al funcionamiento con concentraciones (cargas) en sólidos cada vez más altas del polímero extraído de reactores. El aumento de las concentraciones en sólidos en unidades de polimerización en suspensión se ha logrado normalmente con velocidades de circulación aumentadas logradas, por ejemplo, mediante requisitos de potencia de reactor superiores tal como se ilustra por los documentos EP 432555 y EP 891990. Este aumento de las cargas de sólidos es deseable ya que aumenta el tiempo de residencia del reactor para un volumen de reactor fijo y también reduce los requisitos de tratamiento con diluyente aguas abajo y de recirculación. Sin embargo, la transferencia del producto a altas cargas de sólidos es más problemática y se requieren prácticas cuidadosas de diseño y funcionamiento para evitar problemas de bloqueo y ensuciamiento de polímero que no se habrían experimentado a cargas de sólidos inferiores.

15 Durante el, y como resultado del, procedimiento de despresurizar y desvolatilizar la corriente de polímero extraída del reactor de polimerización, se reduce la temperatura del polímero. Se sabe bien que el procedimiento de desvolatilizar y desorber el polímero se potencia significativamente manteniendo el polímero a una temperatura lo más alta posible. Por tanto, en procedimientos en suspensión habitualmente se calienta la línea de transferencia entre el reactor de polimerización y el recipiente de despresurización (desgasificación) para la corriente de polímero. Como ejemplo de un procedimiento típico, en los documentos WO 04/ 031245 y WO 05/044871 la línea de salida de un reactor de polimerización en bucle comprende una línea de evaporación instantánea que contiene la suspensión extraída, rodeada por un conducto al que se proporciona un fluido calentado tal como vapor de agua a baja presión con el fin de proporcionar un calentamiento indirecto a la suspensión. Sin embargo también se conoce bien que la pegajosidad del polímero que está transfiriéndose, y su propensión a aglomerarse y/o ensuciar líneas de transferencia y recipientes, aumentan generalmente al aumentar la temperatura y disminuir la velocidad, y los problemas de ensuciamiento o aglomeración están volviéndose más significativos con las cargas de sólidos crecientes en el sistema de transferencia que está usándose ahora tal como se mencionó anteriormente. Como resultado, se requiere un diseño cuidadoso de la línea de transferencia desde el reactor de polimerización con el fin de lograr un calentamiento suficiente para ayudar a dicha desvolatilización sin correr el riesgo de ensuciamiento o aglomeración del polímero sólido.

20 La desvolatilización de la corriente de polímero provoca que la fase líquida de la corriente se vaporice, dando como resultado un aumento del volumen en la línea de transferencia y un consiguiente aumento de la velocidad de corriente. Sin embargo, si la velocidad se vuelve demasiado alta puede superar la velocidad sónica (la velocidad del sonido en el medio), conduciendo a la alteración del flujo. Por otro lado, si la velocidad inicial es demasiado baja existe un riesgo aumentado de ensuciamiento o aglomeración del polímero sólido tal como se mencionó anteriormente.

25 Una consideración adicional es que en plantas grandes la línea de transferencia tiene que ser muy larga con el fin de permitir que tenga lugar un calentamiento suficiente, y la longitud puede ser lo suficientemente grande como para tener un impacto sobre la planificación espacial de la planta. Esto puede crear una variedad de problemas tales como espacio ocupado del hardware en la planta, y control de las condiciones dentro de la línea. Con frecuencia es necesario calentar una proporción significativa de la longitud de la línea de transferencia para cumplir los requisitos de introducción de calor. Por tanto, se apreciará que garantizar que la corriente de polímero llegue al recipiente de desgasificación a la temperatura y presión deseadas y con un mínimo de ensuciamiento/aglomeración es un desafío técnico significativo.

El documento GB 2157701A da a conocer un procedimiento en el que se descarga una suspensión de polímero desde una zona de alta presión hasta una zona de baja presión a través de tuberías están rodeadas por varios

calentadores, y que pueden aumentar de diámetro en la dirección del flujo. Velocidades de entrada típicas para la suspensión son de 3-20 m/s, y velocidades de salida típicas son de 14-150 m/s. El flujo de la suspensión se controla ajustando la caída de presión por las tuberías, añadiendo diluyente adicional y vaporizándolo y opcionalmente también cambiando el número de calentadores en funcionamiento para ajustar la cantidad de vapor. No se menciona nada sobre el ensuciamiento o ninguno de los problemas asociados. El documento US-A-4 126 743 da a conocer una suspensión de polímero calentada en un tubo de calentamiento que está dividido en una primera y una segunda zona de calentamiento.

La presente invención pretende optimizar el calentamiento del polímero durante su transferencia desde el reactor hasta el recipiente de desgasificación y al mismo tiempo minimizar el riesgo de ensuciamiento y mantener una transferencia de producto fiable, mediante una construcción particular de la línea de transferencia entre el reactor de polimerización y el recipiente de desgasificación para la corriente de polímero. Se ha encontrado que esto puede realizarse sin añadir diluyente u otros hidrocarburos adicionales en la corriente que contiene polímero.

Por consiguiente, en un primer aspecto la invención proporciona un procedimiento para calentar una corriente que contiene polímero que está transfiriéndose desde un reactor de polimerización hasta un dispositivo o zona de separación, que comprende hacer 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 el tamaño de partícula promedio del polímero es inferior a 1 mm, 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 una velocidad de flujo volumétrico de corriente que contiene polímero más de tres veces la de cualquier otro calentador.

En un aspecto alternativo, la invención proporciona un procedimiento para calentar una corriente que contiene polímero que está transfiriéndose desde un reactor de polimerización hasta un dispositivo o zona de separación, que comprende hacer 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 partícula promedio del polímero es inferior a 1 mm, y parte de la corriente que contiene polímero se desvía a un calentador adicional que también comprende al menos una línea de transferencia para la corriente y medios para calentar la línea de transferencia, o bien cuando la caída de presión a través del primer calentador supera el 50%, preferiblemente el 70% de la caída de presión total entre el reactor y el dispositivo o zona de separación, o bien cuando la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida de calentador disminuye hasta menos de 30°C por encima de la temperatura de punto de rocío de la corriente que contiene polímero. El calentador adicional está funcionando evidentemente en paralelo al primer calentador. Es posible retrasar desviar parte de la corriente a un calentador adicional hasta que la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida de calentador disminuye hasta menos de 20°C o incluso 10°C por encima de la temperatura de punto de rocío de la corriente que contiene polímero.

Transfiriendo parte de la corriente que contiene polímero a un calentador adicional, se aumenta inmediatamente el área de superficie disponible para calentar mediante el área de superficie del nuevo calentador, lo cual permite un aumento de la cantidad total de calor aplicado a la corriente, y por tanto da como resultado un aumento de la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida de calentador. Por tanto, puede ser posible mantener la temperatura de salida de la corriente a su nivel deseado a pesar de un aumento del flujo, que de lo contrario provocaría que disminuyera la temperatura.

Habitualmente, el procedimiento anterior funciona cuando el reactor de polimerización está aumentando su tasa de producción, pero también puede desencadenarse por otros cambios tales como una reducción de la concentración de sólidos de la corriente que contiene polímero.

En una realización alternativa, parte de la corriente se desvía a través de un calentador adicional dispuesto en paralelo al primer calentador si la velocidad en cualquier punto 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 (habitualmente 0,2 bar/m, preferiblemente 0,1 bar/m), comprendiendo también dicho calentador adicional una línea de transferencia para la corriente y medios para calentar la línea de transferencia. También en esta realización, la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida de todos los calentadores se mantiene preferiblemente por encima del punto de rocío de la corriente, y la temperatura de la corriente en cualquier punto a lo largo de la longitud de todas las líneas de transferencia por debajo del punto de reblandecimiento del polímero.

Un aspecto adicional de la invención proporciona un procedimiento para calentar una corriente que contiene polímero que está transfiriéndose desde un reactor de polimerización hasta un dispositivo o zona de separación en el que el tamaño de partícula promedio del polímero es inferior a 1 mm, que comprende

a) hacer pasar la corriente a través de al menos dos calentadores dispuestos en paralelo y que comprenden cada uno una línea de transferencia para la corriente y medios para calentar la línea de transferencia, preferiblemente al tiempo que 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 punto a lo largo de la longitud de cada línea de transferencia por debajo del punto de reblandecimiento del polímero, y disminuir la velocidad de

flujo de la corriente hasta que la velocidad en la salida del calentador disminuye por debajo de 30 m/s, preferiblemente por debajo de 40 m/s,

y después b) apagar uno de los calentadores y hacer pasar la corriente únicamente a través del calentador o los calentadores restantes.

5 Puede no requerirse que todas las líneas de transferencia estén en funcionamiento en un momento cualquiera. En una realización de la invención, el reactor de polimerización tiene una pluralidad de líneas de extracción, cada una de las cuales tiene su propia línea de transferencia. La invención también incluye dentro de su alcance el uso de dispositivos de concentración de sólidos individuales o en paralelo, siendo la disposición habitual un dispositivo de concentración de sólidos ubicado aguas arriba de cada línea de transferencia.

10 Se prefiere que cuando están funcionando al menos dos calentadores, la velocidad de corriente promedio a través de cualquier sección transversal de la línea de transferencia de cada calentador se mantenga entre 2 y 100 m/s, lo más preferiblemente entre 10 y 70 m/s.

15 Generalmente se prefiere que las condiciones en todos los calentadores que están en uso en un momento cualquiera cumplan determinados requisitos. Por tanto, se pretende que las referencias a continuación a las condiciones en un calentador o línea de transferencia particular se refieran a todos los calentadores en uso en un momento cualquiera.

20 Se prefiere que, además de que el tamaño de partícula promedio del polímero sólido sea de menos de 1 mm, la velocidad de flujo másico total de la corriente que contiene polímero que sale de todos los calentadores no sea más del 15% mayor que la velocidad de flujo másico que sale del reactor, y la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero o bien en un punto al 80% a lo largo de la longitud de la parte calentada de cada línea de transferencia medida desde la entrada de línea de transferencia, o bien en la salida de línea de transferencia, sea de al menos 6 m/s, preferiblemente al menos 8 m/s y más preferiblemente al menos 10 m/s.

25 La velocidad mínima al 80% a lo largo de la longitud de la parte calentada de cada línea de transferencia se requiere con el fin de reducir el riesgo de ensuciamiento. Generalmente si la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero al 80% a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia es superior a 6 m/s, también será superior a 6 m/s en la salida de línea de transferencia (en la que se mide de manera más conveniente). Sin embargo la invención también abarca 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.

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

35 Se apreciará que la corriente que contiene polímero pasa a través de alguna forma de tubería en todo momento desde el momento que sale del reactor de polimerización hasta que entra en el recipiente de desgasificación. Para los fines de esta invención, se considera que el calentador comprende la porción de tubería desde el comienzo 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" tal como se usa a continuación en el presente documento incluye dentro de su alcance la posibilidad de varias secciones calentadas conectadas en serie. Se considera que la salida del calentador (o línea de transferencia del calentador) está al final de la sección calentada de la línea, y se considera que la entrada del calentador está al principio de la sección calentada de la línea, en la que la sección calentada de la línea incorpora las secciones calentadas individuales o múltiples secciones calentadas en serie. En el caso en el que la línea consiste en varias secciones calentadas diferenciadas, una o más de estas secciones pueden estar separadas por una válvula de control de presión. Por "línea" quiere decirse cualquier forma de conducto adecuado 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.

40 Cuando se tiene en cuenta la construcción del calentador descrito a continuación, se considera que la longitud L es la longitud total desde la entrada del calentador hasta la salida del calentador, excluye cualquier sección no calentada. Por tanto en el caso en el que un calentador comprende varias secciones calentadas unidas por secciones no calentadas, la longitud L del calentador es la longitud total de las secciones tanto calentadas como no calentadas, mientras que la longitud de la "parte calentada de la línea de transferencia" es la longitud únicamente de las secciones calentadas. Por tanto, el 20% a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia es el 20% a lo largo de la longitud total únicamente de las secciones calentadas, tal como se mide desde el principio de la primera sección calentada.

55 La velocidad de la corriente que contiene polímero se define como la velocidad de flujo volumétrico de la corriente que contiene polímero dividida entre la sección transversal del trayecto de flujo de corriente.

Por "velocidad promedio" quiere decirse la velocidad promedio medida a lo largo de 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 introducción de corriente que contiene polímero en la línea de transferencia es discontinua, dado que la corriente se descarga en primer lugar a partir del reactor al interior de patas de sedimentación, que a su vez descargan al interior de la línea de transferencia únicamente cuando están llenas. Aunque la introducción al interior de la línea de transferencia puede suavizarse usando cualquier número de patas de sedimentación que se llenan y descargan en secuencia, la velocidad de flujo y por tanto la velocidad de corriente en la línea de transferencia no es constante. También puede producirse variación de la velocidad de flujo en la descarga continua cuando la válvula que controla la descarga se mueve periódicamente con el fin de prevenir la acumulación de polímero y el posible ensuciamiento. Por tanto, es importante considerar una velocidad promedio a lo largo de un periodo de tiempo en vez de la velocidad en un momento cualquiera.

La velocidad de flujo volumétrico es la suma de 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 sea apropiado, basándose en propiedades de equilibrio termodinámico que requieren habitualmente un balance térmico, 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. Dado que el gradiente de presión a través de una tubería también es una función de la fracción de vapor y de propiedades físicas (también lo son la presión y temperatura), el flujo másico, la transferencia de calor y el equilibrio termodinámico pueden resolverse conjuntamente. Las ecuaciones básicas para establecer el gradiente de presión en el flujo trifásico de vapor-líquido-polímero son la conservación de momento y las ecuaciones de energía.

La velocidad promedio de la corriente que contiene polímero al 80% a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia medida desde la entrada de línea de transferencia es de al menos 20 m/s, preferiblemente al menos 30 m/s.

Se prefiere que la suma de las velocidades de flujo másico de la corriente que contiene polímero que sale de todos los calentadores no sea más del 5% mayor que la velocidad de flujo másico que sale del reactor, y más preferiblemente es igual o inferior a la que sale del reactor. Dicho de otro modo, se prefiere que no se añada fluido adicional a la corriente que contiene polímero entre la salida del reactor y la salida de los calentadores.

En una realización de la invención, la velocidad de flujo másico de la corriente que contiene polímero varía en menos del 20% (basándose en la velocidad de flujo máxima) a lo largo de cualquier periodo de 1 hora; esto es compatible con el flujo continuo al interior de la línea de transferencia, debido a la descarga continua a partir del reactor de polimerización. En una realización alternativa, la velocidad de flujo másico varía en más del 20% (basándose en la velocidad de flujo máxima), de manera compatible con la descarga discontinua a partir 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 de la velocidad a lo largo de la línea. Hay requisitos en conflicto que deben cumplirse cuando se diseña la línea de transferencia con el fin de garantizar una transferencia de calor y transferencia de polímero eficaces y fiables. Mientras que velocidades altas potencian la transferencia de calor y generalmente minimizan el ensuciamiento, también conducen a altas caídas de presión a lo largo de la línea. Por tanto, resulta importante poder optimizar la longitud y el diámetro de línea de transferencia al tiempo que 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.

De la manera más habitual, se produce ensuciamiento 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 determinada temperatura de pared, ya no puede existir líquido en contacto con la superficie de metal, y la superficie de pared queda rodeada por una película de vapor estable que reduce el coeficiente de transferencia de calor (flujo de película). Esto comienza normalmente dentro del primer 20% de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia. Sin embargo, a valores de diferencia de temperatura cada vez más altos, la transferencia de calor por radiación a través de la película de vapor se vuelve significativa y el flujo de calor comienza a aumentar de nuevo. A medida que la fracción de vapor continúa aumentando, se produce flujo de niebla: el líquido se dispersa en gotitas dentro de una fase de vapor continua lo cual tiene un impacto sobre el coeficiente de transferencia de calor. El régimen de flujo de niebla comienza habitualmente después del 60% de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia, lo más habitualmente entre 60 y el 80% a lo largo de la longitud. Por tanto según la invención, resulta habitual que la velocidad promedio en la región de flujo de niebla sea igual o superior a la de la región de flujo de película. Preferiblemente la velocidad promedio en cualquier punto en la región de flujo de niebla es de al menos 4 m/s, más preferiblemente al menos 6 m/s, o incluso al menos 10 m/s. Cuando se ha evaporado casi todo el líquido, se produce un régimen de convección puro.

Preferiblemente la razón de la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero al 80% a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia con respecto a su velocidad promedio al 20% a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia es de al menos 1,1, y más preferiblemente al menos 1,3.

También se prefiere que la razón de la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero en la entrada de la parte calentada de la línea de transferencia, V_i , con respecto a su velocidad promedio en la salida de la parte calentada de la línea de transferencia, V_o , sea superior a 1,1, y más preferiblemente superior a 1,3. Valores típicos para V_i son de 2-20 m/s, y valores típicos para V_o son de 5-80 m/s. Se prefiere que la velocidad promedio en la entrada V_i sea de al menos 2 m/s, preferiblemente al menos 5 m/s y más preferiblemente al menos 8 m/s. También es deseable mantener la velocidad por debajo de la velocidad sónica. Por consiguiente se prefiere que la velocidad promedio en la salida V_o sea de menos de 80 m/s, preferiblemente menos de 70 m/s. Normalmente V_o/V_i es de al menos 1,1, más habitualmente entre 1,2 y 15, preferiblemente entre 1,4 y 10, lo más preferiblemente entre 1,5 y 4.

Con respecto al tamaño de partícula promedio del polímero sólido en la corriente que contiene polímero, el tamaño de partícula promedio se define como el tamaño al que se recoge el 50% en peso de las partículas usando granulometría de tamizado según la norma ASTM D-1921, partícula (análisis por tamiz) de materiales plásticos, método A. El contenido en 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 en sólidos, no sólo se reduce la cantidad relativa de líquido que se requiere calentar y/o evaporar, sino que además el polímero sólido en la entrada puede estar más caliente que la temperatura de salida de la corriente, y por tanto transporta una cantidad significativa de calor al interior de la línea de transferencia. Es importante que el tamaño de partícula promedio del polímero sólido sea inferior a 1 mm porque cuanto más pequeño es el tamaño de partícula promedio, más rápido es el intercambio de calor entre las partículas sólidas y el fluido circundante. A medida que disminuye la presión en la línea de transferencia y se vaporiza el fluido circundante, se enfría, mientras que las partículas sólidas permanecen calientes. Por tanto, es deseable transferir el calor de las partículas al fluido circundante lo más rápidamente posible. Cuando el tamaño de partícula promedio es de menos de 1 mm, la transferencia de calor es lo suficientemente rápida como para que el sólido y fluido tengan aproximadamente la misma temperatura, y puede considerarse razonablemente que el sólido está en equilibrio térmico con la masa de fluido.

El tamaño de partícula promedio del polímero sólido sea de menos de 1 mm. El tamaño de partícula promedio puede ser incluso inferior, tal como de 800 μm o incluso 600 μm .

Se prefiere que la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida de la línea de transferencia esté por encima del punto de rocío de la corriente. Preferiblemente, la temperatura de la corriente que contiene polímero a la salida del calentador está 5-80°C, lo más preferiblemente 10-40°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, en la que el punto de reblandecimiento del polímero se define como la temperatura de reblandecimiento de Vicat según la norma ASTM D1525, ISO 306 bajo una carga de 10 N. Esta es la temperatura a la que una aguja aplanada penetra en una muestra del polímero hasta una profundidad de 1 mm bajo una carga de 10 N. La temperatura refleja el punto de reblandecimiento que se prevé cuando se usa un material en una aplicación a temperatura elevada. Una probeta, que tiene entre 3 mm y 6,5 mm de grosor y al menos 10 mm de anchura y longitud, se coloca en el aparato de ensayo (por ejemplo un sistema ROSAND ASP 6 HDT/VICAT) de modo que la aguja de penetración, que tiene un área en sección transversal en su punta de 1 mm², descansa sobre la superficie de la muestra a al menos 1 mm desde el borde. Se aplica una carga de 10 N a la muestra. Después se baja la muestra en un baño de aceite a 23°C. Se aumenta el baño a una tasa de 50°C por hora hasta que la aguja penetra 1 mm; la temperatura a la que se produce esto es la temperatura de reblandecimiento de Vicat.

Habitualmente se transfiere calor 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 exterior de la línea. Por tanto, la introducción de calor a la corriente se ajusta habitualmente cambiando la temperatura de la superficie interna de la línea de transferencia. Esto se realiza habitualmente cambiando la temperatura del medio de calentamiento en contacto con la superficie exterior. Adicional o alternativamente, la introducción de calor a la corriente puede ajustarse cambiando el tamaño de la zona calentada de la línea de transferencia. Por ejemplo, si la línea de transferencia consiste en varias secciones calentadas diferenciadas, la introducción de calor global en la corriente puede controlarse parcialmente ajustando la temperatura de las secciones calentadas individuales, o cambiando el número de secciones calentadas, es decir, activando o desactivando la introducción de calor para una o más de las secciones calentadas. En una realización, la introducción de calor global para la corriente se ajusta cambiando únicamente la temperatura de la superficie interna de la línea de transferencia en la porción de desde el 60% hasta el 100% de su longitud calentada, o incluso únicamente en la porción de desde el 80% hasta el 100% de su longitud calentada. También es posible que pueda emplearse una combinación de lo anterior, es decir 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 de desde el 50% hasta el 100% a lo largo de su longitud calentada se mantenga por debajo del punto de reblandecimiento del polímero: más preferiblemente, 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.

Manteniendo la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida de 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 la totalidad del líquido en la corriente está vaporizado en el momento en el que la corriente alcanza la salida del calentador, pero al mismo tiempo se minimiza el riesgo de ensuciamiento. En el caso en el que el calentador está posicionado entre un reactor de polimerización y un recipiente de desgasificación, la temperatura de la superficie interna de la línea de transferencia puede mantenerse por encima de la temperatura del reactor. Para un polímero que tiene una densidad de 935-945 kg/m³ la temperatura de pared de lado de procedimiento se controla normalmente entre 75 y 130°C, preferiblemente entre 85 y 105°C. Para un polímero que tiene una densidad de 955-965 kg/m³ la temperatura de pared de lado de procedimiento se controla normalmente entre 80 y 135°C, preferiblemente entre 95 y 110°C.

La corriente que contiene polímero se extrae preferiblemente de un reactor de polimerización antes de la entrada en cada línea de transferencia, y por tanto cada entrada de línea de transferencia está unida directamente al reactor de polimerización. También se prefiere que la salida de la línea de transferencia esté conectada directamente a un recipiente de separación o recogida de polvo que se mantiene preferiblemente a una presión tal que la mayor parte del vapor recuperado puede condensarse y recuperarse sin necesidad de una nueva compresión. Este recipiente está habitualmente aguas arriba del tratamiento de polímero final y la extrusión o aguas arriba de un reactor de polimerización adicional. La corriente puede extraerse de manera continua del reactor de polimerización, y puede contener o no polímero activo.

La caída de presión a través de la línea de transferencia por unidad de longitud es preferiblemente de entre 0,01 bar/m y 0,2 bar/m, preferiblemente entre 0,0125 bar/m y 0,1 bar/m, lo más preferiblemente entre 0,0125 bar/m y 0,04 bar/m. La presión típica en la entrada de calentador, P_i , es de 5-30 bara, preferiblemente 10-25 bara. La presión en la salida P_o es normalmente de 1,5-20 bara, preferiblemente 7-11 bara.

En el caso en el que la línea de transferencia está posicionada entre un reactor de polimerización y un recipiente de desgasificación, la caída de presión en la línea de transferencia es normalmente de entre el 5% y el 50%, preferiblemente entre el 10 y el 35%, de la caída de presión total entre el reactor de polimerización y la entrada en el recipiente de desgasificación.

En una realización preferida del procedimiento de la invención, en el caso en el que el calentador está posicionado entre un reactor de polimerización y un recipiente de desgasificación, la corriente que contiene polímero se calienta de tal manera que al menos el 90% en moles, preferiblemente al menos el 98% en moles y de la manera más óptima el 100% en moles de los fluidos de hidrocarburo extraídos del funcionamiento del reactor de polimerización se vaporizan antes de la entrada en el recipiente de desgasificación. El recipiente de desgasificación funciona preferiblemente a una presión superior a 2 bara, lo más preferiblemente entre 6 bara y 12 bara, al tiempo que se mantiene una caída de presión a través de la longitud del calentador de menos de 0,5 bar por tonelada/hora de producción de polímero, lo más preferiblemente entre 0,1 bar por te/h y 0,3 bar por te/h. Se ha encontrado que esta baja caída de presión optimizada por unidad de producción puede hacerse funcionar de manera fiable incluso a altas cargas de sólidos en la entrada en el calentador. Se prefiere que el contenido en sólidos de la corriente que contiene polímero sea de entre el 35% en peso y el 70% en peso, lo más preferiblemente entre el 50% en peso y el 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 en más del 15%, preferiblemente no más del 5%, en cualquier periodo de 30 segundos. Una manera en la que puede lograrse esto es usando una extracción continua en vez de discontinua a partir del reactor de polimerización. Tal funcionamiento con alta carga de sólidos en combinación con el calentador con diámetro en expansión permite minimizar la caída de presión del calentador.

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

Se ha encontrado que aumentar el diámetro de la línea de transferencia a lo largo de su longitud permite adaptar un mayor intervalo de corriente que contiene polímero velocidades de flujo por el calentador. Un diámetro relativamente pequeño en la entrada permite una velocidad relativamente alta incluso a bajas velocidades de flujo, reduciendo el riesgo de ensuciamiento; mientras que un diámetro relativamente mayor en la salida puede evitar el riesgo de que la velocidad supere la velocidad sónica incluso a altas velocidades de flujo. Tener un intervalo de capacidades de este tipo es particularmente valioso durante operaciones de arranque y parada. Con el fin de reducir el riesgo de bloqueos aguas abajo también se prefiere que el diámetro de salida D_o de la línea de transferencia sea menor 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, en el que la salida y la entrada de la línea de transferencia se definen tal como se definió anteriormente.

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

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

Se prefiere que la razón de la longitud L de la línea de transferencia con respecto a su diámetro interno promedio, D_{prom} , L/D_{prom} , sea de desde 500 hasta 10000, preferiblemente desde 1500 hasta 3500, y más preferiblemente desde 2000 hasta 3000. Si la línea de transferencia está construida a partir de varias secciones cada una de diferentes diámetros, D_{prom} es el diámetro interno promedio de esas secciones ponderado según la longitud de cada sección; alternativamente puede calcularse haciendo referencia al volumen interno total v de la línea, en el que $v = (\pi D_{prom}^2 \cdot L)/4$.

Si la línea de transferencia aumenta de diámetro a lo largo de su longitud, se prefiere que el aumento se produzca en etapas diferenciadas en lugar de manera continua, teniendo porciones intermedias de la línea de transferencia un diámetro constante. Normalmente hay uno, dos o tres aumentos de diámetro a lo largo de la longitud de la tubería, habitualmente creados por una pieza de conexión cónica entre las dos secciones de diámetro diferente. Se prefiere que la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero inmediatamente después de un aumento de diámetro de la línea de transferencia sea superior a la velocidad en la entrada de línea de transferencia V_i .

Se prefiere que una o la totalidad de las secciones de la línea sean generalmente verticales en lugar de montarse horizontalmente, ya que esto reduce el riesgo de sedimentación y por tanto de ensuciamiento, así como garantiza que la línea tiene un espacio ocupado más pequeño en la planta: en una configuración de este tipo, la primera sección de la línea tiene preferiblemente su entrada en la parte inferior de tal manera que el flujo inicial de material a través de la línea de transferencia es ascendente. Se prefiere que menos del 20%, lo más preferiblemente menos del 10% de la longitud de la línea de transferencia sea horizontal, y de manera óptima la línea se construye sustancialmente sin secciones horizontales. En una realización al menos la entrada y la salida de la línea de transferencia calentada están orientadas verticalmente de tal manera que el flujo de entrada a través de la línea es ascendente y el flujo de salida desde la línea es descendente. En una realización de la invención, la línea de transferencia comprende una serie de secciones conectadas por curvas (codos), que tienen normalmente forma de U de tal manera que la línea da la vuelta sobre sí misma una o más veces. La ventaja de esta configuración es que hace que la línea de transferencia sea más compacta en la planta. Las secciones entre los codos son habitualmente rectas. Las curvas pueden calentarse como el resto de la línea, pero habitualmente (con el fin de simplificar la construcción del calentador) no se calientan. También se prefiere generalmente que cualquier expansión de diámetro de la línea se produzca en una sección no calentada de la línea; por tanto secciones de la línea pueden tener diámetros diferentes produciéndose el aumento de diámetro en uno o más de los codos, preferiblemente en la salida del codo de tal manera que la velocidad se reduce en la salida del codo en vez de en su entrada, y lo más preferiblemente en la salida de un codo en la parte superior de una sección calentada verticalmente. El diseño de las secciones de expansión y las curvas en la línea de transferencia es clave para un funcionamiento fiable sin ensuciamiento. El número de secciones verticales u horizontales entre codos que constituyen la línea de transferencia total puede ser de desde 2 hasta 10, aunque resulta más habitual de 3 a 7 secciones.

Los codos de la línea de transferencia pueden tener diversos grados de curvatura. El radio de la curva definida por el codo puede expresarse como múltiplo del diámetro D de la línea en ese punto. Los codos tienen normalmente radios de entre 3D y 30D, siendo lo más preferido 5D-20D para garantizar un funcionamiento fiable sin ensuciamiento al tiempo que también se minimiza el espacio ocupado de la línea. Tal como se mencionó anteriormente, los codos tienen preferiblemente forma de U, aunque no se excluyen opciones alternativas tales como codos en forma de L que permiten un trayecto de flujo suave. Evidentemente, una línea de transferencia formada en secciones puede emplear una mezcla de los tipos anteriores de codo, o de hecho codos con otros ángulos tales como 60° o 120°.

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

Se prefiere que la entrada de calentador esté aproximadamente a la misma elevación que la salida del reactor de polimerización al que está unido, preferiblemente la línea de transferencia desde el reactor de polimerización hasta la entrada de calentador es esencialmente horizontal.

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

- Los medios para calentar la línea de transferencia comprenden habitualmente una camisa que rodea la línea. La camisa de 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 cual se hace pasar un fluido de calentamiento. El fluido de calentamiento usado más habitualmente es vapor de agua. Se ha encontrado que pueden optimizarse las condiciones de la mejor manera usando vapor de agua desrecalentado como medio de calentamiento, particularmente en el que la temperatura de saturación máxima es de 0-30°C, y preferiblemente no superior a 10°C, por debajo del punto de reblandecimiento del polímero que está calentándose. Independientemente de la forma que adopte, la camisa o bien puede proporcionar la misma introducción de calor a lo largo de toda la longitud de la línea de transferencia, o bien puede proporcionar calentamiento diferencial en diferentes partes de la línea. También es posible que porciones de la línea (tales como curvas) no estén calentadas, tal como se comentó anteriormente. Se ha encontrado que la introducción de calor óptima a lo largo de la longitud de la línea de transferencia se logra con un diseño tal que la temperatura del medio de calentamiento (o la temperatura de pared interna de la línea) es mayor en la entrada de la línea que en su salida. Por consiguiente, a medida que aumenta la fracción de vapor en la corriente que contiene polímero a medida que pasa a lo largo de la línea, se prefiere que disminuya la temperatura de medio de calentamiento (o la temperatura de pared interna de la línea). Esto puede realizarse de una manera graduada de manera continua, o en varias etapas diferenciadas por medio de secciones de temperatura diferente. Sin embargo, lo más preferido es una camisa que funciona a diferentes temperaturas en diferentes partes de la línea, teniendo habitualmente suministros independientes del medio de calentamiento para cada sección en la que se requiere una temperatura diferente.
- En una realización preferida de la invención, la línea de transferencia se calienta mediante una tubería concéntrica usando vapor de agua como medio de calentamiento. La temperatura de salida de la línea de transferencia se controla preferiblemente usando la velocidad de flujo de vapor de agua: para una temperatura de vapor de agua dada esto tiene el beneficio de permitir el control de la temperatura de pared de línea de transferencia, para garantizar una temperatura inferior a velocidades de flujo de corriente de polímero bajas y una temperatura superior a velocidades de flujo superiores cuando las velocidades son superiores.
- Una manera de aumentar adicionalmente la temperatura de la propia corriente que contiene polímero en la salida de línea de transferencia (además de aumentar la introducción de energía al calentador) es aumentar el contenido en sólidos de la corriente. Esto puede realizarse aumentando el contenido en sólidos de la corriente extraída del reactor de polimerización y/o usando un dispositivo de concentración de sólidos aguas arriba de la línea de transferencia. Los sólidos pueden portar más calor que los componentes líquidos o gaseosos de la corriente, requiriendo así una introducción inferior a partir de la línea de transferencia calentador con el fin de lograr la temperatura deseada.
- El uso, aguas arriba de la línea de transferencia, de un dispositivo de concentración de sólidos con una purga de diluyente aguas arriba (tal como se describe en la patente EP1118624 del presente solicitante) es una realización preferida de la presente invención, y permite minimizar la concentración de monómero en la línea de transferencia, reduciendo así el riesgo de ensuciamiento.
- Se prefiere que la tubería pueda separarse fácilmente separable a lo largo de la longitud del calentador para facilitar la limpieza. Preferiblemente la tubería presenta bridas a intervalos de 5-15 m. En el caso en el que se realiza calentamiento usando una camisa que contiene un fluido de calentamiento, se prefiere que el fluido de calentamiento no cubra ninguna brida.
- Con el fin de maximizar la transferencia de calor al interior de la corriente que contiene polímero, la tubería se fabrica preferiblemente de un material que tiene una conductividad térmica superior a $30 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, preferiblemente superior a $40 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. La tubería es normalmente continua, aunque se prefiere una tubería soldada con costura cuando se requiere una alta transferencia de calor.
- Se prefiere que la totalidad de la corriente que contiene polímero que sale del reactor de polimerización se haga pasar a través de una única línea de transferencia, particularmente en el arranque. Una línea de transferencia de este tipo puede alimentarse por una o más líneas de extracción a partir del reactor. La corriente extraída del reactor puede concentrarse, preferiblemente por medios gravitacionales o centrífugos, lo más preferiblemente usando un hidrociclón, antes de pasar a través de la línea de transferencia.
- El rendimiento de cada línea de transferencia puede monitorizarse usando parámetros incluyendo: la velocidad de flujo, presión y temperatura del vapor de agua al interior de la camisa de calentamiento, la velocidad de flujo y temperatura del condensado que sale de la camisa de calentamiento, o la posición de la válvula de vapor de agua para medir la introducción de calor (capacidad) en la corriente; la diferencia de presión a través del calentador y la salida de válvula de presión de reactor para medir el flujo o la razón de flujo al interior de cada línea de transferencia, la relación entre el flujo de vapor de agua y la temperatura de salida para cada calentador, el balance térmico del reactor para calcular el flujo total al interior de todos los calentadores, y la diferencia entre la temperatura de vapor en la salida de calentador y el punto de rocío de la corriente de procedimiento. Preferiblemente las caídas de presión a través de las líneas de transferencia de cada calentador son esencialmente las mismas.
- Cuando se hace funcionar más de una línea de transferencia (calentador) en paralelo y cerca de la capacidad máxima, diferencias menores en la instalación y condiciones de funcionamiento de las líneas de transferencia y

equipos y tuberías asociados aguas arriba y aguas abajo pueden dar como resultado que las líneas de transferencia tengan flujos de suspensión (cargas) desequilibrados. Sin corrección del reparto de flujo, esto puede dar como resultado que las líneas de transferencia necesiten ponerse en servicio o retirarse del servicio con mayor frecuencia con el fin mantener cada una dentro del intervalo de funcionamiento correcto. Para evitar esto, la carga de suspensión en cada línea de transferencia puede equilibrarse automáticamente determinando en primer lugar el flujo de suspensión a través de cada línea de transferencia, después calculando el flujo promedio hacia todas las líneas de transferencia, y después aplicando una desviación a una válvula de control aguas arriba de cada línea de transferencia para ajustar la tasa de alimentación con el fin de llevar la carga de suspensión de cada línea de transferencia al menos cerca del valor promedio. Preferiblemente esto se logra usando el flujo de vapor de agua hacia 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, dado 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 está determinada por el flujo de suspensión a través de cada línea de transferencia. Después se calcula el promedio del flujo de vapor de agua hacia las líneas de transferencia y después se aplica una desviación a una válvula de control aguas arriba de cada línea de transferencia para ajustar la tasa de alimentación con el fin de mantener la carga de cada línea de transferencia, según se mide mediante el flujo de vapor de agua, a entre el 50% y el 150%, preferiblemente entre el 90% y el 110%, del valor promedio. Si algunos de los calentadores tienen capacidades diferentes, el valor promedio puede ser un promedio ponderado. La función de control principal de las válvulas de alimentación a todas las líneas de transferencia es controlar la presión de reactor manipulando la alimentación global desde el reactor hasta cada línea de transferencia. Por tanto todas las válvulas de control funcionan en paralelo, abriéndose y cerrándose en conjunto, con el control de equilibrado superpuesto sobre 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 permanecen en una posición establecida que no se cambia siempre que la carga de los calentadores se mantenga aproximadamente al valor promedio. También es posible controlar la presión por medios distintos de la válvula de salida del reactor.

La carga de suspensión en las líneas de transferencia puede determinarse alternativamente mediante otros medios descritos anteriormente, tales como flujo/velocidad o caída de presión. La alimentación global a las líneas de transferencia puede controlarse directamente a partir de la presión de reactor o mediante control de flujo.

Un calentador fuera de línea disponible debe ponerse en servicio cuando el/los indicador(es) elegido(s) del rendimiento de calentador indican que al menos uno de los calentadores en línea está al 90%, preferiblemente al 80%, y lo más preferiblemente al 70% o más de la capacidad máxima. Con respecto a la definición de la capacidad máxima, para un conjunto dado de condiciones de reactor de polimerización y condiciones de salida de calentador (presión, temperatura, corriente composición y carga de sólidos), existe un límite por encima del cual la velocidad de flujo másico en la salida de calentador no puede aumentarse adicionalmente al tiempo 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 punto a lo largo de la longitud del calentador por debajo del punto de reblandecimiento del polímero. El límite puede deberse a motivos de limitación de salida de válvula, de limitación de potencia, mecánicos, de seguridad o cualquier otro. Esto se considera la capacidad máxima. Puede compararse la velocidad de flujo másico de salida con esta capacidad máxima para las mismas condiciones de reactor y condiciones de salida y expresarse como % de la capacidad máxima.

Cuando dos o más calentadores están funcionando en paralelo, se prefiere que uno de ellos se apague cuando al menos uno de ellos está funcionando a menos del 60%, preferiblemente menos del 40% de la capacidad máxima.

En realizaciones tanto de calentadores individuales como de múltiples calentadores en paralelo, la velocidad de flujo de la corriente que contiene polímero extraída a partir del reactor de polimerización se controla preferiblemente usando una válvula de control de presión o de flujo, lo más preferiblemente ubicada entre un dispositivo de concentración de sólidos y la entrada de línea de transferencia. La válvula de control está diseñada para tener una caída de presión de entre el 45% y el 90%, lo más preferiblemente el 50% y el 80%, de la caída de presión entre el reactor y la entrada al primer recipiente aguas abajo. La línea de transferencia calentada está diseñada preferiblemente para tener una caída de presión de entre el 5% y el 75%, lo más preferiblemente entre 10 y el 35%, de la caída de presión entre el reactor y la entrada al recipiente de desgasificación. La razón de la caída de presión a través de la válvula de control con respecto a la caída de presión a través del calentador es de entre 0,8 y 10, lo más preferiblemente entre 1 y 2.

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

Esta invención puede ser aplicable a cualquier procedimiento de polimerización (por ejemplo, en fase de gas, suspensión o disolución) que contiene una corriente de polímero que se necesita calentar para volatilizar líquido durante la despresurización.

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

10 Los procedimientos de polimerización en suspensión de polietileno extraen normalmente polímero a partir del reactor de polimerización con cantidades significativas de hidrocarburos líquidos, y por tanto la presente invención es particularmente relevante para tales procedimientos. La suspensión en tales reactores comprende normalmente el polímero particulado, el/los diluyente(s) de hidrocarburo(s), (co)monómero(s), catalizador, terminadores de cadena tales como hidrógeno y otros aditivos de reactor. En particular, la suspensión comprenderá el 20-75, preferiblemente el 30-70 por ciento en peso basándose en el peso total de la suspensión de polímero particulado y el 80-25, preferiblemente el 70-30 por ciento en peso basándose en el peso total de la suspensión de medio de suspensión, en la que el medio de suspensión es la suma de todos los componentes de fluido 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. Cuando el diluyente principal es un diluyente inerte, el monómero de olefina comprende normalmente el 2-20% en peso, más particularmente el 4-10% en peso de la suspensión. Sin embargo, cuando el monómero es propileno, puede comprender casi el 100% en peso de la suspensión.

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

Esta invención se refiere particularmente a la polimerización en un reactor de bucle en el que la suspensión se hace circular en el reactor normalmente por medio de una bomba o un agitador. En la técnica se conocen particularmente bien reactores de bucle completo de líquido y se describen, por ejemplo, en los documentos US 3152872, US 3242150 y US 4613484. El reactor de bucle tiene 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 se retira normalmente usando intercambio indirecto con un medio de enfriamiento, preferiblemente agua, en camisas que rodean al menos parte del reactor de bucle tubular. El volumen del reactor de bucle puede variar, pero está normalmente en el intervalo de 20 a 170 m³.

En plantas comerciales, el polímero particulado se separa del diluyente de tal manera que el diluyente no se expone a contaminación para permitir recircular el diluyente a la zona de polimerización con purificación mínima, si es que hay purificación. La separación del polímero particulado producido mediante el procedimiento de la presente invención a partir del diluyente puede realizarse normalmente mediante cualquier método conocido en la técnica, por ejemplo puede implicar o bien (i) el uso de patas de sedimentación verticales discontinuas de tal manera que el flujo de suspensión a través de la abertura de las mismas proporciona una zona en la que las partículas de polímero pueden sedimentarse hasta cierto punto a partir del diluyente o bien (ii) extracción de producto continua mediante un único o múltiples orificios de extracción, cuya ubicación puede ser en cualquier parte en el reactor de bucle pero que es habitualmente adyacente al extremo aguas abajo de una sección horizontal del bucle. Tal como se comentó anteriormente, el funcionamiento de reactores de gran diámetro con altas concentraciones de sólidos en la suspensión minimiza la cantidad del diluyente principal extraído a partir del bucle de polimerización. El uso de dispositivos de concentración en la suspensión de suspensión extraída tales como hidrociclones (individuales o, en el caso de múltiples hidrociclones, en paralelo o en serie) potencia adicionalmente la recuperación de diluyente de una manera energéticamente eficiente dado que se evita una reducción de presión significativa y vaporización del diluyente recuperado.

La suspensión de polímero extraída, y preferiblemente concentrada, se despresuriza habitualmente antes de transferirse a través del calentador de la presente invención a un recipiente de evaporación instantánea primario.

Normalmente se condensan los vapores de diluyente y cualquier monómero recuperados en el recipiente de evaporación instantánea primario, preferiblemente sin recompresión, y vuelven a usarse en el procedimiento de polimerización. La presión del recipiente de evaporación instantánea primario se controla habitualmente para permitir la condensación con un medio de enfriamiento fácilmente disponible (por ejemplo agua de enfriamiento) de esencialmente la totalidad del vapor instantáneo antes de cualquier recompresión. La presión en dicho recipiente de evaporación instantánea primario está generalmente en el intervalo de 2-25 bara, más normalmente de 5-20 bara y lo más frecuentemente de 6-11 bara. El material sólido recuperado a partir del recipiente de evaporación instantánea

primario se hace pasar habitualmente a un recipiente de evaporación instantánea secundario para retirar compuestos volátiles residuales. Alternativamente la suspensión puede hacerse pasar a un recipiente de evaporación instantánea de presión inferior a la del recipiente primario mencionado anteriormente de tal manera que se necesita recompresión para condensar el diluyente recuperado. Se prefiere el uso de un recipiente de evaporación instantánea de alta presión.

Más específicamente, un ejemplo del tipo de procedimiento de polimerización para el que es particularmente útil la invención es la polimerización continua de olefinas, preferiblemente alfa-mono-olefinas, en una zona de reacción, preferiblemente un bucle cerrado tubular alargado. La(s) olefina(s) se añade(n) continuamente a, y se pone(n) en contacto con, un catalizador en un diluyente de hidrocarburo. El/los monómero(s) se polimeriza(n) para formar una suspensión de polímero particulado sólido en suspensión en el diluyente o medio de polimerización. La tasa de extracción de producto de polímero se controla mediante una válvula aguas arriba del calentador de la invención.

La concentración de sólidos en la suspensión en el reactor estará normalmente por encima del 20% en volumen, de manera preferible aproximadamente el 30% en volumen, por ejemplo el 20-40% en volumen, preferiblemente el 25-35% en volumen en la que el % 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. Cuando el polímero producido es polietileno y el diluyente es un alcano, por ejemplo isobutano, se prefiere que la concentración de sólidos esté por encima del 30% en peso, en particular por encima del 40% en peso, por ejemplo en el intervalo del 40-60% en peso, preferiblemente el 45-55% en peso basándose en el peso total de la suspensión. Se ha encontrado que para altas cargas de sólidos, particularmente por encima del 40% en peso, puede mantenerse una extracción de producto y calentamiento fiables entre el reactor de polimerización y el recipiente de desgasificación (tal como se demuestra por el ensuciamiento, variaciones de flujo y/o transferencia de calor) dentro de límites de funcionamiento aceptables mediante el uso del calentador de la invención.

Este tipo de procedimiento puede llevarse 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, habitualmente el segundo o cualquier reactor posterior del sistema de múltiples reactores es otro reactor de bucle. Tales sistemas de múltiples reactores pueden usarse para producir polímeros monomodales o multimodales, preferiblemente multimodales.

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

En el caso en el que la planta comprende al menos dos reactores en serie, el polímero de índice de fusión más alto y el polímero de índice de fusión más bajo pueden producirse en dos reactores adyacentes o no adyacentes en la serie. Se mantiene hidrógeno (i) a una baja concentración (o nula) en el/los reactor(es) que produce(n) los componentes de alto peso molecular, por ejemplo porcentajes de hidrógeno que incluyen entre el 0-0,1% en volumen y (ii) a una concentración muy alta en el/los reactor(es) que produce(n) los componentes de bajo peso molecular, por ejemplo porcentajes de hidrógeno de entre el 0,5-2,4% en volumen. Los reactores pueden hacerse funcionar de igual manera para producir esencialmente el mismo índice de fusión de polímero en reactores sucesivos.

Cuando tales sistemas de reactores producen polímeros con pesos moleculares de menos de 50 kDalton o superiores a 150 kDalton, en el pasado se han observado problemas particulares con el ensuciamiento de reactor y aglomeración en el calentador entre el reactor de polimerización y el recipiente de desgasificación. Estos problemas pueden acentuarse por altas concentraciones de sólidos de polímero en el calentador. Este es otro problema que puede mejorarse mediante el uso del calentador de la presente invención.

EJEMPLO 1 (comparativo)

En este ejemplo un reactor de polimerización descarga una suspensión que contiene el 50% en peso de polietileno sólido con un diámetro de partícula promedio de 1,5 mm a una tasa de 35 toneladas/hora. La presión de reactor es de 39 barg, y antes de entrar en el calentador la corriente que contiene polímero pasa a través de una válvula de control que deja que la presión disminuya hasta 24,3 barg. La composición del diluyente que porta el polímero sólido es del 91% en moles de isobutano, el 8% en moles de etileno y el 1% en moles de hexeno. No se añade ningún fluido adicional a la corriente.

La corriente pasa al interior de un calentador en forma de una línea de transferencia que comprende cinco patas verticales, cuyas porciones calentadas tienen cada una 80 m de longitud, teniendo una longitud total calentada de 400 m (se ignora la longitud de los codos no calentados que conectan cada pata vertical). El diámetro de las dos primeras patas (hasta 160 m, o el 40% de la longitud total calentada) es de 76 mm, y el diámetro de las tres últimas patas (240 m, o el 60% de la longitud total calentada) es de 95 mm. Por tanto la razón de los dos diámetros es de 1,25.

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 (m³/h)	Flujo vol., líquido (m³/h)	Flujo vol., sólido (m³/h)	Velocidad m/s	Temp. °C	Temp. de pared interna
0 - entrada L1	0	76	2526	0,00	0	74	37	6,8	75,6	102,6
20 - final L1	80	76	1809	0,10	78	69	37	11,2	80,5	109,5
20 - entrada L2	80	76	1786	0,10	86	68	37	11,6	80,1	108,2
40 - final L2	160	76	1928	0,16	118	66	37	13,4	85,8	108,7
40 - entrada L3	160	95	1931	0,16	117	66	37	8,6	85,9	109,6
60 - final L3	240	95	1646	0,45	383	42	37	18,0	82,7	108,0
60 - entrada L4	240	95	1631	0,46	392	42	37	18,4	82,3	104,5
80 - final L4	320	95	1591	0,71	616	22	37	26,3	83,5	104,8
80 - entrada L5	320	95	1565	0,72	637	21	37	27,1	82,8	103,3
100 - final L5	400	95	1044	1,00	1457	0	37	58,2	80,3	102,8

En la salida del calentador, el punto de rocío de la corriente es de 65,8°C.

A partir de los datos de la tabla anterior, debe observarse la disminución sustancial de la velocidad tras el aumento de diámetro a 160 m. Por lo demás, la velocidad aumenta de manera constante a lo largo del calentador a medida que la proporción de vapor aumenta hasta el 100% en la salida del calentador, y el flujo volumétrico de líquido disminuye de manera correspondiente hasta cero. Puede observarse que la velocidad promedio al 80% a lo largo de la longitud calentada de la línea es de al menos 26,3 m/s, y en la salida la temperatura del fluido (80,3°C) está 14,5°C por encima de su punto de rocío.

En este ejemplo, puede observarse que la presión en la salida del calentador es de 10,44 MPa (aproximadamente 9 barg), y por tanto la caída de presión a través de la longitud total calentada (25,3 - 10 = 15,3 bar) representa el 53% de la caída de presión total entre el reactor y el final de la longitud calentada (39 - 10 = 29 bar). La tasa de caída de presión a lo largo de la longitud calentada es de 0,038 bar/m. La razón entre la velocidad al 80% de la longitud calentada y aquella al 20% de la longitud calentada es de 2,4.

EJEMPLO 2 (comparativo)

Este ejemplo es equivalente al ejemplo 1, excepto porque se emplean dos calentadores en paralelo. Un reactor de polimerización descarga una suspensión que contiene el 50% en peso de polietileno sólido con un diámetro de partícula promedio de 1,5 mm a una tasa de 35 toneladas/hora. La presión de reactor es de 39 barg, y antes de entrar en el calentador la corriente que contiene polímero pasa a través de una válvula de control que deja que la presión disminuya hasta 16 barg. La composición del diluyente que porta el polímero sólido es del 91% en moles de isobutano, el 8% en moles de etileno y 1 mol% hexeno. No se añade ningún fluido adicional a la corriente.

Se divide la corriente en dos flujos iguales, cada uno de los cuales pasa al interior de un calentador en forma de una línea de transferencia que comprende cinco patas verticales, cuyas porciones calentadas tienen cada una 80 m de longitud, teniendo una longitud total calentada de 400 m (se ignora la longitud de los codos no calentados que conectan cada pata vertical). El diámetro de las dos primeras patas (hasta 160 m, o el 40% de la longitud total calentada) es de 76 mm, y el diámetro de las tres últimas patas (240 m, o el 60% de la longitud total calentada) es de 95 mm. Por tanto la razón de los dos diámetros es de 1,25.

Las condiciones dentro de cada línea de transferencia se resumen en la tabla 2 a continuación, las condiciones en las dos líneas son teóricamente idénticas.

TABLA 2

% de longitud calentada	Longitud calentada (m)	Diámetro (mm)	Presión (kPa)	Fracción de vapor (kg/kg)	Flujo vol., vapor (m³/h)	Flujo vol., líquido (m³/h)	Flujo vol., sólido (m³/h)	Velocidad m/s	Temp. °C	Temp. de pared interna
0 - entrada L1	0	76	1629	0,07	32	35	19	5,2	73,7	107,1
20 - final L1	80	76	1338	0,31	169	25	19	13,0	70,8	105,5

20 - entrada L2	80	76	1330	0,31	172	25	19	13,1	70,5	104,6
40 - final L2	160	76	1399	0,44	224	21	19	16,0	74,8	104,9
40 - entrada L3	160	95	1402	0,44	223	21	19	10,2	74,8	106,5
60 - final L3	240	95	1248	0,71	402	11	19	16,8	72,1	105,8
60 - entrada L4	240	95	1239	0,71	407	11	19	17,0	71,8	105,5
80 - final L4	320	95	1208	0,93	542	3	19	22,0	72,6	105,7
80 - entrada L5	320	95	1196	0,94	551	2	19	22,3	72,1	106,0
100 - final L5	400	95	1010	1,00	758	0	19	30,3	80,1	107,6

En la salida del calentador, el punto de rocío de la corriente es de 65,3°C.

- 5 A partir de los datos de la tabla anterior, puede observarse que, al igual que en el ejemplo 1, hay una disminución sustancial de la velocidad tras el aumento de diámetro, que en este caso es a 160 m, y de nuevo la velocidad aumenta de manera constante a lo largo del calentador a medida que la proporción de vapor aumenta hasta el 100% en la salida de cada calentador, y el flujo volumétrico de líquido disminuye de manera correspondiente hasta cero. Puede observarse que la velocidad promedio al 80% a lo largo de la longitud calentada de la línea es de 22 m/s, y en la salida la temperatura del fluido (80,1°C) está 15,8°C por encima de su punto de rocío.
- 10 Sin embargo, en este ejemplo, dado que el flujo se ha dividido en dos, la presión en la entrada de la sección calentada es de tan sólo 16,29 MPa (aproximadamente 15 barg), mientras que en la salida del calentador es de 10,44 MPa (aproximadamente 9 barg), y por tanto la caída de presión a través de la longitud total calentada es de tan sólo aproximadamente 6 bar, lo cual representa únicamente el 22% de la caída de presión total de 29 bar entre el reactor y el final de la longitud calentada. La tasa de caída de presión a lo largo de la longitud calentada es mucho menor a 0,016 bar/m, y la razón entre la velocidad al 80% de la longitud calentada y aquella al 20% de la longitud calentada es de 1,5.
- 15 La ventaja de conmutar a dos calentadores en paralelo como en el ejemplo 2 es que las condiciones de funcionamiento en el ejemplo 2 están mucho más alejadas de los límites prácticos de funcionamiento en cuanto a la velocidad de fluido y la caída de presión. Esto reduce el riesgo de ensuciamiento, reblandecimiento y temperatura excesivamente baja en la salida de calentador.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para calentar una corriente que contiene polímero que está transfiriéndose desde un reactor de polimerización hasta un dispositivo o zona de separación, que comprende hacer 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 el tamaño de partícula promedio del polímero es menor de 1 mm, 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 una velocidad de flujo volumétrico de corriente que contiene polímero más de tres veces la de cualquier otro calentador.
2. Procedimiento para calentar una corriente que contiene polímero que está transfiriéndose desde un reactor de polimerización hasta un dispositivo o zona de separación, que comprende hacer 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 partícula promedio del polímero es menor de 1 mm, y parte de la corriente que contiene polímero se desvía a un calentador adicional que se hace funcionar en paralelo al primer calentador que también comprende al menos una línea de transferencia para la corriente y medios para calentar la línea de transferencia, o bien cuando la caída de presión a través del primer calentador supera el 50%, preferiblemente el 70% de la caída de presión total entre el reactor y el dispositivo o zona de separación, o bien cuando la temperatura de la corriente que contiene polímero en la salida de calentador disminuye hasta menos de 10°C, preferiblemente menos de 20°C y más preferiblemente menos de 30°C por encima de la temperatura de punto de rocío de la corriente que contiene polímero.
3. Procedimiento para calentar una corriente que contiene polímero que está transfiriéndose desde un reactor de polimerización hasta un dispositivo o zona de separación en el que el tamaño de partícula promedio del polímero es menor de 1 mm, que comprende a) hacer pasar la corriente a través de al menos dos calentadores dispuestos en paralelo y que comprenden cada uno una línea de transferencia para la corriente y medios para calentar la línea de transferencia, al tiempo que 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 punto a lo largo de la longitud de cada línea de transferencia por debajo del punto de reblandecimiento del polímero, y disminuir la velocidad de flujo de la corriente hasta que la velocidad en la salida del calentador disminuye por debajo de 40 m/s, y después b) apagar uno de los calentadores y hacer pasar la corriente únicamente a través del calentador o los calentadores restantes.
4. Procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que en el caso en el que están funcionando al menos dos calentadores, la velocidad de corriente promedio a través de cualquier sección transversal de la línea de transferencia de cada calentador se mantiene entre 2 y 100 m/s, preferiblemente entre 10 y 70 m/s.
5. Procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que en el caso en el que están funcionando al menos dos calentadores, la velocidad de flujo de suspensión en cada línea de transferencia se mantiene a entre el 50% y el 150%, preferiblemente entre el 90% y el 110%, del valor promedio de las velocidades de flujo en todos los calentadores en uso.
6. Procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que el tamaño de partícula promedio del polímero sólido es de menos de 3 mm, la velocidad de flujo másico combinada de las corrientes que contienen polímero que salen de todo el calentador es no más del 15% mayor que la velocidad de flujo másico que sale del reactor, y la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero o bien en un punto al 80% a lo largo de la longitud de la parte calentada de cada línea de transferencia en uso medida desde la entrada de línea de transferencia, o bien en la salida de línea de transferencia, es de al menos 6 m/s, preferiblemente al menos 8 m/s y más preferiblemente al menos 10 m/s.
7. Procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero al 80% a lo largo de la longitud de la parte calentada de cada línea de transferencia en uso, medida desde la entrada de línea de transferencia, es igual o superior a su velocidad promedio al 20% a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia.
8. Procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que la suma de las velocidades de flujo másico de las corrientes que contienen polímero que salen de todos los calentadores es sustancialmente la misma que la velocidad de flujo másico que sale del reactor.
9. Procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que la razón de la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero al 80% a lo largo de la longitud de la parte calentada de cada línea de transferencia en uso con respecto a su velocidad promedio al 20% a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia es superior a 1,1, y preferiblemente superior a 1,3.
10. Procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que la velocidad promedio de la corriente que contiene polímero al 60% a lo largo de la longitud de la parte calentada de cada línea de transferencia en uso medida desde la entrada de línea de transferencia es igual o superior a su velocidad promedio al 20% a lo largo de la longitud de la parte calentada de la línea de transferencia.

11. Procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que la razón del diámetro de cada línea de transferencia al 80% a lo largo de su longitud calentada, D_{80} , con respecto al diámetro al 20% a lo largo de su longitud calentada, D_{20} , es superior a 1, preferiblemente superior a 1,2 y más preferiblemente superior a 1,3.
- 5 12. Procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que la temperatura de la superficie interna de cada línea de transferencia desde el 50% hasta el 100% a lo largo de su longitud calentada, y preferiblemente a lo largo de la totalidad de su longitud calentada, se mantiene por debajo del punto de reblandecimiento del polímero.
13. Procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que la introducción de calor a la corriente que contiene polímero se ajusta cambiando la temperatura del medio de calentamiento en contacto con la superficie exterior, y/o cambiando el tamaño de la zona calentada de la línea de transferencia.
- 10 14. Procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que la caída de presión a través de cada línea de transferencia en uso por unidad de longitud es de entre 0,01 bar/m y 0,2 bar/m, preferiblemente entre 0,0125 bar/m y 0,1 bar/m, lo más preferiblemente entre 0,0125 bar/m y 0,04 bar/m.