

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 328**

51 Int. Cl.:

C08F 110/10 (2006.01)

C08F 210/08 (2006.01)

C08F 210/10 (2006.01)

C08F 10/10 (2006.01)

B01J 19/00 (2006.01)

B01J 19/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.04.2017** E 21165138 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2024** EP 3858874

54 Título: **Unidad de polimerización y proceso de polimerización**

30 Prioridad:

08.04.2016 EP 16164427

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

15.10.2024

73 Titular/es:

**INEOS EUROPE AG (100.0%)
Avenue des Uttins 3
1180 Rolle, Vaud, CH**

72 Inventor/es:

**DAIRE, ERICK DOMINIQUE;
GALEWSKI, JEAN-MARC;
SIMOENS, ANTHONY y
SOULAGE, ARNAUD**

74 Agente/Representante:

FERNÁNDEZ POU, Felipe

ES 2 982 328 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

Unidad de polimerización y proceso de polimerización

5 Introducción

La presente invención se refiere a procesos y aparatos útiles para la polimerización iónica (rápida) de mezcla de reacción que contiene uno o varios monómeros líquidos para la producción del o de los polímeros correspondientes. Más particularmente, la presente invención se refiere a procesos y aparatos útiles para la polimerización catiónica de una mezcla de reacción que contiene isobutileno líquido para la producción del poliisobutileno correspondiente.

Técnica anterior

15 La polimerización iónica de uno o varios monómeros líquidos y más particularmente la polimerización catiónica de olefinas utilizando catalizadores de tipo Friedel-Crafts son bien conocidas. El poliisobutileno ("PIB"), más particularmente el poliisobutileno de bajo peso molecular, es un polímero industrial muy importante que se produce mediante dicho proceso de polimerización catiónica. En las últimas décadas, la mayoría de los esfuerzos de investigación se han concentrado en la producción de PIB altamente reactivo ("HR PIB", por sus siglas en inglés) y en el desarrollo de sistemas catalizadores para producir el PIB.

El grado de polimerización del polímero obtenido puede variar dependiendo de la tecnología de polimerización elegida y de la selección de los parámetros que controlan la reacción de polimerización; se pueden producir diversos polímeros que tienen diferentes pesos moleculares medios controlando dicho grado de polimerización.

25 El documento US 2005/215742 A1 divulga un sistema de polimerización iónica con un reactor de estructura de placas donde el refrigerante no está en contacto con la mezcla reactiva. La polimerización se realiza en intercambiadores de calor con 2 canales de proceso de 5 pasos cada uno. Se forman canales paralelos en forma de paralelepípedo para el refrigerante y la mezcla de reacción. La polimerización se inicia haciendo circular iniciador y solución de monómero en el reactor precalentado.

35 El documento US6525149 divulga un proceso de polimerización en fase líquida para preparar un producto de poliolefina que tiene propiedades preseleccionadas, en donde la materia prima y la composición catalizadora se introducen en una mezcla de reacción residual que recircula en una zona de reacción de un reactor en bucle prevista en el lado de los tubos de un intercambiador de calor de carcasa y tubos a una velocidad de recirculación suficiente para provocar una entremezcla íntima de la mezcla de reacción residual, la materia prima añadida y la composición catalizadora añadida. El calor de la reacción de polimerización se elimina de la mezcla de reacción íntimamente entremezclada en recirculación a una velocidad calculada para proporcionar una temperatura de reacción sustancialmente constante en la misma, mientras la misma recircula en dicha zona de reacción. Se dice que las condiciones en el reactor son apropiadas para provocar que los componentes olefínicos introducidos en dicha materia prima experimenten una polimerización para formar el producto de poliolefina deseado en presencia de la composición catalizadora; la corriente de producto que contiene el producto de poliolefina deseado se retira de la zona de reacción; la introducción de la materia prima en la zona de reacción y la retirada de la corriente de producto de la zona de reacción se controlan de manera que el tiempo de permanencia de los componentes olefínicos que experimentan una polimerización en la zona de reacción sea apropiado para la producción del producto de poliolefina deseado.

50 El documento WO2013062758 (del mismo solicitante que el documento US6525149) también divulga un método para fabricar un polímero de poliisobutileno en un reactor en bucle de recirculación con uno o más tubos de reacción en contacto con un medio de transferencia de calor; en particular, dicho método incluye controlar el delta P y la reacción de polimerización para proporcionar una velocidad lineal de la mezcla de reacción de al menos 3.3528 m/s (11 pies/s) en los uno o más tubos del reactor en bucle y/o controlar el delta P y la reacción de polimerización para proporcionar relaciones de recirculación específicas. El reactor de tubos y carcasa utilizado en los ejemplos comprende no menos de 1164 tubos con un diámetro exterior de tubo de 0.9525 cm (0.375").

60 La morfología de este tipo de reactores de tubos y carcasa crea inconvenientes y/o restricciones inherentes en términos de posibilidades operativas y rendimientos. Por ejemplo, la multitud de tubos no sólo requiere condiciones de fabricación estrictas, sino que también afecta negativamente a la tecnología correspondiente porque, por ejemplo,

- no permite la introducción separada de reaccionantes,
- el reemplazo de los tubos debido a incrustaciones y/o bloqueo es problemático,
- un flujo de refrigerante no dividido a lo largo de toda la sección transversal y el volumen del reactor

favorece los pasos preferenciales de dicho refrigerante y, en consecuencia, crea una falta de homogeneidad en el enfriamiento (por ejemplo, zonas muertas), lo que a su vez disminuye la eficiencia general del proceso,

- 5 – para un volumen de reactor determinado, la relación entre el área superficial y el volumen de la mezcla de reacción es limitada, etc.

Por tanto, sigue siendo deseable desarrollar una unidad/proceso de polimerización que permita proporcionar un proceso energéticamente eficaz que produzca un polímero que tenga una distribución estrecha de pesos moleculares. Éste es uno de los objetivos de la presente invención junto con los siguientes objetivos/ventajas como se muestra en la presente invención, es decir,

- 10 – una superficie de intercambio mejorada entre la mezcla de reacción y el refrigerante, y/o

- 15 – una relación mejorada entre volumen y área de transferencia de calor, y/o

- una dimensión (por ejemplo, la longitud) mejorada (reducida) de la tubería de mezcla de reacción entre la entrada y la salida del reactor de polimerización (zonas que de otro modo tenderían a desarrollar una reacción adiabática), y/o

- 20 – unas trayectorias de flujo de la mezcla de reacción mejoradas en el reactor y/o en el sistema de tuberías de mezcla de reacción que reduzcan o incluso eliminen los pasos preferenciales perjudiciales de la técnica anterior y/o las zonas muertas, y/o

- 25 – una dimensión mejorada (reducida) del reactor en comparación con, por ejemplo, el reactor tubular de la técnica anterior, y/o

- una posibilidad de un patrón de caída de presión baja en el lado del proceso de la mezcla de reacción, y/o

- 30 – un control mejorado de las etapas de iniciación y/o propagación inicial de la reacción de polimerización, y/o

- una mezcla mejorada de la mezcla de reacción y los componentes del sistema catalizador en las primeras etapas de la reacción para lograr una reacción homogénea, y/o

- 35 – la posibilidad de introducir los reaccionantes (incluido el catalizador) en diferentes lugares del reactor, y/o

- 40 – un flujo de refrigerante dividido y controlado que elimine los riesgos asociados con los pasos preferenciales experimentados en la técnica anterior.

Las ventajas adicionales aportadas por la presente invención se detallarán en la descripción actual.

Invención

45

Unidad

Figuras - compendio

50 Las Figuras 1 y 2 son realizaciones ilustrativas de esquemas de unidades de polimerización según la presente invención.

La Figura 1 es una realización ilustrativa de una unidad de polimerización según la presente invención.

55 La Figura 2 es una realización ilustrativa de un sistema de reactor intercambiador de calor ("HERS", por sus siglas en inglés) según la presente invención.

Las Figuras 3, 4 y 5 son realizaciones ilustrativas de esquemas de condiciones del proceso de polimerización según la presente invención.

60

Unidad

La presente invención se refiere a una unidad de polimerización según las reivindicaciones 1-14 adjuntas para la polimerización iónica de una mezcla de reacción que contiene uno o varios monómeros líquidos, por ejemplo, de isobutileno, que comprende un bucle de polimerización y un bucle de refrigerante y un sistema de reactor

65

intercambiador de calor ("HERS") que se comparte entre el bucle de polimerización y el bucle de refrigerante, en donde

- 5 • el bucle de polimerización comprende un sistema de tuberías de mezcla de reacción conectado a una entrada y una salida de dicho HERS,
- el bucle de refrigerante comprende un sistema de tuberías de refrigerante conectado a una entrada y una salida de dicho HERS,
- 10 • el sistema de tuberías de mezcla de reacción comprende una bomba de circulación y el bucle de polimerización comprende un sistema de extracción de polímero, caracterizada por que
 1. el HERS comprende al menos una sección,
 - 15 2. dicha o dichas secciones del HERS comprenden "n" (siendo n un número entero superior o igual a 1) canal o canales paralelepípedicos para la mezcla de reacción y "n+1" pasos para el refrigerante,
 3. las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción en el o los "n" canal o canales de una sección son unidireccionalmente paralelas,
 - 20 4. las trayectorias de flujo del refrigerante en los "n+1" pasos de una sección son unidireccionalmente paralelas a las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción, y
 5. el refrigerante no está en contacto directo con la mezcla de reacción.

25 Unidad – delta T

La presente invención se refiere a una unidad de polimerización según las reivindicaciones 1-14 adjuntas para la polimerización iónica de una mezcla de reacción que contiene uno o varios monómeros líquidos, por ejemplo, de isobutileno, que comprende un bucle de polimerización y un bucle de refrigerante y un sistema de reactor intercambiador de calor ("HERS") que se comparte entre el bucle de polimerización y el bucle de refrigerante, en donde

- 35 • el bucle de polimerización comprende un sistema de tuberías de mezcla de reacción conectado a una entrada y una salida de dicho HERS,
- el bucle de refrigerante comprende un sistema de tuberías de refrigerante conectado a una entrada y una salida de dicho HERS,
- 40 • el sistema de tuberías de mezcla de reacción comprende una bomba de circulación y el bucle de polimerización comprende un sistema de extracción de polímero, caracterizada por que
 1. el HERS comprende al menos una sección,
 - 45 2. dicha o dichas secciones del HERS comprenden "n" (siendo n un número entero superior o igual a 1) canal o canales paralelepípedicos para la mezcla de reacción y "n+1" pasos para el refrigerante,
 3. las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción en el o los "n" canal o canales de una sección son unidireccionalmente paralelas,
 - 50 4. las trayectorias de flujo del refrigerante en los "n+1" pasos de una sección son unidireccionalmente paralelas a las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción,
 5. el refrigerante no está en contacto directo con la mezcla de reacción, y
 - 55 6. en donde la diferencia de temperatura del refrigerante entre cualquier punto dentro del lado del refrigerante del HERS es inferior a 3 °C.

La mezcla de reacción según la presente invención comprende, por ejemplo, el o los monómeros y el sistema catalizador como se define adicionalmente en la siguiente descripción.

El control de la temperatura dentro del lado del refrigerante del HERS es una característica preferida según la presente invención. Esto se puede controlar, por ejemplo, mediante el tamaño de los "n+1" pasos para el refrigerante y/o el caudal del refrigerante y/o el tipo de refrigerante.

65

La diferencia de temperatura del refrigerante entre cualquier punto dentro del lado del refrigerante del HERS es, por lo tanto, preferiblemente inferior a 3 °C, preferiblemente inferior a 2.5 °C, inferior a 2 °C, inferior a 1.5 °C, por ejemplo, inferior a 1 °C.

5 Refrigerante

Según una realización preferida de la presente invención, el refrigerante es un refrigerante evaporativo, es decir, un refrigerante que se evapora al menos parcialmente en el HERS; en dicha configuración, el sistema de tuberías de refrigerante comprende un sistema de licuefacción de refrigerante. No existe ninguna restricción con respecto a la selección del refrigerante según esta realización preferida de la presente invención, siempre que se evapore al menos parcialmente en los canales de refrigerante del HERS. Ejemplos ilustrativos de refrigerante preferido que se pueden usar según la presente invención son CFC (Clorofluorocarbono), CFO (Clorofluoroolefina), HCFC (Hidroclorofluorocarbono), HCFO (Hidroclorofluoroolefina), HFC (Hidrofluorocarbono), HFO (Hidrofluoroolefina), HCC (Hidroclorocarbono), HCO (Hidrocloroolefina), HC (Hidrocarburo, por ejemplo, propano y/o butano), HO (Hidroolefina, por ejemplo, alqueno o alquenos, por ejemplo, propileno y/o butileno), PFC (Perfluorocarbono), PFO (Perfluoroolefina), PCC (Perclorocarbono), PCO (Percloroolefina), Halón/Haloalcano, Amoníaco y/o mezclas de los mismos. Se ha utilizado ventajosamente propileno en el proceso de la presente invención.

20 Unidad – refrigerante evaporativo

Según una realización alternativa, la presente invención se refiere a una unidad de polimerización según las reivindicaciones 1-14 adjuntas para la polimerización iónica de una mezcla de reacción que contiene uno o varios monómeros líquidos, por ejemplo, de isobutileno, que comprende un bucle de polimerización y un bucle de refrigerante y un sistema de reactor intercambiador de calor ("HERS") que se comparte entre el bucle de polimerización y el bucle de refrigerante, en donde

- el bucle de polimerización comprende un sistema de tuberías de mezcla de reacción conectado a una entrada y una salida de dicho HERS,

- el bucle de refrigerante comprende un sistema de tuberías de refrigerante conectado a una entrada y una salida de dicho HERS,

- el bucle de polimerización comprende una bomba de circulación y un sistema de extracción de polímero, caracterizada por que

1. el refrigerante es un refrigerante evaporativo,

2. el sistema de tuberías de refrigerante comprende un sistema de licuefacción de refrigerante,

3. el HERS comprende al menos una sección,

4. dicha o dichas secciones del HERS comprenden "n" (siendo n un número entero superior o igual a 1) canal o canales paralelepípedicos para la mezcla de reacción y "n+1" pasos para el refrigerante,

5. las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción en el o los "n" canales de una sección son unidireccionalmente paralelas,

6. las trayectorias de flujo del refrigerante evaporativo en los "n+1" pasos de una sección son unidireccionalmente paralelas a las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción, y

7. en donde el refrigerante evaporativo no está en contacto directo con la mezcla de reacción.

Según una realización de la presente invención, la diferencia de temperatura del refrigerante evaporativo entre cualquier punto dentro del lado del refrigerante del HERS es inferior a 3 °C, preferiblemente inferior a 2.5 °C, inferior a 2 °C, inferior a 1.5 °C, por ejemplo, inferior a 1 °C.

Según una realización de la presente invención, el HERS comprende una carcasa que rodea el o los canales paralelepípedicos de mezcla de reacción y en la que se hace circular el refrigerante, preferiblemente el refrigerante evaporativo. Ventajosamente, el HERS es un reactor de tipo placa y carcasa.

Según una realización de la presente invención, el bucle de polimerización comprende dos o más HERS en serie, por ejemplo, dos HERS en serie. En dicha configuración, la salida de mezcla de reacción del primer HERS está conectada a través del sistema de tuberías de mezcla de reacción a la entrada de mezcla de reacción del segundo HERS, y la salida de mezcla de reacción del segundo HERS está conectada a través del sistema de tuberías de mezcla de reacción a la entrada de mezcla de reacción del primer HERS.

HERS - material

5 Según una realización de la presente invención, el material utilizado para las placas de los canales de mezcla de reacción se selecciona entre aleaciones Monel (por ejemplo, M400), clases de acero al carbono, clases de acero aleado y/o clases de acero inoxidable; se prefieren las clases de acero al carbono y/o acero aleado, en particular cuando su contenido de cromo es inferior al 10 % en peso, inferior al 5 % en peso, inferior al 1 % en peso, por ejemplo, 0 % en peso. Dicho mismo material también se utiliza preferiblemente para todas las placas del HERS, preferiblemente para todo el HERS.

10

HERS - canales

15 Según una realización de la presente invención, el HERS es un reactor platular; en esta configuración platular, la o las secciones del HERS comprenden preferiblemente "n+1" pasos que son canales paralelepípedicos (por ejemplo, canales paralelepípedicos de sección rectangular) para el refrigerante, preferiblemente el refrigerante evaporativo. En tal configuración, las "2.n" placas principales del o de los "n" (siendo n un número entero superior o igual a 1) canales paralelepípedicos (por ejemplo, canales paralelepípedicos de sección rectangular) para la mezcla de reacción se comparten preferiblemente con las correspondientes "2.n" placas principales del o de los canales paralelepípedicos (por ejemplo, canales paralelepípedicos de sección rectangular) para el refrigerante; en una configuración en la que el HERS comprende sólo una sección, las dos placas principales que faltan del o de los canales paralelepípedicos para el refrigerante constituyen cada extremo correspondiente del HERS, como se representa en la Figura 2 según la presente invención.

20

HERS – secciones "x"

25

Según una realización de la presente invención, el HERS comprende al menos dos secciones, preferiblemente "x" secciones (siendo x un número entero superior o igual a 2), siendo dichas secciones paralelas y estando dichas secciones en serie (preferiblemente una al lado de otra).

30 HERS – trayectorias de flujo

35 En dicha configuración, la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción en una sección es preferiblemente opuesta a la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción en la siguiente sección ("trayectoria de flujo serpenteante"). Por ejemplo, si la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción en la primera sección es ascendente, su trayectoria de flujo en la siguiente sección será preferiblemente descendente; la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción en la última sección es preferiblemente descendente. Aunque la presente invención cubre cualquier dirección apropiada para dichas trayectorias de flujo, por ejemplo, oblicua, horizontal o vertical, dicha trayectoria es preferiblemente vertical como se muestra en las Figuras 1 y 2 según la presente invención.

40

Preferiblemente, una sección comparte su último paso/canal de refrigerante con el primer paso/canal de refrigerante de la siguiente sección.

45 Aunque la presente invención cubre cualquier dirección apropiada para las trayectorias de flujo del refrigerante en sus "n+1" pasos/canales (siempre que dichas trayectorias sean unidireccionalmente paralelas a las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción), por ejemplo, oblicua, horizontal o vertical, dicha trayectoria es preferiblemente vertical como se muestra en la Figura 2 según la presente invención. Según una realización preferida de la presente invención, la dirección de la trayectoria de flujo del refrigerante evaporativo es ascendente (por ejemplo, de la parte inferior a la parte superior de los canales de refrigerante); puede estar en la misma dirección o en la dirección opuesta a la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción en una sección de mezcla de reacción; está preferiblemente en la misma dirección que la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción en la primera sección de mezcla de reacción y, preferiblemente, en la dirección opuesta a la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción en la última sección de mezcla de reacción.

50

55 HERS – número de secciones "x"

60 Según una realización de la presente invención, "x" es preferiblemente par para reducir el volumen muerto del sistema de tuberías de mezcla de reacción, es decir, reduciendo la distancia del sistema de tuberías de mezcla de reacción entre la entrada y la salida del HERS. En una realización preferida, x es igual a 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 o un número par superior, preferiblemente 6, 8, 10 o 12, por ejemplo, 8.

HERS – número de «n» canales

65 Según una realización de la presente invención, la o las secciones del HERS comprenden "n" (siendo n un número entero superior o igual a 1) canales paralelepípedicos (por ejemplo, canales paralelepípedicos de sección rectangular) para la mezcla de reacción y "n+1" pasos (por ejemplo, canales paralelepípedicos de

sección rectangular) para el refrigerante. En una realización preferida, n está comprendido entre 2 y 20 (por ejemplo, entre 4 y 16). En una realización preferida, n es igual a 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, o un número entero superior, preferiblemente 8, 9, 10, 11 o 12, por ejemplo, 10.

- 5 El número de canales paralelepípedicos "n" para la mezcla de reacción en cada sección puede variar. El número total de canales paralelepípedicos para la mezcla de reacción en el HERS es igual a la suma de dichos canales en cada sección; por ejemplo, si el número de canales paralelepípedicos para la mezcla de reacción en una sección i del HERS es n_i , el número total de canales paralelepípedicos para la mezcla de reacción en el HERS es igual a $\sum_{i=1}^x n_i$. En una realización preferida, el número de canales paralelepípedicos "n" para la
- 10 mezcla de reacción en cada sección es el mismo. En esta configuración, el número total de canales paralelepípedicos para la mezcla de reacción en el HERS es, por lo tanto, igual a "x" multiplicado por "n" [(x.n)]; y el número total de pasos (preferiblemente canales paralelepípedicos) para el refrigerante en el HERS es, por lo tanto, preferiblemente igual a "x" multiplicado por "n" más uno [(x.n+1)]. En dicha última configuración, y según una realización preferida de la presente invención, el HERS comprende [2.(x.n)] placas principales
- 15 correspondientes a los [(x.n)] canales paralelepípedicos para la mezcla de reacción, estando dichas placas principales preferiblemente compartidas con las [(x.n)] placas principales correspondientes del o de los canales paralelepípedicos para el refrigerante, siendo el número total de placas principales del o de los canales paralelepípedicos para el refrigerante [2.(x.n) + 2] (2 placas no compartidas que constituyen dos lados opuestos del HERS, como se representa en la Figura 2 según la presente invención). Por ejemplo, en un HERS que
- 20 tenga 8 secciones, teniendo cada sección 10 canales paralelepípedicos para la mezcla de reacción, el número total de canales paralelepípedicos (por ejemplo, canales paralelepípedicos de sección rectangular) para la mezcla de reacción en el HERS es por lo tanto igual a 80; y el número total de pasos (preferiblemente canales paralelepípedicos (por ejemplo, canales paralelepípedicos de sección rectangular)) para el refrigerante en el HERS es por lo tanto preferiblemente igual a 81. En dicha última configuración, y según una realización
- 25 preferida de la presente invención, el HERS comprende 160 placas principales correspondientes a los 80 canales paralelepípedicos para la mezcla de reacción, estando dichas placas principales preferiblemente compartidas con las 160 placas principales correspondientes del o de los canales paralelepípedicos para el refrigerante, siendo el número total de placas principales del o de los canales paralelepípedicos para el refrigerante 162 (2 placas no compartidas que constituyen dos lados opuestos del HERS, como se representa en la Figura 2 según la presente invención).
- 30

HERS – dimensiones de los canales de mezcla de reacción

- 35 Según una realización de la presente invención, las dimensiones de los canales paralelepípedicos de mezcla de reacción (por ejemplo, canales paralelepípedicos de sección rectangular) se caracterizan por

- una primera dimensión, preferiblemente la altura, comprendida entre 2 y 10 m, preferiblemente entre 4 y 8 m, por ejemplo, entre 4.5 y 6.5 m, y/o
 - 40 – una segunda dimensión, preferiblemente la profundidad, comprendida entre 0.1 y 3 m, preferiblemente entre 0.5 y 2 m, por ejemplo, entre 0.75 y 1.5 m, y/o
 - una tercera dimensión, preferiblemente la anchura, comprendida entre 2 y 50 mm, por ejemplo, entre 4 y 45 mm, preferiblemente entre 8 y 35 mm, por ejemplo, entre 12 y 25 mm, por ejemplo, 18 mm.
- 45

Aunque la presente invención cubre realizaciones en las que los canales de mezcla de reacción pueden tener primeras y/o segundas dimensiones diferentes, dichas primeras y/o segundas dimensiones (por ejemplo, preferiblemente las alturas y/o las profundidades) son preferiblemente idénticas en cada sección individual del HERS, preferiblemente idénticas en el HERS.

50

Aunque la presente invención cubre realizaciones en las que los canales de mezcla de reacción pueden tener terceras dimensiones diferentes, dichas terceras dimensiones (por ejemplo, las anchuras) son preferiblemente idénticas en cada sección individual del HERS, preferiblemente idénticas en el HERS.

55

Dependiendo del tipo de mezcla de reacción, la presente invención abarca realizaciones en las que las anchuras en una sección son menores o mayores que las anchuras en la siguiente sección.

Según una realización de la presente invención, el lado de la mezcla de reacción de las placas de los canales paralelepípedicos de mezcla de reacción puede ser corrugado o no corrugado, preferiblemente no corrugado.

60

Según una realización preferida de la presente invención, no hay nada excepto la mezcla de reacción que contiene uno o varios monómeros líquidos entre las placas en el lado de la mezcla de reacción; de hecho, aunque se podrían utilizar piezas de refuerzo entre dichas placas, preferiblemente están ausentes para evitar cualquier interferencia negativa en la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción.

65

En una realización según la presente invención, se toleran pequeñas cavidades o corrugaciones, por ejemplo, las generadas en el lado de la placa de mezcla de reacción por el tratamiento mecánico (por ejemplo, estampado y/o soldadura como se explica posteriormente) en el lado de la placa de refrigerante.

- 5 Aunque en teoría el HERS podría comprender elementos móviles (por ejemplo, para mezclar la alimentación de mezcla de reacción), dicho HERS no comprende ningún elemento móvil según una realización preferida de la presente invención.

HERS – dimensiones de los canales de refrigerante

- 10 Según una realización de la presente invención, las dimensiones de los canales paralelepípedicos de refrigerante (por ejemplo, canales paralelepípedicos de sección rectangular) se caracterizan por

– una primera dimensión, preferiblemente la altura, comprendida entre 2 y 10 m, preferiblemente entre 4 y 8 m, por ejemplo, entre 4.5 y 6.5 m, y/o

– una segunda dimensión, preferiblemente la profundidad, comprendida entre 0.1 y 3 m, preferiblemente entre 0.5 y 2 m, por ejemplo, entre 0.75 y 1.5 m, y/o

20 – una tercera dimensión, preferiblemente la anchura, comprendida entre 1 y 30 mm, preferiblemente entre 2 y 20 mm, por ejemplo, entre 5 y 16 mm, por ejemplo, 8 mm. Dicha anchura del canal de refrigerante se puede seleccionar ventajosamente asegurando una caída de presión baja cuando se busca simultáneamente la diferencia de temperatura que debería ser preferiblemente inferior a 3 °C.

25 Aunque la presente invención cubre realizaciones en las que los canales de refrigerante pueden tener primeras y/o segundas dimensiones diferentes, dichas primeras y/o segundas dimensiones (por ejemplo, preferiblemente las alturas y/o las profundidades) son preferiblemente idénticas en cada sección individual del HERS, preferiblemente idénticas en el HERS. En una realización preferida según la presente invención, dichas primeras y/o segundas dimensiones de los canales de refrigerante son respectivamente idénticas a las primeras y/o segundas dimensiones de los canales de mezcla de reacción adyacentes.

30 Aunque la presente invención cubre realizaciones en las que los canales de refrigerante pueden tener terceras dimensiones diferentes, dichas terceras dimensiones (por ejemplo, las anchuras) son preferiblemente idénticas en cada sección individual del HERS, preferiblemente idénticas en el HERS. Por ejemplo, las anchuras del primer y del último canales de refrigerante del HERS pueden ser mayores y/o menores que la anchura de los otros canales de refrigerante, preferiblemente menores. También se podrían usar anchuras disminuidas o aumentadas de los canales de refrigerante de una sección a su siguiente sección dependiendo, por ejemplo, de la anchura de los canales de mezcla de reacción adyacentes y/o del tipo de mezcla de reacción y/o del tipo de refrigerante usados y/o de la velocidad de polimerización en los canales de mezcla de reacción adyacentes.

40 HERS – relaciones de anchuras y volumen de los canales

45 Como se representa en la Figura 2, y ésta es una realización preferida según la presente invención, la anchura de los canales de refrigerante (A-Refr) es menor que la anchura de los canales de mezcla de reacción (A-Reac), por ejemplo, la relación entre A-Refr y A-Reac es inferior a 0.8, preferiblemente inferior a 0.6, incluso inferior a 0.5.

50 Según una realización de la presente invención, el lado del refrigerante de las placas del intercambiador de calor platular puede ser corrugado y/o no corrugado. Dicha corrugación se puede obtener mediante cualquier técnica apropiada que sea bien conocida por el experto en la técnica, por ejemplo, mediante la técnica de chorreado con arena de las placas no corrugadas.

55 En una realización según la presente invención, los lados del refrigerante de las placas del intercambiador de calor platular están unidos mecánicamente entre sí para proporcionar integridad mecánica a todo el HERS. Se puede utilizar ventajosamente cualquier técnica apropiada para proporcionar dicha integridad mecánica. Por ejemplo, se podrían utilizar piezas de refuerzo entre dichas placas a intervalos espaciados sin afectar negativamente al flujo y a la acción del refrigerante. Se puede proporcionar otro ejemplo estampando y/o soldando dichas placas a intervalos espaciados; en tal configuración, dependiendo de la calidad de la soldadura, se pueden tolerar pequeñas cavidades y/o corrugaciones correspondientes en la placa del lado de la mezcla de reacción.

60 Según una realización de la presente invención, la relación entre el volumen de los canales de refrigerante y el volumen de los canales de mezcla de reacción en el HERS es inferior a 0.8, preferiblemente inferior a 0.6, inferior a 0.5 o incluso inferior a 0.3.

65 HERS – caja de distribución

Según una realización de la presente invención, el bucle de polimerización puede comprender opcional y ventajosamente una caja de distribución que conecte el sistema de tuberías de mezcla de reacción a la entrada de mezcla de reacción del HERS como se detalla a continuación en la Figura 1, que ilustra alguna realización correspondiente. El principal objetivo de utilizar una caja de distribución consiste en mejorar la distribución de la alimentación de circulación procedente del sistema de tuberías de mezcla de reacción a la entrada de mezcla de reacción de la primera sección del HERS. Esta mejora es, por ejemplo, una distribución de la alimentación de circulación en toda la profundidad y anchura de todos los canales de la primera sección del HERS y/o una separación del tubo de circulación en varios tubos para ofrecer una mejor distribución. En una realización según la presente invención, dicha caja de distribución no está situada debajo del HERS; está situada preferiblemente en el lado del HERS cerca de la entrada de mezcla de reacción de la primera sección, como se representa en la Figura 1.

HERS – caja colectora

Según una realización de la presente invención, el bucle de polimerización puede comprender opcional y ventajosamente una caja colectora que conecte la salida de mezcla de reacción del HERS (es decir, la alimentación de circulación a lo largo de toda la profundidad y anchura de todos los canales de la última sección del HERS) al sistema de tuberías de mezcla de reacción como se detalla a continuación en la Figura 1, que ilustra alguna realización correspondiente.

En una realización según la presente invención, dicha caja colectora no está situada debajo del HERS; está situada preferiblemente en el lado del HERS cerca de la salida de mezcla de reacción de la última sección, como se representa en la Figura 1.

Para los fines de la presente invención y las reivindicaciones adjuntas, las cajas de distribución y colectora, cuando se utilicen, se considerarán parte del sistema de tuberías de mezcla de reacción.

Sistema de tuberías de mezcla de reacción

Según una realización de la presente invención, se optimiza la longitud del sistema de tuberías de mezcla de reacción. Por ejemplo, está representada por la distancia entre la salida de mezcla de reacción del HERS y la entrada de mezcla de reacción del HERS, que es ventajosamente inferior a 5 m, por ejemplo, inferior a 4 m, preferiblemente inferior a 3 m, por ejemplo, inferior a 2.5 m.

HERS – zona (caja) de unión de mezcla de reacción

Según una realización de la presente invención, una sección está preferiblemente conectada a su siguiente sección mediante una zona de unión de mezcla de reacción.

La zona de unión de mezcla de reacción conecta los "n" canales paralelepípedicos para la alimentación de mezcla de reacción de una sección con los "n" canales paralelepípedicos para la alimentación de mezcla de reacción de la siguiente sección.

Preferiblemente, cada sección (con la salvedad de la última sección) está conectada a su siguiente sección mediante tal zona de unión de mezcla de reacción.

Una zona de unión de mezcla de reacción puede tener cualquier diseño adecuado que favorezca la distribución de la mezcla de reacción procedente de los canales de una sección a los canales de la siguiente sección. En una realización de la presente invención, dicha zona de unión de mezcla de reacción puede comprender ventajosamente un elemento mezclador/distribuidor, por ejemplo, un elemento estático y/o un elemento mezclador tipo Venturi.

A los efectos de la presente invención y las reivindicaciones adjuntas, las zonas (o cajas) de unión de mezcla de reacción se considerarán parte del HERS. Dichas cajas de unión de mezcla de reacción contribuyen ventajosamente a la integridad mecánica del HERS. En una realización según la presente invención, las cajas de unión de mezcla de reacción que están situadas en la parte inferior del HERS forman una tapa inferior para toda la superficie inferior del HERS. En una realización según la presente invención, las cajas de unión de mezcla de reacción que están situadas en la parte superior del HERS forman una tapa superior para toda la superficie superior del HERS. En una realización según la presente invención, dichas tapas inferior y superior se pueden desmontar de las secciones del HERS (el núcleo del HERS) para facilitar la limpieza de las placas del HERS cuando sea necesario.

HERS – caja de entrada de mezcla de reacción

Según una realización de la presente invención, una caja de entrada de mezcla de reacción está

preferiblemente situada en el HERS justo antes de la primera sección del HERS, preferiblemente en la parte inferior de dicha sección como se representa en las Figuras 1 y 2 de la presente invención. Dicha caja de entrada de mezcla de reacción se usa para conectar la entrada de mezcla de reacción del HERS y la primera sección de mezcla de reacción del HERS.

5

HERS – caja de salida de mezcla de reacción

Según una realización de la presente invención, una caja de salida de mezcla de reacción está preferiblemente situada en el HERS justo después de la última sección del HERS, preferiblemente en la parte inferior de dicha sección como se representa en las Figuras 1 y 2 de la presente invención. Dicha caja de salida de mezcla de reacción se usa para conectar la última sección de mezcla de reacción del HERS a la salida de mezcla de reacción del HERS.

10

Para los fines de la presente invención y las reivindicaciones adjuntas, las cajas de unión, de entrada y de salida se considerarán parte del HERS.

15

Según una realización de la presente invención, el volumen acumulado de las cajas de unión, de entrada y de salida es inferior al 30 % del volumen del HERS, preferiblemente inferior al 25 %, por ejemplo, inferior al 18 %.

20

Monómeros

No hay restricción con respecto a la selección del o de los monómeros líquidos que pueden polimerizarse ventajosamente en la unidad de polimerización iónica y/o el proceso de polimerización iónica según la presente invención. Aunque según la presente invención se utiliza preferiblemente la polimerización catiónica, también se podría utilizar la polimerización aniónica.

25

Ejemplos típicos de monómeros que pueden usarse según la presente invención son estireno, dienos, metacrilato, vinilpiridina, aldehídos, epóxido, episulfuro, siloxano cíclico, lactonas, acrilonitrilo, cianoacrilato, óxido de propileno, vinilcetona, acroleína, vinilsulfona, vinilsulfóxido, vinilsilano y/o isocianato; y/o olefinas y/o terpenos (por ejemplo, alfa-pineno y/o beta-pineno) o monómeros heterocíclicos (por ejemplo, oxirano, tetrahidrofurano, tietano, oxetan-2-ona, 1,3-dioxepano y/o oxazolina).

30

En una realización preferida según la presente invención, el o los monómeros líquidos se seleccionan entre alquenos lineales, por ejemplo etileno, propileno, n-butenos (por ejemplo, 1-buteno y/o 2-buteno), n-pentenos (por ejemplo, por ejemplo, 1-penteno y/o 2-penteno), n-hexenos (por ejemplo, 1-hexeno, 2-hexeno y/o 3-hexeno), isoalquenos (por ejemplo, isobuteno, 2-metilbuteno-1, 2-metilhexeno-1, 2-etilpenteno-1, 2-etilhexeno-1, isoocteno y/o 2-propilhepteno-1), octenos, decenos, dodecenos, alcadienos (por ejemplo, butadieno y/o isopreno), cicloalquenos (por ejemplo, ciclopenteno y/o ciclohexeno y/o ciclopentadieno y/o dicitopentadieno), compuestos vinilaromáticos (por ejemplo, estireno, alfa-metil-estireno, 2-metil-estireno, 3-metil-estireno, 4-metil-estireno, 4-terc-butilestireno, 2-cloroestireno, 3-cloroestireno y/o 4-cloroestireno) y/o olefinas que tienen un grupo sililo (por ejemplo, 1-trimetoxisilileno, 1-(trimetoxisilil)propeno, 1-(trimetoxisilil)-2-metilpropeno-2, 1-[tri(metoxietoxi)silil]eteno, 1-[tri(metoxietoxi)silil]propeno y/o 1-[tri(metoxietoxi)silil]-2-metilpropeno-2) y/o mezclas de dos o más de cualesquiera de los monómeros anteriores.

35

40

Los monómeros preferidos son isobuteno, mezclas de monómeros isobuténicos, compuestos vinilaromáticos tales como estireno, mezclas de monómeros estirénicos, derivados de estireno, especialmente α -metilestireno y 4-metilestireno, los cicloalquenos antes mencionados, los alcadienos antes mencionados y sus mezclas.

45

En una realización preferida según la presente invención, el o los monómeros líquidos se seleccionan entre isopreno, isobuteno, mezclas de monómeros isobuténicos, vinilaromáticos, especialmente estireno y mezclas de monómeros estirénicos, y/o mezclas de dos o más de cualesquiera de los monómeros anteriores. Como monómeros en el proceso de polimerización según la invención se utilizan preferiblemente isobuteno, estireno y/o mezclas de los mismos, siendo el más preferido isobuteno (y/o mezclas de monómeros isobuténicos).

50

En una realización según la presente invención, se utiliza isobuteno puro. La mezcla de isobuteno y/o de monómeros isobuténicos que se polimeriza puede proceder ventajosamente de una corriente de hidrocarburos C4 (por ejemplo, refinados C4, fracciones C4 procedentes de la deshidrogenación de isobuteno, fracciones C4 procedentes de craqueadores a vapor y/o fracciones C4 procedentes de craqueadores FCC y/o isobutileno obtenido por craqueo de MTBE y/o tBA (alcohol terc-butílico)).

55

60

En una realización según la presente invención, cuando el monómero que se ha de polimerizar (por ejemplo, isobutileno) está comprendido en una mezcla de monómeros, el contenido de dicho monómero que se ha de polimerizar (por ejemplo, isobutileno) en dicha mezcla de monómeros es al menos aproximadamente el 30 % en peso.

65

Por ejemplo, cuando se utiliza un refinado C4, su 1-buteno se hidroisomeriza preferiblemente en 2-buteno.

Por ejemplo, también se pueden utilizar fragmentos C4 procedentes de craqueadores FCC.

5 La mezcla de monómeros isobuténicos puede comprender pequeñas cantidades de contaminantes, tales como agua, ácidos carboxílicos, acetonitrilo, acetona, disulfuros y/o ácidos minerales; dichos contaminantes pueden eliminarse ventajosamente de la mezcla de monómeros isobuténicos, por ejemplo, mediante adsorción sobre adsorbentes sólidos tales como carbón activado, tamices moleculares, alúmina y/o intercambiadores de iones.

10 El contenido del monómero (por ejemplo, isobutileno) que se ha de polimerizar en la mezcla de reacción que entra en el bucle de polimerización según la presente invención será ventajosamente superior al 10 por ciento en peso; también se puede usar una concentración mayor del monómero que se ha de polimerizar (por ejemplo, isobutileno), por ejemplo, superior al 20 por ciento en peso o incluso superior al 30 % en peso en la mezcla de reacción.

15 Los componentes restantes de la alimentación de mezcla de reacción normalmente comprenden –o consisten ventajosamente en– el o los polímeros, el sistema catalizador (con o sin donador o donadores de electrones como se define posteriormente) y opcionalmente y/o preferiblemente uno o más diluentes de hidrocarburos no reactivos, por ejemplo, preferiblemente diluentes de alcano o de alcanos.

20 Cuando se utiliza una alimentación de isobutileno puro, se debe diluir ventajosamente con un disolvente (por ejemplo, uno o más diluentes de hidrocarburos no reactivos) para reducir la viscosidad de la mezcla de reacción y la caída de presión.

Monómeros – punto de introducción

25 No hay restricción con respecto al punto de introducción del o de los monómeros líquidos en el bucle de polimerización de la unidad de polimerización según la presente invención. En una realización según la presente invención, el o los monómeros líquidos se introducen en el propio sistema de tuberías de mezcla de reacción, por ejemplo, entre la bomba de circulación y la entrada de mezcla de reacción del HERS, y/o en la
30 en la caja de distribución que conecta el tubo de recirculación a la entrada de mezcla de reacción del HERS, y/o en la caja de entrada de mezcla de reacción, y/o en una zona de unión.

35 En una realización según la presente invención, el o los monómeros líquidos se introducen en al menos una zona de unión de mezcla de reacción, es decir, una zona de unión de mezcla de reacción que conecta los "n" canales paralelepípedicos para la alimentación de mezcla de reacción de una sección a los "n" canales paralelepípedicos para la alimentación de mezcla de reacción de la siguiente sección; tal introducción se realiza preferiblemente en una, dos, más o la totalidad de las zonas de unión de mezcla de reacción, por ejemplo, como se representa en la Figura 1 en todas las zonas de unión que están situadas en la parte inferior del HERS.

40 En una realización según la presente invención, el o los monómeros líquidos se introducen en al menos una zona de unión de mezcla de reacción y en la caja de entrada de mezcla de reacción, y/o en la caja de distribución y/o en el sistema de tuberías de mezcla de reacción entre la bomba de circulación y la entrada de mezcla de reacción del HERS.

45 Sistema catalizador

50 En una realización según la presente invención, la mezcla de reacción que contiene uno o varios monómeros líquidos comprende un sistema catalizador. La polimerización iónica correspondiente es preferiblemente una polimerización catiónica de la mezcla de reacción que contiene uno o varios monómeros líquidos.

55 El sistema catalizador consiste preferiblemente en un sistema coiniador de ácido de Lewis, es decir, un ácido de Lewis que sirve de coiniador (a menudo identificado como el catalizador o activador) preferiblemente junto con un iniciador.

Punto de introducción

60 No hay restricción con respecto al punto de introducción del sistema catalizador en el bucle de polimerización de la unidad de polimerización según la presente invención. En una realización según la presente invención, los componentes del sistema catalizador se introducen por separado en el bucle de polimerización, por ejemplo, en una ubicación o en diferentes ubicaciones en el propio sistema de tuberías de mezcla de reacción y/o en una ubicación o en diferentes ubicaciones en el HERS.

65 En una realización de la presente invención, el iniciador se premezcla con el monómero líquido antes de ponerlo en contacto con el coiniador.

5 En una realización alternativa o adicional según la presente invención, un componente del sistema catalizador (preferiblemente el coinyector) se introduce en el sistema de tuberías de mezcla de reacción, preferiblemente entre la salida de mezcla de reacción del HERS y la bomba de recirculación, preferiblemente a una distancia de la bomba que es menor que la mitad de la distancia entre la salida de mezcla de reacción del HERS y la bomba de recirculación, más preferiblemente menor que un tercio, por ejemplo, menor que un cuarto.

10 En una realización alternativa o adicional según la presente invención, se inyecta un componente del sistema catalizador (preferiblemente el coinyector) en al menos una zona de unión de mezcla de reacción, preferiblemente una zona de unión de mezcla de reacción en la que no se inyecta monómero líquido fresco.

La presente invención también proporciona un proceso para controlar la distribución del peso molecular del polímero

15 – variando los caudales del monómero líquido en su o sus puntos de introducción (por ejemplo, como se representa en la Figura 1 y se muestra en las Figuras 3 a 5), y/o

– variando el caudal del catalizador en sus puntos de introducción, y/o

20 – variando la relación de recirculación en el bucle de polimerización.

Por lo tanto, la presente invención también proporciona el uso de un proceso en bucle de polimerización iónica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de proceso adjuntas para controlar la distribución del peso molecular del polímero producido en una unidad de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de unidad adjuntas

25 – variando los caudales del monómero líquido en su o sus puntos de introducción (por ejemplo, como se representa en la Figura 1 y se muestra en las Figuras 3 a 5), y/o

30 – variando el caudal del catalizador en sus puntos de introducción, y/o

– variando la relación de recirculación en el bucle de polimerización.

Prepolimerización

35 En una realización opcional según la presente invención, la mezcla de reacción líquida que entra en la unidad de polimerización ya ha sido sometida a una etapa de prepolimerización. Dicha prepolimerización se puede realizar en cualquier unidad de prepolimerización apropiada en la que el o los monómeros líquidos se ponen en contacto con un sistema catalizador. No hay ninguna restricción específica con respecto al tiempo de prepolimerización para dicha reacción opcional; por ejemplo, puede ser apropiado un tiempo de contacto de al menos 1 segundo entre el o los monómeros líquidos y todos los componentes del sistema catalizador, por ejemplo, entre 1 y 100 segundos o entre 2 y 50 segundos. El sistema catalizador se puede elegir entre la lista definida a continuación; es preferiblemente el mismo sistema catalizador que el usado para la unidad de polimerización. En una realización de la presente invención, todo el sistema catalizador necesario para la polimerización se introduce durante dicha etapa de prepolimerización; como alternativa, se pueden introducir algún o algunos componentes catalizadores adicionales en el bucle de polimerización en cualquiera o más de una o la totalidad de las ubicaciones ya descritas aquí anteriormente. En una realización de la presente invención, la totalidad de los uno o varios monómeros líquidos necesarios para la polimerización se introduce durante dicha etapa de prepolimerización; como alternativa, se puede introducir un poco de monómero o monómeros líquidos frescos en el bucle de polimerización en cualquiera o más de una o la totalidad de las ubicaciones ya descritas aquí anteriormente.

55 En una realización según la presente invención, la polimerización iónica es un proceso en cascada para la polimerización de una mezcla de reacción que contiene uno o varios monómeros líquidos (por ejemplo, de isobutileno) en un sistema de polimerización que comprende una primera unidad de prepolimerización homogeneizadora ("HPPU", por sus siglas en inglés) y una segunda unidad de polimerización en serie, comenzando la reacción de polimerización en la HPPU y continuando la misma en la segunda unidad de polimerización que consta de un bucle de polimerización, un bucle de refrigerante y un sistema de reactor intercambiador de calor ("HERS") que se comparte entre el bucle de polimerización y el bucle de refrigerante como ya se ha descrito en la presente descripción, caracterizada por que

60 la relación entre el tiempo de permanencia de la mezcla de reacción en la primera unidad de prepolimerización homogeneizadora y el tiempo de permanencia de la mezcla de reacción en la segunda unidad de polimerización está comprendida entre el 0.01 % y el 5 %, preferiblemente entre el 0.1 % y el 2 %, por ejemplo, entre el 0.1 % y el 1 %.

65

En una realización según la presente invención, la relación entre el volumen del reactor de la mezcla de reacción en la primera unidad de prepolimerización homogeneizadora y el volumen del reactor de la mezcla de reacción en la segunda unidad de polimerización está comprendida entre el 0.01 % y el 5 %, preferiblemente entre el 0.1 % y el 2 %, por ejemplo, entre el 0.1 % y el 1 %.

5

Según una realización de la presente invención, el material utilizado para el reactor de HPPU se selecciona entre materiales cerámicos (por ejemplo, carburo de silicio y/o carburo de wolframio), vidrio, aleaciones Monel (por ejemplo, M400), clases de acero al carbono, clases de acero aleado y/o clases de acero inoxidable; se prefieren los materiales cerámicos.

10

En una realización según la presente invención, el reactor de unidad de prepolimerización homogeneizadora ("HPPU") es un dispositivo fluídico, preferiblemente un dispositivo fluídico en una escala que varía desde micras hasta unos pocos milímetros, es decir, dispositivos con canales de fluido cuya dimensión más pequeña está en el intervalo de micras a unos pocos milímetros, y preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 50 micras a aproximadamente 8.0 milímetros, por ejemplo, en el intervalo de aproximadamente 1.0 milímetro a aproximadamente 3.0 milímetros. Cuando la dimensión característica de tal dispositivo fluídico se define como la dimensión más pequeña perpendicular a la dirección del flujo de la mezcla de reacción, la dimensión característica de un dispositivo fluídico según la presente invención está comprendida entre 50 micras y 8.0 milímetros, por ejemplo, entre 400 micras y 7.0 milímetros, por ejemplo, entre 1.0 milímetro y 5.5 milímetros, por ejemplo, entre 1.0 milímetro y 3 milímetros.

20

En una realización según la presente invención, el reactor de unidad de prepolimerización homogeneizadora ("HPPU") es un dispositivo fluídico que incluye al menos un paso de mezcla de reacción y uno o más pasos de control térmico, estando colocados y dispuestos los uno o más pasos de control térmico dentro de dos volúmenes, cada uno bordeado por una pared, siendo las paredes planas y paralelas entre sí, estando preferiblemente el paso de mezcla de reacción que está colocado entre dichas paredes planas y definido por dichas paredes planas y paredes que se extienden entre dichas paredes planas en el intervalo de micras a milímetros.

25

En una realización según la presente invención, el reactor de unidad de prepolimerización homogeneizadora ("HPPU") se caracteriza por un rendimiento de mezcla superior a escala molecular, es decir, un rendimiento de mezcla caracterizado por un valor de transmisión UV que es superior al 80 % según la prueba de Villermaux. Para los fines de la presente invención y las reivindicaciones adjuntas, dicho rendimiento de mezcla puede medirse convenientemente mediante el método descrito en Villermaux J., et al. "Use of Parallel Competing Reactions to Characterize Micro Mixing Efficiency," AIChE Symp. Ser. 88 (1991) 6, pág. 286. En resumen, el proceso consistió en preparar, a temperatura ambiente, una solución de cloruro de ácido y una solución de acetato de potasio mezclado con KI (Yoduro de Potasio). Luego, ambos fluidos se inyectaron continuamente mediante una jeringa o una bomba peristáltica en la HPPU que se había de probar. La reacción de prueba resultante da como resultado dos reacciones competidoras de diferentes velocidades: una reacción "rápida" que produce un producto final que absorbe los rayos UV y una "ultrarrápida" que domina en condiciones de mezcla ultrarrápidas, produciendo una solución transparente. Por lo tanto, el rendimiento de mezcla se correlaciona con la transmisión de UV a través del fluido mezclado, con una mezcla rápida al 100 % o teóricamente perfecta que produce una transmisión de UV del 100 % en el producto resultante.

30

35

40

45

Un ejemplo de un diseño típico de reactor de HPPU que podría usarse ventajosamente según una realización de la presente invención se puede encontrar en el documento WO2009009129 (Coming Incorporated).

Como ya se ha mencionado, el sistema catalizador utilizado en la presente invención consiste preferiblemente en un sistema coiniador de ácido de Lewis, es decir, un ácido de Lewis que sirve de coiniador (a menudo identificado como el catalizador o activador) junto con un iniciador. La presencia de un iniciador como los que se divulgan a continuación no siempre es obligatoria; de hecho, algunos catalizadores no necesitan necesariamente la presencia de tal iniciador. Por ejemplo, la presencia de impurezas (por ejemplo, agua) en la alimentación de mezcla de reacción puede ser suficiente para iniciar la reacción.

50

55

Coiniciador

En una realización según la presente invención, el coiniador se selecciona entre haluros metálicos, por ejemplo, entre haluros de aluminio, boro, titanio, estaño, zinc, vanadio, antimonio, circonio y/o hierro.

60

En una realización preferida según la presente invención, los haluros metálicos se seleccionan entre cloruros de dialquilaluminio, dicloruros de monoalquilaluminio, tricloruro de aluminio, tricloruro de boro, trifluoruro de boro, tetracloruro de titanio, tetracloruro de estaño, dicloruro de zinc, pentacloruro de vanadio y/o tricloruro de hierro, y/o mezclas de dos o más de cualesquiera de los coiniadores anteriores.

65

En una realización preferida según la presente invención, el coiniador se selecciona entre dicloruro de etilaluminio, tetracloruro de titanio, tricloruro de boro, más preferiblemente dicloruro de etilaluminio (EADC, por

sus siglas en inglés).

Iniciador

- 5 No existe ninguna restricción con respecto a la selección del iniciador que se ha de utilizar en la presente invención. En una realización según la presente invención, el iniciador es un compuesto, preferiblemente un compuesto orgánico, que tiene al menos un grupo funcional que forma un carbocatión o un complejo catiónico con el ácido de Lewis en condiciones de polimerización; dichos iniciadores de compuesto orgánico tienen habitualmente al menos un grupo saliente desplazable nucleofílico que puede estabilizar una carga positiva o
10 parcial en el átomo de carbono que porta dicho grupo saliente.

Los ejemplos de iniciadores y procesos para su preparación son bien conocidos y se han descrito ampliamente en la técnica anterior. Ejemplos ilustrativos de iniciadores que pueden usarse ventajosamente en la presente invención son: cloruro de terc-butilo, cloruro de diisobutilo, ciclopentenilo(s), ciclohexenilo(s), cicloheptenilo(s),
15 ciclooctenilo(s), cloruro de cumilo, cloruro de dicumilo, cloruro de alilo, cloruro de metalilo, 2-cloro-2-metilbuteno-2, 2,5-dicloro-2,5-dimetilhexeno-3, diclorhidrato de limoneno, dihidrobromuro de limoneno, cloroetil-clorociclohexano(s), bromoetil-bromociclohexano(s), 2-cloro-2-(1-metilciclohexen-4-il)propeno, 2-cloro-2-metilbuteno-3, 2-cloro-2-metilpenteno-4, 2-cloro-2,4,4-trimetilhexeno-5, 2-cloro-2-metil-3-(ciclopenten-3-il)propano, fluoruro de trifenilmetilo, 2-cloro-2-metil-4-(ciclohexen-4-il)pentano, 3-clorociclopenteno y/o
20 mezclas de dos o más de cualesquiera de los iniciadores anteriores. Ejemplos adicionales de iniciadores son agua, HCl, ácido(s) carboxílico(s) (por ejemplo, ácido acético), alcoholes (por ejemplo alcohol cumílico, fenol, metanol), también conocidos como protógenos. Ejemplos adicionales de iniciadores son cloruro de terc-butilo, cloruro de cumilo (2-fenilisopropilo), cloruro de para-dicumilo, cloruro de 2,2,4-trimetilpentilo, cloruro de trifenilmetilo, ésteres, éteres, anhídridos, éter terc-butílico (MTBE), éter diisopropílico, éster terc-butílico, éster cumílico, acetato de butilo, nitroetano, acetona, también conocidos como cationógenos.
25

En una realización preferida según la presente invención, el iniciador es cloruro de terc-butilo (t-BuCl).

Relaciones coiniador/iniciador

- 30 En una realización según la presente invención, por ejemplo, en el caso de poliisobutileno, la relación molar de coiniador (por ejemplo, EADC) a iniciador (por ejemplo t-BuCl) en el sistema catalizador puede estar comprendida entre 0.06 y 50, por ejemplo, entre 0.5 y 5, preferiblemente entre 0.5 y 2 y más preferiblemente entre 0.5 y 1.

35 En una realización según la presente invención, por ejemplo, en el caso de poliisobutileno, la cantidad de coiniador (por ejemplo, EADC) introducido en el bucle de polimerización está comprendida entre 0.01 y 2 milimoles por mol de isobutileno introducido en el HERS, preferiblemente entre 0.04 y 0.5 milimoles por mol de isobutileno introducido.

40 En una realización según la presente invención, por ejemplo, en el caso de poliisobutileno, cuando se usa la HPPU, la cantidad de coiniador (por ejemplo, EADC) introducido en la HPPU está comprendida entre 0.01 y 2 milimoles por mol de isobutileno introducido en la HPPU, preferiblemente entre 0.04 y 0.5 milimoles por mol de isobutileno introducido.

45 Donadores de electrones

En una realización según la presente invención, la mezcla de reacción también comprende uno o más donadores de electrones. No existe ninguna restricción con respecto a la selección del donador de electrones que se ha de utilizar en la presente invención. En una realización según la presente invención, el donador de electrones se selecciona entre compuestos orgánicos apróticos que tienen un par de electrones libre en un átomo de nitrógeno, oxígeno o azufre. Ejemplos ilustrativos de donadores de electrones son piridinas, amidas, lactamas, éteres, aminas, ésteres, tioéteres, sulfóxidos, nitrilos, fosfinas y/o compuestos de silicio orgánicos apróticos, no polimerizables, que tengan al menos un radical orgánico enlazado mediante oxígeno, y/o mezclas
50 de dos o más de cualesquiera de los donadores de electrones anteriores; todos los compuestos citados anteriormente también pueden estar ventajosamente sustituidos, por ejemplo, sustituidos con alquilo.

Los ejemplos de donadores de electrones y procesos para su preparación son bien conocidos y se han descrito ampliamente en la técnica anterior. Ejemplos ilustrativos de donadores de electrones que pueden usarse ventajosamente en la presente invención son éter isopropílico, éter butílico, MTBE, dimetilacetamida (DMA) y/o mezclas de dos o más de cualesquiera de los donadores de electrones anteriores.

60 Cada componente individual de la mezcla de reacción según la presente invención es preferiblemente líquido en las condiciones de polimerización; por ejemplo, cuando el sistema catalizador, el coiniador, el iniciador y/o el donador de electrones no son líquidos, preferiblemente se disuelven en un disolvente.

65

Disolventes

Cuando está presente un disolvente en la composición de la mezcla de reacción, se selecciona preferiblemente entre hidrocarburos, por ejemplo,

5

– alcanos acíclicos que tienen de 2 a 8 átomos de carbono (por ejemplo, etano, propano, butano(s), pentano(s), hexano(s), heptano(s), octano(s) y/o mezclas de dos o más de cualesquiera de los disolventes anteriores),

10

– alcanos cíclicos que tienen de 5 a 8 átomos de carbono (por ejemplo, ciclopentano, metilciclopentano, ciclohexano, metilciclohexano, cicloheptano y/o mezclas de dos o más de cualesquiera de los disolventes anteriores),

15

– alquenos acíclicos que tienen de 2 a 8 átomos de carbono (por ejemplo, etileno, propileno, n-buteno, n-penteno, n-hexeno, n-hepteno y/o mezclas de dos o más de cualesquiera de los disolventes anteriores),

– olefinas cíclicas tales como ciclopenteno, ciclohexeno, ciclohepteno y/o mezclas de dos o más de cualesquiera de los disolventes anteriores,

20

– hidrocarburos aromáticos tales como tolueno, xileno, etilbenceno y/o mezclas de dos o más de cualesquiera de los disolventes anteriores,

25

– hidrocarburos halogenados (por ejemplo, hidrocarburos alifáticos halogenados tales como clorometano, diclorometano, triclorometano, cloroetano, 1,2-dicloroetano, 1,1,1-tricloroetano, 1-clorobutano y/o mezclas de dos o más de cualesquiera de los disolventes anteriores),

– hidrocarburos aromáticos halogenados (por ejemplo clorobenceno, fluorobenceno, 1,2-diclorobenceno y/o mezclas de dos o más de cualesquiera de los disolventes anteriores),

30

– y/o mezclas de dos o más de cualesquiera de los disolventes anteriores.

Como disolventes se utilizan preferiblemente clorobutano, cloruro de metileno, hexano, heptano y/o mezclas de dos o más de cualesquiera de los disolventes anteriores.

35

Las mezclas de disolventes también pueden ocurrir durante la mezcla de los diferentes componentes de la mezcla de reacción, tales como el monómero y/o el sistema catalizador y/o el iniciador y/o el coiniciador y/o el donador de electrones. De hecho, el disolvente más adecuado para un componente de mezcla de reacción individual puede diferir del disolvente más adecuado para otro componente de mezcla de reacción individual, en cuyo caso se formará una mezcla de disolventes después de mezclar los dos componentes de mezcla de reacción.

40

Proceso

45

La presente invención también se refiere a un proceso de polimerización iónica (rápida) de una mezcla de reacción que contiene uno o varios monómeros líquidos para la producción del o de los polímeros correspondientes en una unidad de polimerización según la presente invención y/o en una unidad de polimerización como está caracterizada por cualquiera de las reivindicaciones de la presente invención.

50

Por tanto, la presente invención también se refiere a un proceso en bucle de polimerización iónica para la polimerización de una mezcla de reacción que contiene uno o varios monómeros líquidos (por ejemplo, de isobutileno) en una unidad de polimerización según las reivindicaciones 1-14 adjuntas, que comprende un bucle de polimerización, un bucle de refrigerante y un sistema de reactor intercambiador de calor ("HERS") que se comparte entre el bucle de polimerización y el bucle de refrigerante, en donde el bucle de polimerización comprende un sistema de extracción de polímero y un sistema de tuberías de mezcla de reacción que comprende una bomba de circulación y que está conectado a una entrada y una salida de dicho HERS y en donde el bucle de refrigerante comprende un sistema de tuberías de refrigerante conectado a una entrada y una salida de dicho HERS, caracterizado por que

55

60

1. el HERS comprende al menos una sección por la que se hacen circular tanto la mezcla de reacción como el refrigerante,

65

2. dicha o dichas secciones del HERS comprenden "n" (siendo n un número entero superior o igual a 1) canal o canales paralelepípedicos por donde se hace circular la mezcla de reacción y "n+1" pasos por donde se hace circular el refrigerante,

3. las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción en el o los "n" canal o canales de una sección son unidireccionalmente paralelas,
- 5 4. las trayectorias de flujo del refrigerante en los "n+1" pasos de una sección son unidireccionalmente paralelas a las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción, y
5. el refrigerante no está en contacto directo con la mezcla de reacción.

10 Más particularmente, la presente invención también se refiere a un proceso en bucle de polimerización iónica para la polimerización de una mezcla de reacción que contiene uno o varios monómeros líquidos (por ejemplo, de isobutileno) en una unidad de polimerización según las reivindicaciones 1-14 adjuntas, que comprende un bucle de polimerización, un bucle de refrigerante y un sistema de reactor intercambiador de calor ("HERS") que se comparte entre el bucle de polimerización y el bucle de refrigerante, en donde el bucle de polimerización comprende un sistema de extracción de polímero y un sistema de tuberías de mezcla de reacción que

15 comprende una bomba de circulación y que está conectado a una entrada y una salida de dicho HERS y en donde el bucle de refrigerante comprende un sistema de tuberías de refrigerante conectado a una entrada y una salida de dicho HERS, caracterizado por que

20 1. el HERS comprende al menos una sección por la que se hacen circular tanto la mezcla de reacción como el refrigerante,

25 2. dicha o dichas secciones del HERS comprenden "n" (siendo n un número entero superior o igual a 1) canal o canales paralelepípedicos por donde se hace circular la mezcla de reacción y "n+1" pasos por donde se hace circular el refrigerante,

30 3. las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción en el o los "n" canal o canales de una sección son unidireccionalmente paralelas,

4. las trayectorias de flujo del refrigerante en los "n+1" pasos de una sección son unidireccionalmente paralelas a las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción,

5. el refrigerante no está en contacto directo con la mezcla de reacción, y

35 6. la diferencia de temperatura del refrigerante entre cualquier punto dentro del lado del refrigerante del HERS es inferior a 3 °C.

La mezcla de reacción según la presente invención comprende, por ejemplo, el o los monómeros y el sistema catalizador como se define adicionalmente en la descripción anterior.

40 El control de la temperatura dentro del lado del refrigerante del HERS es una característica preferida según la presente invención. Esto se puede controlar, por ejemplo, mediante el tamaño de los "n+1" pasos para el refrigerante y/o el caudal del refrigerante y/o el tipo de refrigerante.

45 La diferencia de temperatura del refrigerante entre cualquier punto dentro del lado del refrigerante del HERS es, por lo tanto, inferior a 3 °C, preferiblemente inferior a 2.5 °C, inferior a 2 °C, inferior a 1.5 °C, por ejemplo, inferior a 1 °C.

50 Según una realización alternativa, la presente invención se refiere a un proceso en bucle de polimerización iónica para la polimerización de una mezcla de reacción que contiene uno o varios monómeros líquidos (por ejemplo, de isobutileno) en una unidad de polimerización según las reivindicaciones 1-14 adjuntas, que comprende un bucle de polimerización, un bucle de refrigerante y un sistema de reactor intercambiador de calor ("HERS") que se comparte entre el bucle de polimerización y el bucle de refrigerante, en donde el bucle de polimerización comprende un sistema de extracción de polímero y un sistema de tuberías de mezcla de reacción que comprende una bomba de circulación y que está conectado a una entrada y una salida de dicho

55 HERS y en donde el bucle de refrigerante comprende un sistema de tuberías de refrigerante conectado a una entrada y una salida de dicho HERS, caracterizado por que

60 1. el HERS comprende al menos una sección por la que se hacen circular tanto la mezcla de reacción como el refrigerante,

2. dicha o dichas secciones del HERS comprenden "n" (siendo n un número entero superior o igual a 1) canal o canales paralelepípedicos por donde se hace circular la mezcla de reacción y "n+1" pasos por donde se hace circular y se evapora al menos parcialmente el refrigerante,

65 3. las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción en el o los "n" canal o canales de una sección son unidireccionalmente paralelas,

4. el refrigerante es un refrigerante evaporativo,

5. las trayectorias de flujo del refrigerante evaporativo en los "n+1" pasos de una sección son unidireccionalmente paralelas a las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción,

6. el refrigerante no está en contacto directo con la mezcla de reacción, y

7. el sistema de tuberías de refrigerante comprende un sistema de licuefacción de refrigerante.

10

Condiciones de polimerización

Relaciones S/V

15 Según una realización de la presente invención, el HERS se caracteriza por una relación del área superficial al volumen de la mezcla de reacción ("S/V" expresada en m²/m³)

– superior a 10, superior a 20, preferiblemente superior a 40, por ejemplo, superior a 60, y/o

20 – inferior a 750, por ejemplo, inferior a 600, inferior a 450, preferiblemente inferior a 350, por ejemplo, inferior a 160.

25 Estos valores relativamente bajos de relaciones S/V para el HERS según la presente invención en comparación con los reactores de placa y carcasa o platulares de la técnica anterior se deben a la importancia del volumen de la mezcla de reacción, que se maximiza en la presente invención.

30 Según una realización de la presente invención, cuando se utiliza la HPPU, el reactor de HPPU se caracteriza por una relación del área superficial al volumen de la mezcla de reacción ("S/V" expresada en m²/m³) superior a 600, por ejemplo, superior a 750, preferiblemente superior a 900, preferiblemente comprendida entre 1000 y 5000, por ejemplo, comprendida entre 1000 y 3500.

Coefficiente volumétrico de transferencia de calor

35 Según una realización de la presente invención, el HERS se caracteriza por un coeficiente volumétrico de transferencia de calor (expresado en MW/m³.K)

– superior a 0.004, superior a 0.008, preferiblemente superior a 0.015, por ejemplo, superior a 0.03, y/o

40 – inferior a 0.4, inferior a 0.2, preferiblemente inferior a 0.1, por ejemplo, inferior a 0.07.

Según una realización de la presente invención, cuando se usa la HPPU, el reactor de HPPU se caracteriza por un coeficiente volumétrico de transferencia de calor (expresado en MW/m³.K)

45 – superior a 0.5, preferiblemente superior a 0.75, por ejemplo, superior a 0.95,

– inferior a 3.0, preferiblemente inferior a 2.5, por ejemplo, inferior a 2.0.

Temperatura de reacción

50 La temperatura de reacción del HERS se define como la temperatura más baja a la que se lleva a cabo la polimerización en el HERS. No existe ninguna restricción con respecto a la selección de dicha temperatura, siempre que tenga lugar la polimerización. En una realización según la presente invención, dicha temperatura es inferior a 100 °C, preferiblemente inferior a 50 °C, incluso más preferiblemente inferior a 30 °C, por ejemplo, inferior a 20 °C, y/o superior a -90 °C, preferiblemente superior a -40 °C, incluso más preferiblemente superior a -30 °C, por ejemplo, superior a -20 °C.

55

60 Según una realización de la presente invención, cuando se utiliza la HPPU, la temperatura de reacción de la HPPU se define como la temperatura más baja a la que se lleva a cabo la polimerización en la HPPU. En una realización según la presente invención, dicha temperatura es inferior a 10 °C, preferiblemente inferior a 0 °C, incluso más preferiblemente inferior a -5 °C, por ejemplo, inferior a -10 °C, y/o superior a -60 °C, preferiblemente superior a -50 °C, incluso más preferiblemente superior a -40 °C, por ejemplo, superior a -30 °C.

60

Temperatura del refrigerante

65

La temperatura del refrigerante del HERS se define como la temperatura promedio a la que se introduce el refrigerante en el HERS. No existe ninguna restricción con respecto a la selección de dicha temperatura, siempre que el refrigerante absorba eficazmente las calorías generadas en el lado de polimerización del HERS. En una realización según la presente invención, dicha temperatura es inferior a 90 °C, preferiblemente inferior a 40 °C, incluso más preferiblemente inferior a 20 °C, por ejemplo, inferior a 5 °C, y/o superior a -100 °C, preferiblemente superior a -50 °C, incluso más preferiblemente superior a -40 °C, por ejemplo, superior a -30 °C.

Según una realización de la presente invención, cuando se utiliza la HPPU, la temperatura del refrigerante de la HPPU se define como la temperatura promedio a la que se introduce el refrigerante en la HPPU. En una realización según la presente invención, dicha temperatura es inferior a 0 °C, preferiblemente inferior a -10 °C, incluso más preferiblemente inferior a -15 °C, por ejemplo, inferior a -20 °C, y/o superior a -70 °C, preferiblemente superior a -60 °C, incluso más preferiblemente superior a -50 °C, por ejemplo, superior a -40 °C.

Presión de reacción

En una realización según la presente invención, la polimerización típicamente se efectúa bajo presión atmosférica, pero también puede desarrollarse bajo presión reducida o elevada. Un intervalo de presiones adecuado está entre 1 y 25 bares. En una realización preferida según la presente invención, la presión de la mezcla de reacción en el HERS está comprendida entre 5 y 12 bares, preferiblemente entre 6 y 10 bares.

Según una realización de la presente invención, cuando se utiliza la HPPU, la presión de la mezcla de reacción en la HPPU también está comprendida entre 5 y 20 bares, preferiblemente entre 6 y 10 bares.

Mn

En el caso de la producción de poliisobutileno (PIB) según la presente invención, el polímero PIB final consiste esencialmente en unidades repetidas de isobutileno. Dependiendo de la composición de la mezcla de reacción que contiene uno o varios monómeros líquidos utilizada en la presente invención, el PIB resultante también puede contener cantidades menores de material obtenido de 1-butenos, butadieno u otras olefinas C4 (por ejemplo, 2-butenos (cis y /o trans)). En una realización preferida según la presente invención, el polímero PIB se ha obtenido de monómero de isobutileno en más del 99 % en peso. El peso molecular medio numérico (Mn) del PIB puede estar comprendido ventajosamente entre 300 y 500 000 g mol⁻¹. No existe ninguna restricción con respecto al tipo de PIB que se puede producir según la presente invención; por ejemplo, se pueden producir ventajosamente polímero de vinilideno de intervalo medio y/o PIB altamente reactivo.

La viscosidad de la mezcla de reacción aumenta durante el proceso de formación del polímero. La conversión completa para obtener un polímero de bajo peso molecular (por ejemplo, PIB) mantendrá manejable la viscosidad de la mezcla de reacción (por ejemplo, de 4 a 10 cSt a 10 °C).

El número de Reynolds dentro del lado del proceso del HERS debe ser suficientemente alto para garantizar un alto coeficiente de transferencia de calor (que es proporcional a su potencia $0.8 // (Re^{0.8})$). Cuanto más aumenta la viscosidad, más debería aumentar también el caudal teórico de la mezcla de reacción para alcanzar dicho número de Reynolds; como alternativa y/o adicionalmente, para evitar el uso de caudales (o velocidades) de la mezcla de reacción excesivos, puede ser necesario (por ejemplo, en el caso de polímeros de alto peso molecular) reducir la viscosidad de la mezcla de reacción, por ejemplo, reduciendo la tasa de conversión de la mezcla de reacción y/o usando un diluyente.

Polidispersidad

Polidispersidad – Una realización según la presente invención consiste en el control superior de la estrecha polidispersidad del polímero resultante. Para los fines de la presente invención y las reivindicaciones adjuntas, la polidispersidad de un producto polimérico se define como la relación del peso molecular medio ponderado (Mw) dividido por el peso molecular medio numérico (Mn) del polímero ($PD=Mw/Mn$). Si bien no desean quedar vinculados por esta teoría, los solicitantes creen que su polidispersidad superior se ha obtenido mediante una combinación de un control estricto de las condiciones térmicas dentro del HERS junto con el diseño específico de la unidad de polimerización de la presente invención (por ejemplo, puntos de introducción de alimentación fresca y/o componentes del sistema catalizador). En particular, la preparación de un producto polimérico de baja polidispersidad con una reducción inesperada de polímeros no deseados de bajo y/o alto peso molecular en dicho producto ahora es posible gracias a la presente invención. En una realización según la presente invención, por ejemplo, en el caso de poliisobutileno, la polidispersidad del producto polimérico se puede controlar ventajosamente a valores que son inferiores a 4.0, por ejemplo, inferiores a 2.0, preferiblemente inferiores a 1.7; también podrían obtenerse ventajosamente valores inferiores a 1.6, 1.5 o incluso 1.4.

Tiempos de permanencia

5 Tiempos de permanencia - El tiempo de permanencia de la mezcla de reacción en el bucle de polimerización (que se calcula dividiendo el volumen del reactor por la velocidad de alimentación volumétrica) está preferiblemente en el intervalo de 5 seg a 120 min, más preferiblemente en el intervalo de 10 seg a 100 min, incluso más preferiblemente en el intervalo de 1 min a 100 min, incluso más preferiblemente en el intervalo de 2 min a 90 min y especialmente en el intervalo de 10 min a 60 min.

10 Cuando se usa, el tiempo de permanencia de la mezcla de reacción en el reactor de HPPU (que se calcula dividiendo el volumen del reactor por la velocidad de alimentación volumétrica) está preferiblemente en el intervalo de 0.5 seg a 200 segundos, más preferiblemente en el intervalo de 1 seg a 100 seg, incluso más preferiblemente en el intervalo de 2 segundos a 50 segundos, y especialmente en el intervalo de 3 segundos a 25 segundos.

15 Relaciones de recirculación

20 En una realización según la presente invención, la relación de recirculación (que se calcula como la relación de caudales volumétricos del caudal volumétrico de la mezcla de reacción en el bucle de polimerización (en m³/h) al caudal volumétrico de la extracción de mezcla de polímeros del bucle (en m³/h)) está comprendida entre 5 y 50, preferiblemente entre 10 y 40, por ejemplo, entre 15 y 30.

20 Velocidad lineal

25 En una realización según la presente invención, la velocidad lineal (que se refiere a la velocidad de la mezcla de reacción en los canales del HERS y que se calcula preferiblemente dividiendo el caudal volumétrico de la mezcla de reacción en el bucle de polimerización (en m³/h) por el área de la sección transversal de los n canales de la primera sección) está comprendida entre 0.5 y 10 m/s, preferiblemente entre 1 y 5 m/s, por ejemplo, entre 1.5 y 2.5 m/s.

30 En una realización según la presente invención, el control del caudal volumétrico de la mezcla de reacción en el bucle de polimerización (en m³/h) se obtiene gracias a la bomba de circulación, que se acciona preferiblemente mediante un motor con variador de velocidad.

35 Dicha bomba de circulación puede seleccionarse, por ejemplo, entre circuladores o bombas centrífugas. La bomba funciona con un diferencial de presión, delta P, para recircular la mezcla de reacción en el HERS a través del bucle de polimerización.

40 La extracción de polímero se puede realizar en uno o más lugares en el bucle de polimerización, preferiblemente en el sistema de tuberías de mezcla de reacción, por ejemplo, aguas abajo de la bomba de circulación.

El polímero que se extrae se extingue preferiblemente mediante cualquier técnica apropiada que sea bien conocida por el experto en la técnica, por ejemplo, utilizando un material capaz de neutralizar el catalizador, tal como, por ejemplo, hidróxido de amonio y/o NaOH.

45 Cuando el refrigerante es un refrigerante evaporativo, lo que representa la realización más preferida de la presente invención, dicho refrigerante preferiblemente entra en los pasos de refrigerante ($[\sum_{i=1}^{i=x} ni + 1]$) del HERS sólo como líquido. Durante su flujo a través de los pasos del HERS, el refrigerante líquido se convierte así preferiblemente en una mezcla de gas/líquido correspondiente, que luego se reconvierte en un líquido en el sistema de tuberías de refrigerante que incluye convenientemente un sistema de licuefacción de refrigerante.

50 Ejemplos

La invención se ilustrará ahora con referencia a las figuras.

55 Las Figuras 1 y 2 son realizaciones ilustrativas de esquemas de unidades de polimerización según la presente invención.

Las Figuras 3, 4 y 5 son realizaciones ilustrativas de esquemas de condiciones del proceso de polimerización según la presente invención.

60 La Figura 1 es una realización ilustrativa de una unidad de polimerización según la presente invención.

65 La Figura 2 es una realización ilustrativa de un sistema de reactor intercambiador de calor ("HERS") según la presente invención.

La realización ilustrativa según la Figura 1 describe una versión simplificada de una unidad de polimerización

según la presente invención.

Dicha unidad de polimerización comprende un bucle de polimerización y un bucle de refrigerante y un sistema de reactor intercambiador de calor ("HERS") que se comparte entre el bucle de polimerización y el bucle de refrigerante.

El HERS como está representado comprende

- ocho secciones, comprendiendo cada sección n canales paralelepípedicos para la mezcla de reacción y (n+1) pasos para el refrigerante, estando el último canal de refrigerante de cada sección preferiblemente compartido con el primer canal de refrigerante de su siguiente sección,
- una entrada de mezcla de reacción en la parte inferior izquierda del HERS,
- una salida de mezcla de reacción en la parte inferior derecha del HERS.

El bucle de polimerización comprende un sistema de tuberías de mezcla de reacción conectado a una entrada de mezcla de reacción y una salida de mezcla de reacción de dicho HERS; se puede ver una bomba de circulación en la parte inferior izquierda de dicho sistema de tuberías de mezcla de reacción; las flechas representadas en el sistema de tuberías de mezcla de reacción indican la dirección de la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción recirculada desde la salida de mezcla de reacción hasta la entrada de mezcla de reacción.

El bucle de polimerización también comprende un sistema de extracción de polímero que se puede ver en la parte inferior izquierda fuera del HERS, aguas arriba de la entrada de mezcla de reacción; es decir, en esta configuración, la extracción de polímero está situada en el propio sistema de tuberías de mezcla de reacción entre la bomba de circulación y la entrada de mezcla de reacción. En esta configuración, la extracción se puede realizar ventajosamente desde la caja de distribución, que está representada en la figura mediante un círculo. Simétricamente con respecto al HERS, el otro círculo, que se encuentra aguas abajo de la salida de mezcla de reacción, corresponde a la caja colectora de mezcla de reacción.

En la configuración de la unidad de polimerización de la Figura 1, la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción (que no se muestra, pero puede entenderse fácilmente en la representación simplificada del HERS según la Figura 2) es una "trayectoria de flujo serpenteante".

La alimentación de entrada de mezcla de reacción puede comprender ventajosamente el o los monómeros y el o los oligómeros/polímeros, por ejemplo, el isobutileno y el poliisobutileno, el sistema catalizador, por ejemplo, cloruro de t-butilo y EADC, el o los diluentes del o de los monómeros y el o los disolventes del o de los componentes catalizadores; siendo dicha alimentación de entrada de mezcla de reacción preferiblemente la combinación de las alimentaciones frescas (que consisten, en una realización opcional según la presente invención donde se usa una HPPU, en una alimentación prepolimerizada) junto con la alimentación recirculante menos la alimentación extraída; en la configuración de la unidad de polimerización de la Figura 1, la alimentación fresca, por ejemplo, la alimentación que comprende isobutileno (preferiblemente premezclada con el cloruro de t-butilo) se introduce ventajosamente en varios puntos de introducción en el HERS como está representado en los cuatro puntos de introducciones en el fondo del HERS, respectivamente en la caja de entrada (por ejemplo, la caja que conecta la entrada de mezcla de reacción del HERS y la primera sección de mezcla de reacción del HERS) y en las tres zonas de unión de mezcla de reacción inferiores (que conectan los canales inferiores para la alimentación de mezcla de reacción de una sección a los canales inferiores para la alimentación de mezcla de reacción de la siguiente sección). Los cuatro símbolos FC/FV ubicados en las líneas de alimentación fresca corresponden al control de flujo y a las válvulas de control de flujo. En la configuración de la unidad de polimerización de la Figura 1, el coiniador (por ejemplo, el catalizador EADC) se introduce ventajosamente en la alimentación circulante entre la salida de mezcla de reacción y la bomba.

El HERS como está representado comprende además

- una entrada de refrigerante en la parte inferior derecha del HERS; se puede ver encima de la salida de mezcla de reacción para una mejor comprensión de la figura,
- una salida de refrigerante en la parte superior derecha del HERS,

dichas entrada y salida de refrigerante del HERS conectan el HERS al sistema de tuberías de refrigerante del bucle de refrigerante. El sistema de tuberías de refrigerante comprende un sistema de refrigeración; como se explica detalladamente en la descripción, es preferiblemente un sistema de licuefacción de refrigerante que permite reconvertir la mezcla refrigerante de gas/líquido en el refrigerante líquido evaporativo deseado que posteriormente se reintroduce en el HERS.

La realización ilustrativa según la Figura 2 describe una versión simplificada de un HERS según la presente invención.

5 Dicho HERS comprende

– una entrada de mezcla de reacción en la parte inferior izquierda del HERS; en esta realización, la alimentación de entrada de mezcla de reacción puede comprender ventajosamente el o los monómeros y el o los polímeros, por ejemplo, el isobutileno y el poliisobutileno, el sistema catalizador, por ejemplo, cloruro de t-butilo y EADC; siendo dicha alimentación de entrada de mezcla de reacción preferiblemente la combinación de las alimentaciones frescas (que consisten, en una realización opcional según la presente invención, en una alimentación prepolimerizada) junto con la alimentación recirculante menos la alimentación extraída (no mostrada en esta figura);

15 – una salida de mezcla de reacción en la parte inferior derecha del HERS;

– dos secciones, es decir, una sección izquierda que comprende la entrada de mezcla de reacción y una sección derecha que comprende la salida de mezcla de reacción; comprendiendo cada sección tres canales de mezcla de reacción rodeados por cuatro canales de refrigerante, es decir, un total de seis canales de mezcla de reacción y siete canales de refrigerante, compartiéndose un canal de refrigerante entre las dos secciones.

En la configuración del HERS de la Figura 2, la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción (como se muestra mediante las flechas) es una "trayectoria de flujo serpenteante", es decir, la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción en la primera sección es ascendente y la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción en la última (segunda) sección es descendente. Esta trayectoria de flujo serpenteante puede aplicarse igualmente a realizaciones en las que se utilicen más de dos secciones; por ejemplo, lo mismo se aplica a la Figura 1 que representa una configuración de trayectoria de flujo serpenteante de ocho secciones.

En la configuración del HERS de la Figura 2, la trayectoria de flujo del refrigerante (por ejemplo, propileno líquido) es ascendente (como se muestra mediante las flechas); en el extremo derecho de la figura se puede ver el tubo de entrada de refrigerante que alimenta los siete canales de refrigerante en su extremo inferior; en el extremo derecho de la figura se puede ver el tubo de salida de refrigerante que recoge los siete canales de refrigerante en su extremo superior.

35 La configuración del HERS simplificada de la Figura 2 también comprende:

– una caja de entrada de mezcla de reacción que está ubicada en el HERS en la parte inferior de la primera sección;

– una caja de salida de mezcla de reacción que está ubicada en el HERS en la parte inferior de la última (segunda) sección;

– una zona de unión de mezcla de reacción que conecta los tres canales paralelepípedicos para la alimentación de mezcla de reacción de la primera sección a los tres canales paralelepípedicos para la alimentación de mezcla de reacción de la segunda sección.

Las Figuras 3, 4 y 5 son realizaciones ilustrativas de esquemas de condiciones del proceso de polimerización según la presente invención.

Representan una simulación/cálculo del perfil de temperatura y un perfil de concentración de monómeros según diferentes realizaciones de la presente invención.

El reactor utilizado para los cálculos es un reactor platular que comprende ocho secciones, estando cada sección formada por diez canales paralelepípedicos; la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción en los canales es una trayectoria de flujo serpenteante como se ha descrito en las Figuras 1 y 2, con una trayectoria de flujo vertical y ascendente en la primera sección y una trayectoria de flujo vertical y descendente en la última sección. El control de la temperatura de reacción de los ochenta canales de mezcla de reacción lo proporcionan los ochenta y un canales de refrigerante adyacentes en los que el refrigerante evaporativo está provisto de una trayectoria de flujo vertical y ascendente.

La mezcla de reacción es un refinado-1 de isobutileno. El refrigerante utilizado es una alimentación de propileno líquido evaporativo.

65 El volumen total de la mezcla de reacción del HERS es de 10.15 m3.

El volumen total de la mezcla de reacción de los canales de mezcla de reacción del HERS es de 8.51 m³.

El volumen del sistema de tuberías de mezcla de reacción fuera del HERS es de 2.32 m³.

5

El volumen del reactor en bucle de polimerización = 10.15 m³ + 2.32 m³ = 12.47 m³

En la Figura 5, la introducción del monómero completo tiene lugar en la primera sección del HERS. Esto está representado en la figura en el lado izquierdo mediante el fuerte aumento de la concentración de monómero, disminuyendo dicha concentración suave y regularmente a lo largo de la trayectoria de reacción de polimerización. En el lado del control de temperatura, la disminución general regular de la temperatura se justifica por la disminución de la concentración de isobuteno; es interesante observar los diferentes aumentos de temperatura en el gráfico, estando los aumentos pequeños de temperatura (o "irregularidades momentáneas") situados en la caja de entrada y en las cajas de unión del HERS, es decir, en lugares donde la reacción de polimerización continúa con menos intercambio de calor entre la mezcla de reacción y el refrigerante; y estando situado el aumento de temperatura final y mayor en la caja de salida del HERS y aguas abajo de la salida del HERS, es decir, en el sistema de tuberías de mezcla de reacción y la bomba de circulación donde no tiene lugar ningún intercambio de calor con el refrigerante reivindicado.

10

15

20

Los datos correspondientes a la Figura 5 son

- un caudal volumétrico del bucle de mezcla de reacción de polimerización de 1100 m³/h,
- un caudal de refinado de isobuteno de 20 t/h,
- una temperatura comprendida entre 9.4 y 10.4 °C,
- una concentración de isobuteno comprendida entre 55 y 205 moles/m³,
- una tasa de producción de poliisobutileno de 9.3 t/h,
- la producción de un PIB de grado H-100 (que presenta una viscosidad de 217 cSt a 100 °C), y
- una ampliación de la distribución de pesos moleculares correspondiente al 9.3 %.

25

30

35

En las Figuras 3 y 4, la introducción del monómero fresco tiene lugar no sólo en la primera sección del HERS, sino también en las tres cajas de unión inferiores entre las secciones. Esto está representado en las Figuras 3 y 4, que muestran cuatro aumentos separados en la concentración de monómero, disminuyendo luego dicha concentración suave y regularmente a lo largo de la trayectoria de reacción de polimerización. En el lado del control de temperatura, la disminución general regular de la temperatura se justifica por la disminución de la concentración de isobuteno; es interesante observar los diferentes aumentos de temperatura en el gráfico, estando los aumentos pequeños de temperatura (o "irregularidades momentáneas") situados en la caja de entrada y en las cajas de unión del HERS, es decir, en lugares donde la reacción de polimerización continúa con menos intercambio de calor entre la mezcla de reacción y el refrigerante; y estando situado el aumento de temperatura final y mayor en la caja de salida del HERS y aguas abajo de la salida del HERS, es decir, en el sistema de tuberías de mezcla de reacción y la bomba de circulación donde no tiene lugar ningún intercambio de calor con el reivindicado; también es interesante observar que, entre los aumentos pequeños de temperatura (o "irregularidades momentáneas"), los gráficos permiten diferenciar aquellos que están teniendo lugar en los cuatro puntos de introducción del monómero fresco, es decir, que muestran aumentos de temperatura ligeramente mayores (o "irregularidades momentáneas") que en otros lugares dentro del HERS.

40

45

50

Los datos correspondientes a la Figura 3 son

- un caudal volumétrico del bucle de mezcla de reacción de polimerización de 1100 m³/h,
- un caudal de refinado de isobuteno de 20 t/h,
- una temperatura comprendida entre 9 y 10.2 °C,
- una concentración de isobuteno comprendida entre 85 y 140 moles/m³,
- una tasa de producción de poliisobutileno de 9.26 t/h,
- la producción de un PIB de grado H-100 (que presenta una viscosidad de 217 cSt a 100 °C), y

55

60

65

- una ampliación de la distribución de pesos moleculares correspondiente al 1.2 %.

Los datos correspondientes a la Figura 4 son

- 5 - un caudal volumétrico del bucle de mezcla de reacción de polimerización de 1100 m³/h,
- un caudal de refinado de isobuteno de 20 t/h,
- 10 - una temperatura comprendida entre 7 y 8.2 °C,
- una concentración de isobuteno comprendida entre 470 y 525 moles/m³,
- una tasa de producción de poliisobutileno de 8.66 t/h,
- 15 - la producción de un PIB de grado H-2100 (que presenta una viscosidad de 4250 cSt a 100 °C), y
- una ampliación de la distribución de pesos moleculares correspondiente al 0.0 %.

20 La comparación entre las Figuras 3, 4 y 5 muestra las ventajas proporcionadas por la presente invención, que permite controlar el tipo de polímero que se puede producir, entre otras cosas su distribución de pesos moleculares.

La presente invención proporciona varias ventajas, como se destaca mediante los ejemplos ilustrativos representados en las figuras de la presente invención, por ejemplo:

- 25 - una superficie de intercambio mejorada entre la mezcla de reacción y el refrigerante,
- una relación mejorada entre área de transferencia de calor y volumen,
- 30 - una dimensión (por ejemplo, la longitud) mejorada (reducida) de la tubería de mezcla de reacción entre la entrada y la salida del reactor de polimerización (zonas que de otro modo tenderían a desarrollar una reacción adiabática),
- unas trayectorias de flujo de la mezcla de reacción mejoradas en el reactor y/o en el sistema de tuberías de mezcla de reacción que reducen o incluso eliminan los pasos preferenciales perjudiciales de la técnica anterior y/o las zonas muertas,
- 35 - una dimensión mejorada (reducida) del reactor en comparación con, por ejemplo, el reactor tubular de la técnica anterior,
- 40 - una posibilitación de un patrón de caída de presión baja en el lado del proceso de la mezcla de reacción.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Unidad de polimerización para la polimerización iónica de una mezcla de reacción que contiene uno o varios monómeros líquidos y un catalizador, por ejemplo, de isobutileno, que comprende un bucle de polimerización y un bucle de refrigerante y un sistema de reactor intercambiador de calor ("HERS") que se comparte entre el bucle de polimerización y el bucle de refrigerante, en donde
- 10 • el bucle de polimerización comprende un sistema de tuberías de mezcla de reacción conectado a una entrada y una salida de dicho HERS,
 - el bucle de refrigerante comprende un sistema de tuberías de refrigerante conectado a una entrada y una salida de dicho HERS,
 - 15 • el sistema de tuberías de mezcla de reacción comprende una bomba de circulación y el bucle de polimerización comprende un sistema de extracción de polímero, caracterizada por que
- 20 1. el HERS comprende al menos dos secciones paralelas en serie, en donde una sección comparte su último paso de refrigerante con el primer paso de refrigerante de la siguiente sección,
2. dichas secciones del HERS comprenden "n" canal o canales paralelepípedicos para la mezcla de reacción, siendo "n" un número entero comprendido entre 2 y 20, y "n+1" pasos para el refrigerante,
- 25 3. las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción en el o los "n" canal o canales de una sección son unidireccionalmente paralelas,
4. las trayectorias de flujo del refrigerante en los "n+1" pasos de una sección son unidireccionalmente paralelas a las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción, y
- 30 5. el refrigerante no está en contacto directo con la mezcla de reacción,
6. y en donde las dimensiones de los canales paralelepípedicos de mezcla de reacción se caracterizan por
- 35 a. una primera dimensión ("altura") comprendida entre 2 y 10 m,
 - b. una segunda dimensión ("profundidad") comprendida entre 0.1 y 3 m, y
 - 40 c. una tercera dimensión ("anchura") comprendida entre 2 y 50 mm, y en donde la unidad está adaptada para controlar los caudales de introducción del o de los monómeros líquidos y/o el caudal de introducción del catalizador y/o la relación de recirculación (que se calcula como la relación de caudales volumétricos del caudal volumétrico de la mezcla de reacción en el bucle de polimerización (en m³/h) al caudal volumétrico de la extracción de mezcla de polímeros del bucle (en m³/h)).
2. Unidad según la reivindicación 1, en donde el HERS es un reactor platular.
- 45 3. Unidad según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde las secciones del HERS son paralelas en serie, una al lado de otra.
4. Unidad según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el número de secciones del HERS es par y es superior o igual a 4.
- 50 5. Unidad según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el número de secciones del HERS es 6, 8 o 10.
6. Unidad según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde cada sección del HERS comprende
- 55 "n" canales paralelepípedicos para la mezcla de reacción, siendo "n" un número entero comprendido entre 4 y 16, y "n+1" pasos para el refrigerante.
7. Unidad según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde las dimensiones de los canales paralelepípedicos de mezcla de reacción se caracterizan por
- 60 – una primera dimensión ("altura") comprendida entre 4 y 8 m, por ejemplo, entre 4.5 y 6.5 m, y/o
- una segunda dimensión ("profundidad") comprendida entre 0.5 y 2 m, por ejemplo, entre 0.75 y 1.5
- 65 m, y/o

- una tercera dimensión ("anchura") comprendida entre 4 y 45 mm, preferiblemente entre 8 y 35 mm, por ejemplo, entre 12 y 25 mm.
- 5 8. Unidad según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde las dimensiones de los canales paralelepípedicos de refrigerante se caracterizan por
- una primera dimensión ("altura") comprendida entre 2 y 10 m, preferiblemente entre 4 y 8 m, por ejemplo, entre 4.5 y 6.5 m, y/o
- 10 – una segunda dimensión ("profundidad") comprendida entre 0.1 y 3 m, preferiblemente entre 0.5 y 2 m, por ejemplo, entre 0.75 y 1.5 m, y/o
- una tercera dimensión ("anchura") comprendida entre 1 y 30 mm, preferiblemente entre 2 y 20 mm, por ejemplo, entre 5 y 16 mm.
- 15 9. Unidad según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde
- las alturas de los canales paralelepípedicos de refrigerante son idénticas a las alturas de los canales paralelepípedicos de mezcla de reacción, siendo cada altura preferiblemente la misma,
- 20 – las profundidades de los canales paralelepípedicos de refrigerante son idénticas a las profundidades de los canales paralelepípedicos de mezcla de reacción, siendo cada profundidad preferiblemente la misma, y
- la anchura de los canales de refrigerante (A-Refr) es menor que la anchura de los canales de mezcla de reacción (A-Reac), por ejemplo, la relación entre A-Refr y A-Reac es inferior a 0.8, preferiblemente inferior a 0.6, incluso inferior a 0.5.
- 25 10. Unidad según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la relación entre el volumen de los canales de refrigerante y el volumen de los canales de mezcla de reacción en el HERS es inferior a 0.8, preferiblemente inferior a 0.6, inferior a 0.5 o incluso inferior a 0.3.
- 30 11. Unidad según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la distancia entre la salida de mezcla de reacción del HERS y la entrada de mezcla de reacción del HERS es inferior a 5 m, por ejemplo, inferior a 4 m, preferiblemente inferior a 3 m, por ejemplo, inferior a 2.5 m.
- 35 12. Unidad según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde una zona de unión de mezcla de reacción conecta los "n" canales paralelepípedicos para la alimentación de mezcla de reacción de una sección del HERS con los "n" canales paralelepípedicos para la alimentación de mezcla de reacción de la siguiente sección del HERS, y en donde la zona de unión de mezcla de reacción comprende un elemento de mezcla/distribución que favorece la distribución de la mezcla de reacción.
- 40 13. Unidad según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el HERS se caracteriza por una relación de área superficial a volumen de la mezcla de reacción ("S/V" expresada en m²/m³)
- superior a 10, superior a 20, preferiblemente superior a 40, por ejemplo, superior a 60, y/o
 - inferior a 750, inferior a 450, preferiblemente inferior a 350, por ejemplo, inferior a 160.
- 45 14. Unidad según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el sistema de tuberías de refrigerante comprende un sistema de licuefacción de refrigerante.
- 50 15. Proceso en bucle de polimerización iónica para la polimerización de una mezcla de reacción que contiene uno o varios monómeros líquidos (por ejemplo, de isobutileno) en una unidad de polimerización según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, que comprende un bucle de polimerización, un bucle de refrigerante y un sistema de reactor intercambiador de calor ("HERS") que se comparte entre el bucle de polimerización y el bucle de refrigerante, en donde el bucle de polimerización comprende un sistema de extracción de polímero y un sistema de tuberías de mezcla de reacción que comprende una bomba de circulación y que está conectado a una entrada y una salida de dicho HERS y en donde el bucle de refrigerante comprende un sistema de tuberías de refrigerante conectado a una entrada y una salida de dicho HERS, caracterizado por que
- 60 1. el HERS comprende al menos dos secciones por las que se hacen circular tanto la mezcla de reacción como el refrigerante,
- 65 2. dicha o dichas secciones del HERS comprenden "n" (siendo n un número entero superior o igual a 1) canal o canales paralelepípedicos por donde se hace circular la mezcla de reacción y "n+1" pasos por donde se hace

circular el refrigerante,

3. las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción en el o los "n" canal o canales de una sección son unidireccionalmente paralelas,
- 5
4. las trayectorias de flujo del refrigerante en los "n+1" pasos de una sección son unidireccionalmente paralelas a las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción, y
- 10
5. en donde el refrigerante no está en contacto directo con la mezcla de reacción, y en donde la diferencia de temperatura del refrigerante entre cualquier punto dentro del lado del refrigerante del HERS es inferior a 3 °C.
16. Proceso en bucle de polimerización iónica según la reivindicación 15, en donde la diferencia de temperatura del refrigerante entre cualquier punto dentro del lado del refrigerante del HERS es inferior a 2.5 °C, inferior a 2 °C, inferior a 1.5 °C, por ejemplo, inferior a 1 °C.
- 15
17. Proceso en bucle de polimerización iónica según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 16, en donde el refrigerante es un refrigerante evaporativo y en donde la o las secciones del HERS comprenden "n+1" (siendo n un número entero superior o igual a 1) pasos por donde se hace circular y se evapora al menos parcialmente el refrigerante.
- 20
18. Proceso en bucle de polimerización iónica según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, en donde el refrigerante se selecciona entre CFC (Clorofluorocarbono), CFO (Clorofluoroolefina), HCFC (Hidroclorofluorocarbono), HCFO (Hidroclorofluoroolefina), HFC (Hidrofluorocarbono), HFO (Hidrofluoroolefina), HCC (Hidroclorocarbono), HCO (Hidrocloroolefina), HC (Hidrocarburo), HO (Hidroolefina, por ejemplo, alqueno o alquenos), PFC (Perfluorocarbono), PFO (Perfluoroolefina), PCC (Perclorocarbono), PCO (Percloroolefina), Halón/Haloalcano y/o mezclas de los mismos, lo más preferiblemente propileno.
- 25
19. Proceso en bucle de polimerización iónica según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 18, en donde la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción en una sección del HERS es opuesta a la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción en la siguiente sección ("trayectoria de flujo serpenteante").
- 30
20. Proceso en bucle de polimerización iónica según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 19, en donde la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción en el o los canales de la primera sección es ascendente y/o la trayectoria de flujo de la mezcla de reacción en el o los canales de la última sección es descendente.
- 35
21. Proceso en bucle de polimerización iónica según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 20, en donde la dirección de las trayectorias de flujo de la mezcla de reacción en el o los canales de las secciones del HERS son verticales, y/o la dirección de las trayectorias de flujo del refrigerante en los pasos de las secciones del HERS es vertical y ascendente.
- 40
22. Proceso en bucle de polimerización iónica según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 21, en donde el o los monómeros líquidos se introducen en el bucle de polimerización de la unidad de polimerización
- 45
- en el propio sistema de tuberías de mezcla de reacción, por ejemplo, entre la bomba de circulación y la entrada de mezcla de reacción del HERS, y/o
 - en la caja de entrada de mezcla de reacción, estando situada dicha caja en el HERS justo antes de la primera sección del HERS, preferiblemente en la parte inferior de dicha sección, y/o
 - en una zona de unión de mezcla de reacción que conecta los "n" canales paralelepípedicos para la alimentación de mezcla de reacción de una sección con los "n" canales paralelepípedicos para la alimentación de mezcla de reacción de la siguiente sección, y en donde la zona de unión de mezcla de reacción comprende un elemento de mezcla/distribución que favorece la distribución de la mezcla de reacción.
- 50
23. Proceso en bucle de polimerización iónica según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 22, en donde la mezcla de reacción que contiene uno o varios monómeros líquidos comprende un sistema catalizador que consiste en un sistema coiniador de ácido de Lewis, es decir, un ácido de Lewis que sirve de coiniador (a menudo identificado como el catalizador o activador) preferiblemente junto con un iniciador.
- 55
24. Proceso en bucle de polimerización iónica según la reivindicación 23, en donde el iniciador está presente y se premezcla con el monómero líquido antes de su introducción en el HERS.
- 60
25. Proceso en bucle de polimerización iónica según cualquiera de las reivindicaciones 23 o 24, en donde el catalizador se introduce
- 65

- en el propio sistema de tuberías de mezcla de reacción, por ejemplo, entre la salida de mezcla de reacción del HERS y la bomba de circulación, y/o
- 5 – en una zona de unión de mezcla de reacción que conecta los "n" canales paralelepípedicos para la alimentación de mezcla de reacción de una sección del HERS con los "n" canales paralelepípedicos para la alimentación de mezcla de reacción de la siguiente sección del HERS, y en donde la zona de unión de mezcla de reacción comprende un elemento de mezcla/distribución que favorece la distribución de la mezcla de reacción, preferiblemente una zona de unión de mezcla de reacción en la que no se introduce monómero líquido fresco.
- 10 26. Proceso en bucle de polimerización iónica según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 25, en donde el HERS se caracteriza por un coeficiente volumétrico de transferencia de calor (expresado en MW/m³.K)
 - superior a 0.004, superior a 0.008, preferiblemente superior a 0.015, por ejemplo, superior a 0.03, y/o
 - 15 – inferior a 0.4, inferior a 0.2, preferiblemente inferior a 0.1, por ejemplo, inferior a 0.05.
- 20 27. Proceso en bucle de polimerización iónica según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 26, en donde la relación de recirculación (que se calcula como la relación de caudales volumétricos del caudal volumétrico de la mezcla de reacción en el bucle de polimerización (en m³/h) al caudal volumétrico de la extracción de mezcla de polímeros del bucle (en m³/h)) está comprendida entre 5 y 50, preferiblemente entre 10 y 40, por ejemplo, entre 15 y 30.
- 25 28. Proceso en bucle de polimerización iónica según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 27, en donde la velocidad lineal (que se refiere a la velocidad de la mezcla de reacción en los canales del HERS y que se calcula preferiblemente dividiendo el caudal volumétrico de la mezcla de reacción en el bucle de polimerización (en m³/h) por el área de la sección transversal de los n canales de la primera sección) está comprendida entre 0.5 y 10 m/s, preferiblemente entre 1 y 5 m/s, por ejemplo, entre 1.5 y 2.5 m/s.
- 30 29. Uso de un proceso en bucle de polimerización iónica según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 28 para controlar la distribución de pesos moleculares del polímero producido en una unidad según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14
 - variando los caudales del monómero líquido en sus puntos de introducción, por ejemplo, como se define en la reivindicación 22, y/o
 - 35 • variando el caudal del catalizador en sus puntos de introducción, por ejemplo, como se define en la reivindicación 25, y/o
 - 40 • variando la relación de recirculación en el bucle de polimerización, por ejemplo, como se define en la reivindicación 27.

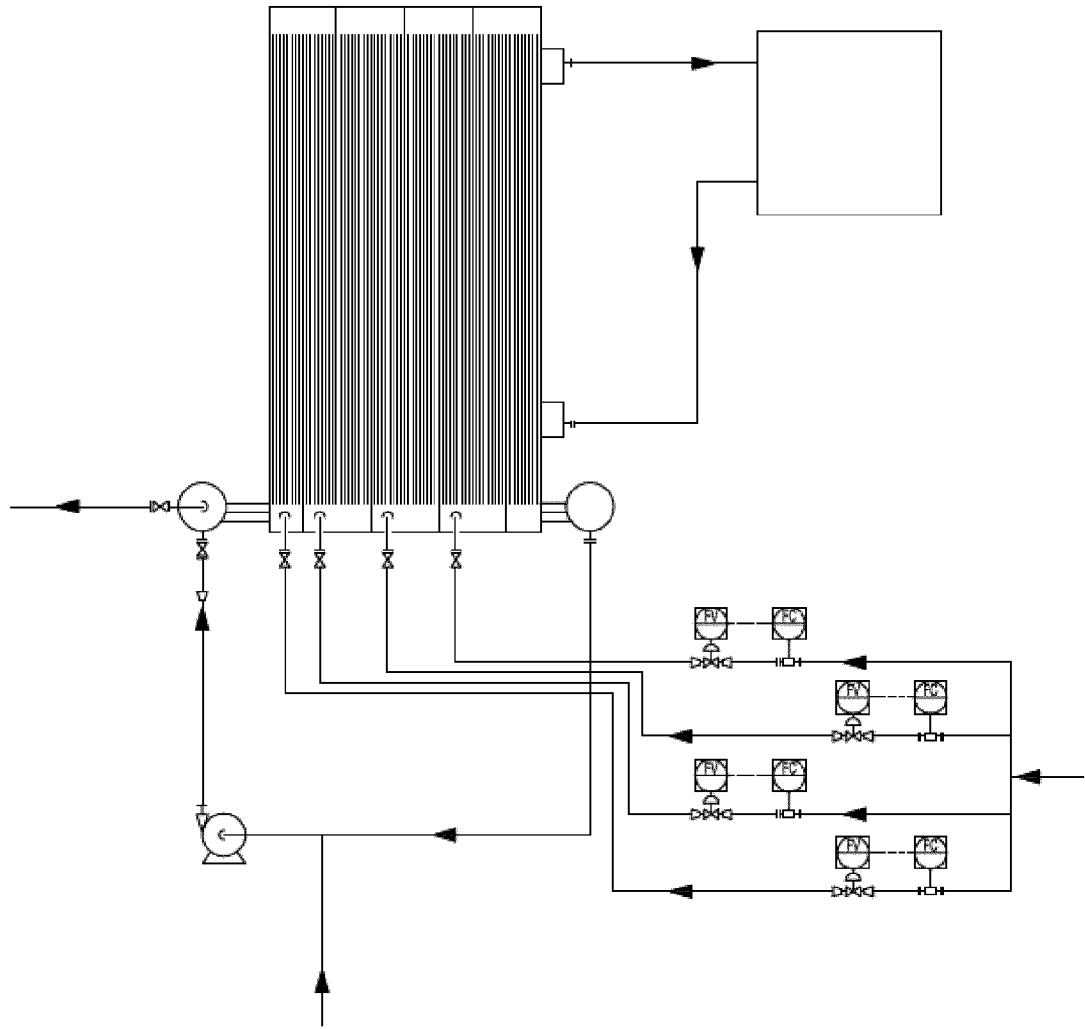


Fig. 1

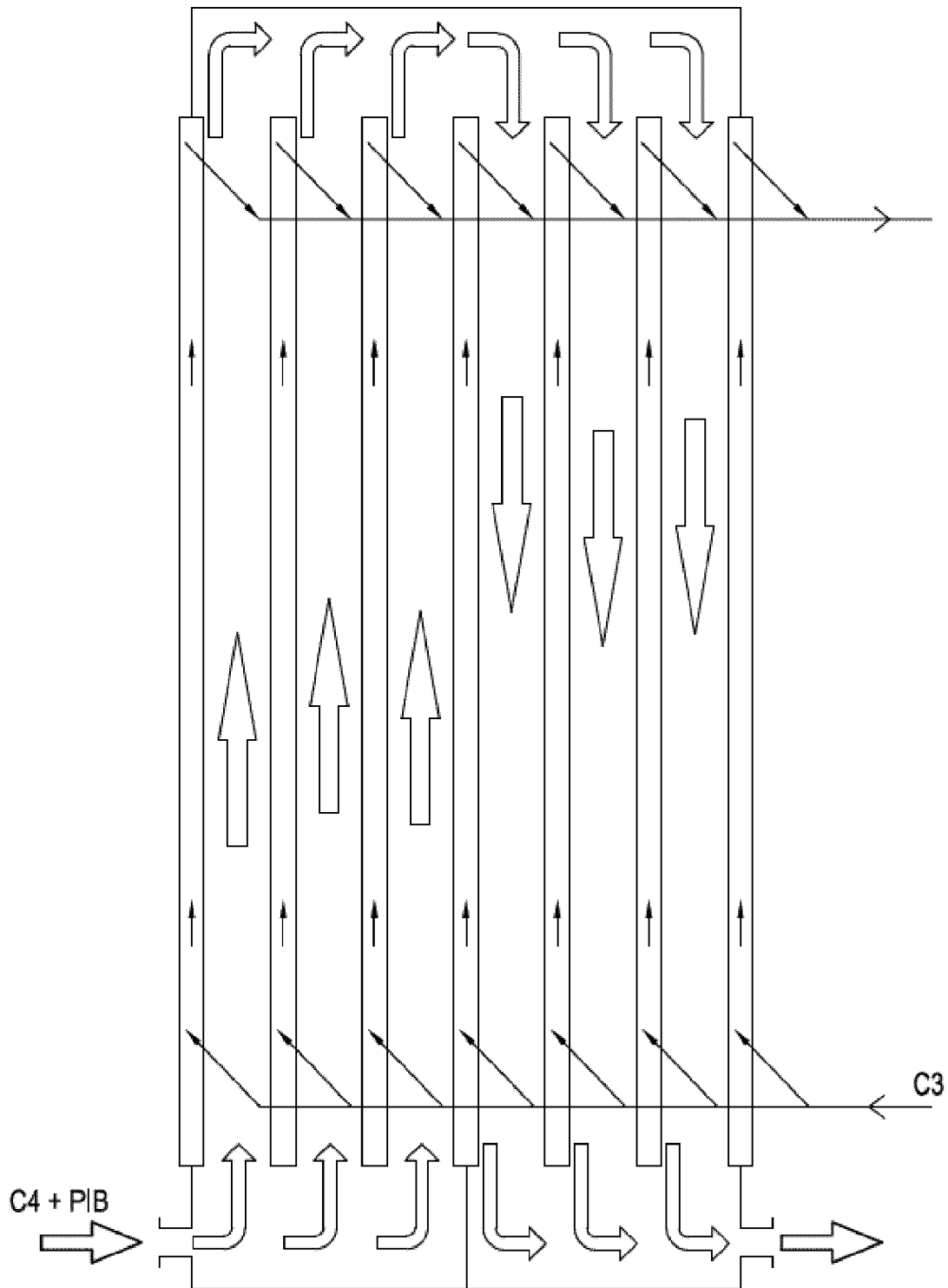


Fig. 2

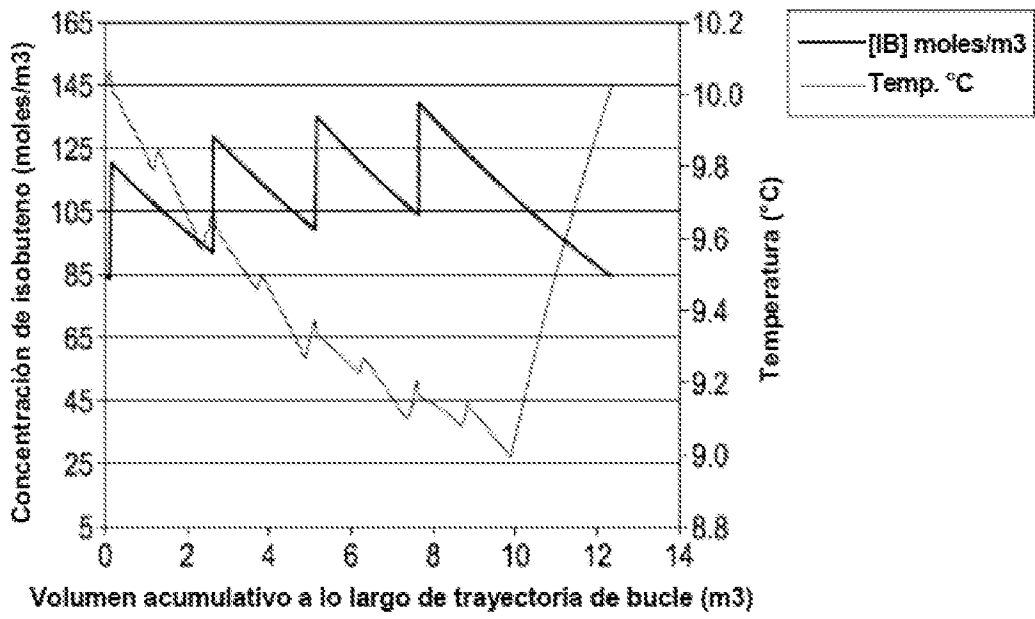


Fig. 3

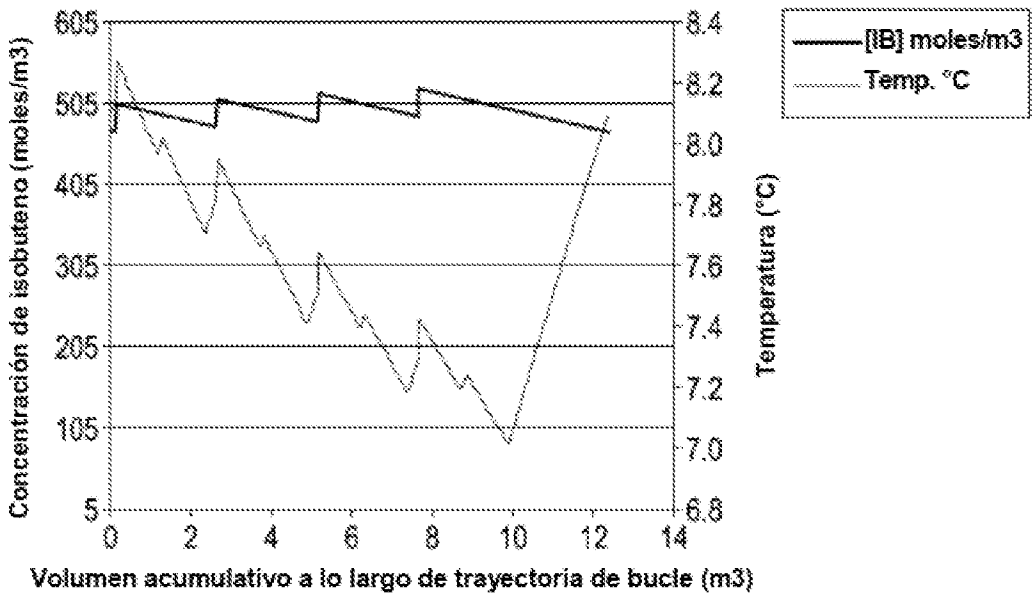


Fig. 4

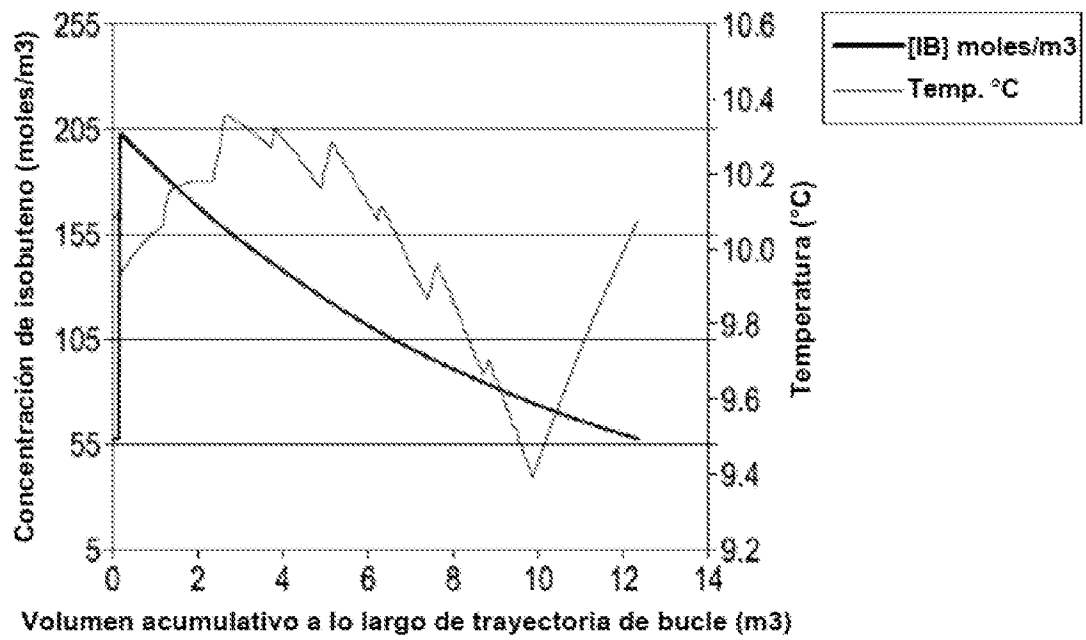


Fig. 5