

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 738**

51 Int. Cl.:

**B01J 19/00** (2006.01)

**B01J 19/24** (2006.01)

**C08G 69/16** (2006.01)

**C08G 69/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.02.2013 E 13154509 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018 EP 2764912**

54 Título: **Reactor con tubo de condensación vertical y procedimiento para la polimerización de poliamidas en un reactor de este tipo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**08.06.2018**

73 Titular/es:  
**UHDE INVENTA-FISCHER GMBH (100.0%)**  
**Holzhauser Strasse 157-159**  
**13509 Berlin, DE**

72 Inventor/es:  
**SIEBECKE, EKKEHARD;**  
**KATZER, JOHANNES y**  
**KÖNIGSMANN, BERND**

74 Agente/Representante:  
**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 671 738 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

Reactor con tubo de condensación vertical y procedimiento para la polimerización de poliamidas en un reactor de este tipo

5 La invención se refiere a un reactor en forma de un tubo VK (VK: Vereinfacht kontinuierlich, por sus siglas en alemán, (simplificado continuo)), para la polimerización de poliamidas, estando dividido el reactor en una zona de reactor superior y una inferior, que pueden regularse independientemente entre sí. Asimismo, la invención se refiere a un procedimiento para la producción de poliamidas, en el que se emplea un reactor de este tipo.

10 En la producción de PA6 altamente viscosa (con y sin empleo de copolímeros) se ponen a disposición de los productores actualmente dos modos de proceder. Por un lado, la generación de alta viscosidad en la masa fundida de los reactores de polimerización, por otro lado, mediante el uso de la postcondensación en fase sólida (SSP) en una etapa de tratamiento situada aguas abajo.

El aumento de la viscosidad en la etapa de polimerización es siempre preferible, dado que mediante la SSP también se forman productos secundarios no deseados (monómeros), que perturban el procesamiento posterior.

15 El aumento de la viscosidad en la etapa de polimerización requiere, debido al equilibrio químico, la separación del agua de la masa fundida polimérica. Esto tiene lugar de la forma más efectiva mediante etapas de reactor adicionales, que se recorren una tras otra con escalones de presión (con presión decreciente). A este respecto, se reduce el porcentaje de agua de etapa a etapa y, con ello, se facilita el aumento de viscosidad adicional. A este respecto, debido al número adicional de reactores y accesorios asociados, resulta una complejidad elevada de la instalación global. Debido al gran espacio requerido y el montaje más costoso se generan costes adicionales, que no son aceptables para los productores. En la práctica, ha dado buen resultado la instalación de como máximo dos reactores de polimerización conectados en serie (reactor de prepolimerización y tubo VK). En determinadas circunstancias, puede usarse también una etapa de mezclado y precalentamiento previa, en la que se mezclan y calientan las materias primas. En cambio, este recipiente no ha de considerarse un reactor de polimerización.

20

25 Para alcanzar la viscosidad de polímero máxima, por regla general, el segundo reactor de polimerización (tubo VK) se hace funcionar a una presión negativa de hasta 400 mbar de presión absoluta. A este respecto, aumentan los problemas de suciedad y las inestabilidades de funcionamiento a presiones por debajo de 600 mbar de presión absoluta, que limitan la calidad del producto. Con ello puede conseguirse una viscosidad relativa (VR), en el caso de polímero no estabilizado, de hasta VR=3,2. En el caso del polímero estabilizado, este valor es claramente inferior.

30 Estado de la técnica en la producción de PA6 es la polimerización en una cascada de reactores de 2 etapas, en la que el primer reactor (prepolimerización) se recorre bajo presión negativa, para aumentar la reacción de apertura de anillo y la conversión de reacción. El segundo reactor se hace funcionar a presión ambiente o vacío, para alcanzar la viscosidad necesaria. Estado de la técnica es la realización de la prepolimerización sin enfriamiento de la masa fundida y la realización del tubo VK sin etapa de desgasificación / deshidratación con un refrigerador de masa fundida (Franz Fourne, Synthetische Fasern, pág. 54, cap. 2.2.3.9 así como documento EP1194473A1).

35 Partiendo de lo anterior, era objetivo de la presente invención proporcionar un reactor de polimerización, con el que se consiga la viscosidad más alta posible de la masa fundida polimérica, sin tener que aplicar un vacío demasiado intenso.

Este objetivo se consigue mediante el reactor con las características de la reivindicación 1 y el procedimiento con la característica de la reivindicación 9. Las reivindicaciones dependientes muestran perfeccionamientos ventajosos.

40 De acuerdo con la invención se proporciona un reactor, en particular en forma de un tubo VK, para la polimerización de poliamidas con una zona de reactor superior y una inferior.

La zona de reactor superior presenta a este respecto una zona de entrada para la adición de la masa fundida prepolimérica, una unidad de caldeo, una primera parte de tubo de flujo, un cono de descarga calentado así como a lo largo de toda la altura de la zona de reactor superior una calefacción de pared.

45 La zona de reactor inferior presenta una zona de entrada para la adición de la masa fundida desde la zona de reactor superior, una posibilidad de desgasificación para separar el vapor de proceso, una unidad de refrigeración estática, una segunda parte de tubo de flujo, un cono de descarga calentado y una conducción de descarga conectada al mismo así como a lo largo de toda la altura de la zona de reactor inferior una calefacción de pared.

Las dos zonas de reactor están conectadas a este respecto a través de una conducción.

50 Preferentemente, la unidad de caldeo es una unidad de caldeo estática, en particular un haz de tubos, un cuerpo de rebose calentado internamente, un intercambiador de calor de placas o un serpentín de calefacción. En cambio es asimismo posible usar una unidad de caldeo dinámica, en particular un evaporador Roberts o un calentador de circulación.

La unidad de refrigeración estática es preferentemente un haz de tubos, un cuerpo de rebose calentado internamente, un intercambiador de calor de placas o un serpentín de calefacción.

Entre el cono de descarga de la zona de reactor superior y la zona de entrada de la zona de reactor inferior, está integrada preferentemente una bomba dosificadora o una válvula reguladora para el transporte del polímero.

- 5 Una variante preferida adicional prevé que por encima de la unidad de caldeo está dispuesto un agitador.

El tubo VK de acuerdo con la invención puede estar acoplado preferentemente con un reactor de prepolimerización para la prepolimerización de poliamidas. Este reactor de prepolimerización presenta una zona de entrada para la adición de los reactantes, una unidad de caldeo, pudiendo emplearse una unidad de caldeo estática o una unidad de caldeo dinámica, una primera parte de tubo de flujo, que presenta una calefacción de pared independiente, una  
10 segunda parte de tubo de flujo, que presenta asimismo una calefacción de pared independiente, así como una conducción de salida para el prepolímero.

En la conducción de salida puede estar integrada preferentemente una bomba de descarga para el transporte del prepolímero. Asimismo se prefiere cuando la conducción de salida presenta una calefacción de pared, en particular una camisa calentadora.

- 15 El reactor de prepolimerización presenta entre la primera parte de tubo de flujo y la segunda parte de tubo de flujo una unidad de refrigeración.

Preferentemente, la unidad de refrigeración y las calefacciones de pared independientes y la calefacción de la conducción de salida están acopladas térmicamente a través de un único circuito de portador de calor.

- 20 Las calefacciones de pared del reactor pueden ser, independientemente entre sí, dobles camisas y/o serpentines de calefacción semitubulares.

El reactor de acuerdo con la invención permite la producción de una masa fundida de poliamida con una viscosidad relativa excepcionalmente alta de 2,4 a 4,5, sin que tenga que añadirse posteriormente una postcondensación en fase sólida. Esto se permite mediante una etapa de prepolimerización situada aguas arriba. Por lo tanto, no se genera una necesidad de espacio adicional para etapas de reactor adicionales. Mediante la combinación de dos etapas de reactor en un reactor, el tubo VK, se trabaja con una eficiencia energética excepcional, dado que las pérdidas de calor de la etapa de reactor superior a través de su cono de descarga se aprovechan para el calentamiento de la parte inferior y por lo tanto no se pierden.

- 25 Para la homogeneización del flujo, las partes de tubo de flujo pueden presentar preferentemente al menos en parte rectificadores de flujo.

- 30 De acuerdo con la invención, se proporciona asimismo un procedimiento para la polimerización de poliamidas en un reactor en forma de un tubo de condensación vertical (tubo VK) con una zona de reactor superior y una inferior, que están conectadas a través de una conducción, en el que

a) en una zona de entrada de la zona de reactor superior se dosifica la masa fundida prepolimérica,

- 35 b) por medio de una unidad de caldeo se ajusta la temperatura de la masa fundida a de 240 a 270°C, en particular de 250 a 265 °C,

c) la masa fundida se conduce a través de una primera parte de tubo de flujo, que está acoplada con una calefacción de pared independiente para evitar una pérdida de calor, la masa fundida se conduce hasta una unidad de refrigeración, con la que se ajusta la temperatura de la masa fundida a de 225 a 260 °C, en particular de 230 a 240 °C, y

- 40 d) la masa fundida se transporta a través de una segunda parte de tubo de flujo, que está acoplada con una calefacción de pared independiente para evitar una pérdida de calor, hasta una conducción de salida.

Preferentemente, la unidad de refrigeración y las calefacciones de pared independientes están acopladas térmicamente a este respecto a través de un único circuito de portador de calor.

- 45 En un recipiente de mezclado situado aguas arriba de la zona de entrada pueden mezclarse previamente por adelantado los reactantes. Entre los reactantes figuran en este caso los monómeros, agua y aditivos adicionales.

En las partes de tubo de flujo puede facilitarse, preferentemente por medio de rectificadores de flujo, un flujo pistón de la masa fundida.

La masa fundida puede transportarse tanto a través de la conducción de salida por medio de una bomba de descarga o por medio de presión en el reactor.

- 50 Preferentemente, el prepolímero se alimenta entonces a través de la conducción de salida a un reactor de

polimerización adicional, en particular a un tubo VK. Una poliamida con una viscosidad relativa de 2,4 a 4,5, preferentemente de 3,0 a 3,6, en cada caso medida en una solución de 1 g de poliamida en ácido sulfúrico al 96 por ciento, puede producirse según el procedimiento descrito anteriormente. Por medio de la siguiente Figura se explicará en detalle el objeto de acuerdo con la invención sin desear limitar el mismo a la forma de realización mostrada en este caso.

La Figura 1 muestra el reactor de acuerdo con la invención en una representación esquemática.

La Figura 2 muestra un acoplamiento de un reactor de prepolimerización con un reactor de acuerdo con la invención (tubo VK) para dar una instalación de polimerización de dos etapas de acuerdo con la invención.

En la Figura 1 está representado un reactor de tubo de flujo de acuerdo con la invención, el tubo VK (11), que se compone de dos cámaras de reactor individuales regulables independientemente entre sí con cámara de gas (12, 15). En las dos secciones de reactor, la alimentación se realiza en función de la medición de nivel automática, la temperatura puede ajustarse mediante una parte de intercambiador de calor automática y la presión de funcionamiento se mantiene constante mediante una regulación de presión con válvula reguladora y lavado de los gases de escape opcional. Para poder ajustar en ambas etapas de reactor un vacío constante, se emplea para la desgasificación una unidad de vacío (opcionalmente también dos etapas de vacío individuales, una para cada parte de reactor), que proporciona un vacío de base, que es más bajo que la presión de funcionamiento en ambas partes de reactor. El ajuste de presión tiene lugar a través de válvulas reguladoras.

La parte de reactor superior está equipada con una calefacción de pared activa (doble camisa o serpentín de calefacción semitubular) en toda la altura del armazón. Opcionalmente puede estar instalado un agitador en el volumen de líquido por encima de calefactor de polímero (13).

La masa fundida se alimenta de manera que se pone a disposición una gran superficie de evaporación. Esto puede suceder en las paredes de reactor, sobre cuerpos de caldeo en la cámara de masa fundida o mediante otra distribución de capa fina. Resulta un nivel de líquido a través de toda la masa fundida acumulada, que conlleva una homogeneización de la masa fundida.

Por debajo del nivel de líquido se encuentra un calefactor de polímero (13), que puede estar realizado o bien de manera estática (haz de tubos, cuerpo de rebose calentado internamente, intercambiador de calor de placas, serpentín de calefacción, o similares) o bien como calefactor dinámico (evaporador Roberts, calefactor de circulación, o similares).

Por debajo del calefactor se encuentra una parte de tubo de flujo (14), que está equipada con rectificadores de flujo, para ajustar un flujo pistón de la masa fundida y con ello una distribución homogénea del tiempo de permanencia. A través de un cono de descarga calentado se conduce la masa fundida hacia fuera del reactor y a través de una bomba dosificadora (18) opcional y/o una válvula reguladora se conduce hacia la parte de reactor inferior.

La parte de reactor inferior está equipada por completo con una calefacción de pared independiente (doble camisa o serpentín de calefacción semitubular).

La masa fundida se alimenta de manera que se pone a disposición una gran superficie de evaporación. Esto puede suceder en las paredes de reactor, sobre cuerpos de caldeo en la cámara de masa fundida o mediante otra distribución de capa fina. Resulta un nivel de líquido a través de toda la masa fundida acumulada, que conlleva una homogeneización de la masa fundida.

Por debajo del nivel de líquido se encuentra un refrigerador de polímero estático (16) (haz de tubos, cuerpo de rebose calentado internamente, intercambiador de calor de placas, serpentín de calefacción, o similares).

Por debajo del calefactor se encuentra una parte de tubo de flujo (17), que está equipada con rectificadores de flujo, para ajustar un flujo pistón de la masa fundida y con ello una distribución homogénea del tiempo de permanencia. A través de un cono de descarga calentado se conduce la masa fundida hacia fuera del reactor y hacia una bomba de descarga situada aguas abajo.

Las materias primas (caprolactama, agua, aditivos, en determinadas circunstancias extractos de estas y/u otras instalaciones de polimerización) se mezclan en la primera etapa de reactor (1), se calientan y se procesan para dar un prepolímero de PA6.

Este prepolímero se dosifica de manera continua en el tubo VK (11). En este sentido, la cantidad de dosificación se regula automáticamente en función del nivel en la cabeza del tubo VK. Esto puede suceder por medio de una válvula reguladora u opcionalmente por medio de una bomba de prepolímero adecuada (7). La presión en la cabeza del tubo VK se mantiene en la cámara de gas de la cabeza de reactor (12) automáticamente a una presión de funcionamiento de 600 a 1050 mbar de presión absoluta, preferentemente de 850 a 950 mbar de presión absoluta. Agua y vapores de caprolactama, que se generan mediante un calentamiento adicional, se extraen y se conducen a través de una válvula reguladora de presión hasta una unidad de vacío (19). Opcionalmente, los vapores pueden precondensarse y lavarse en una columna de lavado (20). Debido a la presión menor en comparación con la prepolimerización (1) y la temperatura elevada, se retira el agua de la masa fundida prepolimérica.

- El prepolímero se lleva hasta la temperatura de polimerización en la cabeza del tubo VK. Esto tiene lugar mediante un calentador de masa fundida (13) incorporado en el tubo VK. El calentador de masa fundida puede estar realizado como calefactor estático (haz de tubos, cuerpo de rebose calentado internamente, intercambiador de calor de placas, serpentín de calefacción, o similares) o como calefactor dinámico (evaporador Roberts, calefactor de circulación, o similares). El polímero calentado se conduce a través de la parte de reactor de tubo de flujo superior (14) del tubo VK (11), en la que se pone a disposición el tiempo de permanencia necesario para la reacción. El flujo a través de la parte de flujo tiene lugar en un flujo pistón, que se garantiza mediante elementos fijos de reactor. En el extremo inferior de la parte de reactor de tubo de flujo, se recoge la masa fundida a través de un cono situado internamente y se conduce a una conducción tubular.
- Desde ahí se conduce la masa fundida polimérica, con regulación del nivel, hacia la parte inferior del tubo VK (11). Para ello puede usarse opcionalmente una bomba (18), o se usa únicamente la altura estática de la parte superior del reactor como fuerza motriz. La parte inferior del VK está dotado de una cámara de gas inferior (15), a través de la que puede ajustarse una presión de funcionamiento en la parte de reactor inferior menor que en la cabeza de reactor (12). La presión en la parte inferior del reactor se mantiene automáticamente a una presión de funcionamiento de 550 a 900 mbar de presión absoluta, preferentemente de 600 a 800 mbar de presión absoluta. Agua y vapores de caprolactama, que se evaporan mediante la reducción de la presión, se extraen y se conducen a través de una válvula reguladora de presión hasta una unidad de vacío (19). Opcionalmente, los vapores pueden precondensarse y lavarse en una columna de lavado (21).
- La masa fundida polimérica descomprimida se enfría a través de un refrigerador de polímero estático (16). La energía que se extrae de la masa fundida, puede usarse en otras etapas de reacción o suministrarse como calor de escape al entorno. Después del enfriamiento, se conduce la masa fundida a la parte de tubo de flujo inferior (17) situada por debajo, en la que se pone a disposición el tiempo de permanencia necesario para la reacción. El flujo a través de la parte de flujo tiene lugar en un flujo pistón, que se garantiza mediante elementos fijos de reactor. La masa fundida polimérica altamente viscosa se extrae a través del cono de descarga y se alimenta a la granulación situada aguas abajo.
- En la cámara de evaporación (15) puede extraerse el agua que se formó por la reacción de equilibrio en la parte de tubo de flujo (14) situada por encima. De este modo puede formarse un contenido en agua claramente más bajo en el polímero y con ello una viscosidad relativa (VR) más alta que en el caso de una descompresión simple en la parte de cabeza del tubo VK también en caso de que se alcanzara allí una presión absoluta más baja.
- En la Figura 2 está representada una instalación de polimerización de dos etapas de acuerdo con la invención.
- El reactor de prepolimerización (1) se compone de una zona de entrada (2) en la que se dosifica la mezcla de materias primas de caprolactama, agua, aditivos y opcionalmente extractos recirculados de una etapa de extracción. Existe también la posibilidad de que la mezcla de materias primas haya mezclado y calentado ya en un recipiente de mezclado situado aguas y la mezcla acabase se añada al reactor de prepolimerización. Resulta un nivel de líquido a través de toda la mezcla de materias primas acumulada, que conlleva una homogeneización de la masa fundida.
- Por debajo del nivel de líquido se encuentra un calefactor (3), que puede estar realizado o bien de manera estática (haz de tubos, cuerpo de rebose calentado internamente, intercambiador de calor de placas, serpentín de calefacción, o similares) o bien como calefactor dinámico (evaporador Roberts, calefactor de circulación, o similares). Para ello se ajusta de manera continua y automática la temperatura necesaria para la prepolimerización.
- Por debajo del calefactor se encuentra una parte de tubo de flujo (4), que está equipada con rectificadores de flujo, para ajustar un flujo pistón de la masa fundida y con ello una distribución homogénea del tiempo de permanencia. Esta parte de reactor inferior está equipada por completo con una calefacción de pared independiente (doble camisa o serpentín de calefacción semitubular), que como aislamiento activo contrarresta una pérdida de calor, sin influir en la temperatura de fusión.
- La masa fundida prepolimérica se guía después a través de un refrigerador de prepolímero estático (5), en el que la temperatura se reduce hasta una temperatura por debajo de la temperatura de prepolimerización pero por encima del punto de fusión (de 225 a 260 °C, preferentemente de 230 a 240 °C).
- Por debajo del refrigerador se encuentra una parte de tubo de flujo adicional (6), que está equipada con rectificadores de flujo, para ajustar un flujo pistón de la masa fundida y con ello una distribución homogénea del tiempo de permanencia. Esta parte de reactor inferior está equipada a su vez con una calefacción de pared independiente (doble camisa o serpentín de calefacción semitubular), que como aislamiento activo contrarresta una pérdida de calor, sin influir en la temperatura de fusión. A través de un cono de descarga se conduce la masa fundida hacia fuera del reactor y hacia una bomba de descarga (7) situada aguas abajo. Opcionalmente, puede también aprovecharse la presión elevada en el reactor de prepolimerización para el transporte de masa fundida adicional. La masa fundida se transporta a través de una conducción de prepolímero calentada (8) hasta la cabeza del siguiente tubo VK (11), tal como se describió en la Figura 1. En este sentido, debido al contacto intensivo y la gran superficie de tubo, se eleva de nuevo la temperatura de la masa fundida.

El calor que se extrae de la masa fundida polimérica en el refrigerador de prepolímero (5), se aprovecha para calentar de nuevo la masa fundida prepolimérica que abandona el reactor de prepolimerización. Debido al tiempo de permanencia limitado en la conducción de prepolimerización, el equilibrio químico en la masa fundida prepolimérica permanece inalterado y sigue dándose la intensa separación de agua en el siguiente tubo VK (11).

- 5 El enfriamiento de la masa fundida prepolimérica se garantiza mediante un flujo de aceite portador de calor constante (HTM). El HTM enfriado se guía en contracorriente con respecto a la masa fundida a través del refrigerador de masa fundida (5). A este respecto, el aceite portador de calor adopta la temperatura de entrada de la masa fundida en el refrigerador. A este nivel de temperatura, el HTM puede aprovecharse para calentar la camisa calentadora de la parte de tubo de flujo (4) del reactor de prepolimerización (1). Después se conduce el HTM en
- 10 contracorriente con respecto a la masa fundida prepolimérica hasta la camisa de la conducción de prepolimerización. Mediante la guía en contracorriente, se calienta la masa fundida prepolimérica y el HTM se enfría casi hasta la temperatura de salida del reactor de prepolimerización. Después se añade el HTM a través de la camisa de la parte de reactor inferior (6), de modo que este abandona la camisa del reactor con una temperatura próxima a la temperatura de fusión en la boca de salida del refrigerador de masa fundida. A través de una bomba (9) y un
- 15 refrigerador por aire (10) se enfría aún más y se conduce hasta el refrigerador de masa fundida (5).

En la Tabla 1 están indicados los intervalos de temperatura de acuerdo con la invención en el proceso de reacción de una instalación de producción de PA6 con refrigeración de prepolímero, haciendo referencia los números de flujo a la Figura 2.

**Tabla 1**

Número de flujo	Temperatura
A	240...270 °C, preferentemente 250...265°C
B	245...275 °C, preferentemente 255...270°C
C	220...255 °C, preferentemente 230...240°C
D	220...255 °C, preferentemente 230...240°C
E	240...275 °C, preferentemente 253...268°C
F	218...253 °C, preferentemente 228...238°C
G	243...273 °C, preferentemente 253...268°C
J	222...257 °C, preferentemente 232...242°C
K	222...257 °C, preferentemente 232...242°C

- 20 El tiempo de permanencia en el reactor de prepolimerización asciende a este respecto a 3,5 horas. La temperatura de cabeza en el reactor de prepolimerización asciende a 250°C, mientras que la temperatura de salida asciende a 265°C. El reactor de prepolimerización se recorre a una presión de funcionamiento de 3,0 bar.

- 25 El tiempo de permanencia en el tubo VK asciende a 9 horas. En este sentido, la temperatura de cabeza en el tubo VK asciende a 275°C y la temperatura de salida asciende a 240°C. El tubo VK se recorre a una presión de funcionamiento de 1,0 bar.

Si en el tubo VK se usa solamente una etapa de desgasificación, entonces, a continuación, la viscosidad relativa del polímero asciende a 2,69. La determinación de la viscosidad relativa tiene lugar en el polímero extraído, medida en ácido sulfúrico al 96 por ciento. El grado de polimerización medio asciende a 158.

- 30 Si se emplea el tubo VK con dos etapas de desgasificación, la desgasificación tiene lugar en la segunda etapa de desgasificación a 275°C y 0,6 bar. En este sentido resulta un polímero con una viscosidad relativa de 3,19 (medida en el polímero extraído, medida en ácido sulfúrico al 96 por ciento). El grado de polimerización medio asciende en este caso a 200.

**REIVINDICACIONES**

1. Reactor en forma de un tubo VK (11) para la polimerización de poliamidas con una zona de reactor superior y una inferior, en el que la zona de reactor superior presenta

- 5
- una zona de entrada (12) para la adición de la masa fundida prepolimérica,
  - una unidad de caldeo (13),
  - una primera parte de tubo de flujo (14)
  - un cono de descarga calentado así como
  - a lo largo de toda la altura de la zona de reactor superior, una calefacción de pared, y

la zona de reactor inferior presenta

- 10
- una zona de entrada (15) para la adición de la masa fundida desde la zona de reactor superior y la separación de vapor de proceso,
  - una unidad de refrigeración estática (16),
  - una segunda parte de tubo de flujo (17)
  - un cono de descarga calentado y una conducción de descarga conectada al mismo así como
- 15
- a lo largo de toda la altura de la zona de reactor inferior, una calefacción de pared, y

estando la zona de reactor superior y la zona de reactor inferior conectadas a través de una conducción.

2. Tubo VK según la reivindicación 1,

- 20
- caracterizado porque** la unidad de caldeo (13) es una unidad de caldeo estática, en particular un haz de tubos, un cuerpo de rebose calentado internamente, un intercambiador de calor de placas o un serpentín de calefacción o una unidad de caldeo dinámica, en particular un evaporador Roberts o un calentador de circulación, y/o la unidad de refrigeración estática (16) es un haz de tubos, un cuerpo de rebose calentado internamente, un intercambiador de calor de placas o un serpentín de calefacción.

3. Tubo VK según una de las reivindicaciones anteriores,

- 25
- caracterizado porque** entre el cono de descarga de la zona de reactor superior y la zona de entrada (15) de la zona de reactor inferior hay integrada una bomba dosificadora (18) o una válvula reguladora para el transporte del prepolímero.

4. Tubo VK según una de las reivindicaciones anteriores,

**caracterizado porque** por encima de la unidad de caldeo (13) está dispuesto un agitador.

5. Tubo VK según una de las reivindicaciones anteriores,

- 30
- caracterizado porque** el tubo VK (11) está unido a un reactor de prepolimerización (1) para la prepolimerización de poliamidas con

- 35
- una zona de entrada (2) para la adición de los reactantes,
  - una unidad de caldeo (3), en particular una unidad de caldeo estática, preferentemente un haz de tubos, un cuerpo de rebose calentado internamente, un intercambiador de calor de placas o un serpentín de calefacción, o una unidad de caldeo dinámica, preferentemente un evaporador Roberts o un calentador de circulación,
  - una primera parte de tubo de flujo (4), que presenta una calefacción de pared independiente,
  - una segunda parte de tubo de flujo (6), que presenta una calefacción de pared independiente así como
  - una conducción de salida (8) para el prepolímero, en la que preferentemente hay integrada una bomba de descarga (7) para el transporte del prepolímero y/o una calefacción de pared, en particular una camisa calentadora,
- 40

en el que el reactor de prepolimerización, entre la primera parte de tubo de flujo (4) y la segunda parte de tubo de flujo (6), presenta una unidad de refrigeración (5).

6. Tubo VK según una de las reivindicaciones anteriores,

- 45
- caracterizado porque** la unidad de refrigeración (5) y las calefacciones de pared independientes están acopladas térmicamente a través de un único circuito de portador de calor.

7. Tubo VK según una de las reivindicaciones anteriores,

**caracterizado porque** las calefacciones de pared son, independientemente entre sí, dobles camisas y/o serpentines de calefacción semitubulares.

8. Tubo VK según una de las reivindicaciones anteriores,

- 50
- caracterizado porque** las partes de tubo de flujo (4, 6, 14, 17) presentan al menos en parte rectificadores de flujo.

9. Procedimiento para la polimerización de poliamidas en un reactor en forma de un tubo de condensación vertical (tubo VK) con una zona de reactor superior y una inferior, que están conectadas a través de una conducción, en el que

- a) en una zona de entrada (12) de la zona de reactor superior se dosifica la masa fundida prepolimérica,  
b) por medio de una unidad de caldeo (13), se ajusta la temperatura de la masa fundida a de 240 a 280 °C, en particular de 250 a 265 °C,  
5 c) la masa fundida se conduce a través de una primera parte de tubo de flujo (14), que está acoplada a una calefacción de pared independiente para evitar una pérdida de calor, hasta una unidad de refrigeración (16), con la que se ajusta la temperatura de la masa fundida a de 225 a 260 °C, en particular a de 230 a 240 °C, y  
d) la masa fundida se transporta a través de una segunda parte de tubo de flujo (17), que está acoplada a una calefacción de pared independiente para evitar una pérdida de calor, hasta una conducción de salida.
10. Procedimiento según la reivindicación 9,  
10 **caracterizado porque** el prepolímero se alimenta desde un reactor de prepolimerización (1), en el que
- a) en una zona de entrada (2) del reactor se dosifican los reactantes,  
b) por medio de una unidad de caldeo (3), se ajusta la temperatura de la masa fundida polimérica a de 240 a 270°C, en particular a de 250 a 265 °C,  
15 c) la masa fundida polimérica se conduce a través de una primera parte de tubo de flujo (4), que está acoplada a una calefacción de pared independiente para evitar una pérdida de calor, hasta una unidad de refrigeración (5), con la que se ajusta la temperatura de la masa fundida polimérica a de 220 a 255 °C, en particular a de 230 a 240 °C, y  
d) la masa fundida polimérica se transporta a través de una segunda parte de tubo de flujo (6), que está acoplada a una calefacción de pared independiente para evitar una pérdida de calor, hasta una conducción de salida (8),  
20 que está acoplada al tubo VK (11).
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 o 10,  
**caracterizado porque** en las partes de tubo de flujo (4, 6, 14, 17), por medio de rectificadores de flujo, se permite un flujo pistón de la masa fundida.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 11,  
25 **caracterizado porque** la masa fundida se transporta a través de la conducción de salida (8) por medio de una bomba de descarga (7) o por medio de presión en el reactor hasta el tubo VK.



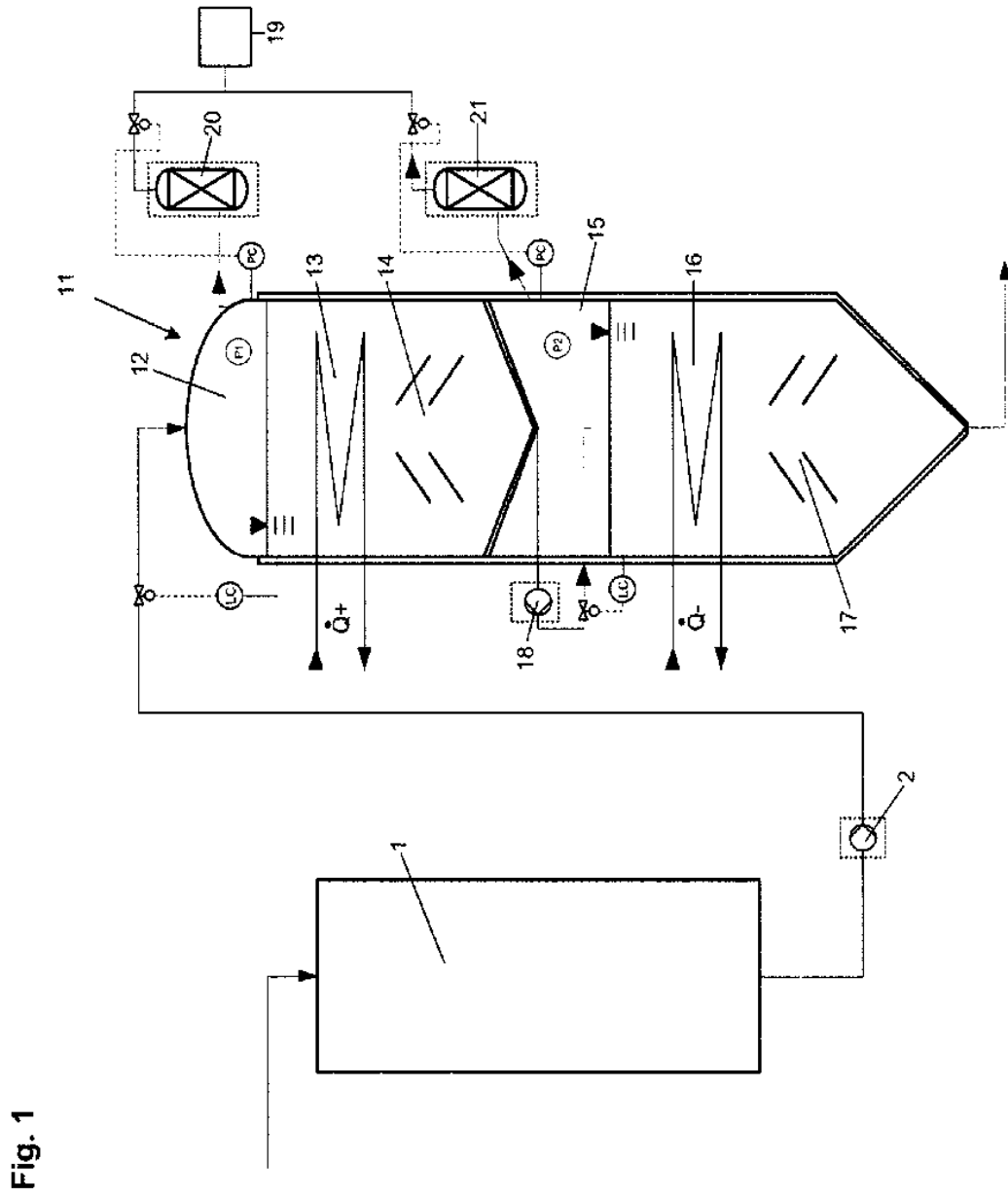


Fig. 1

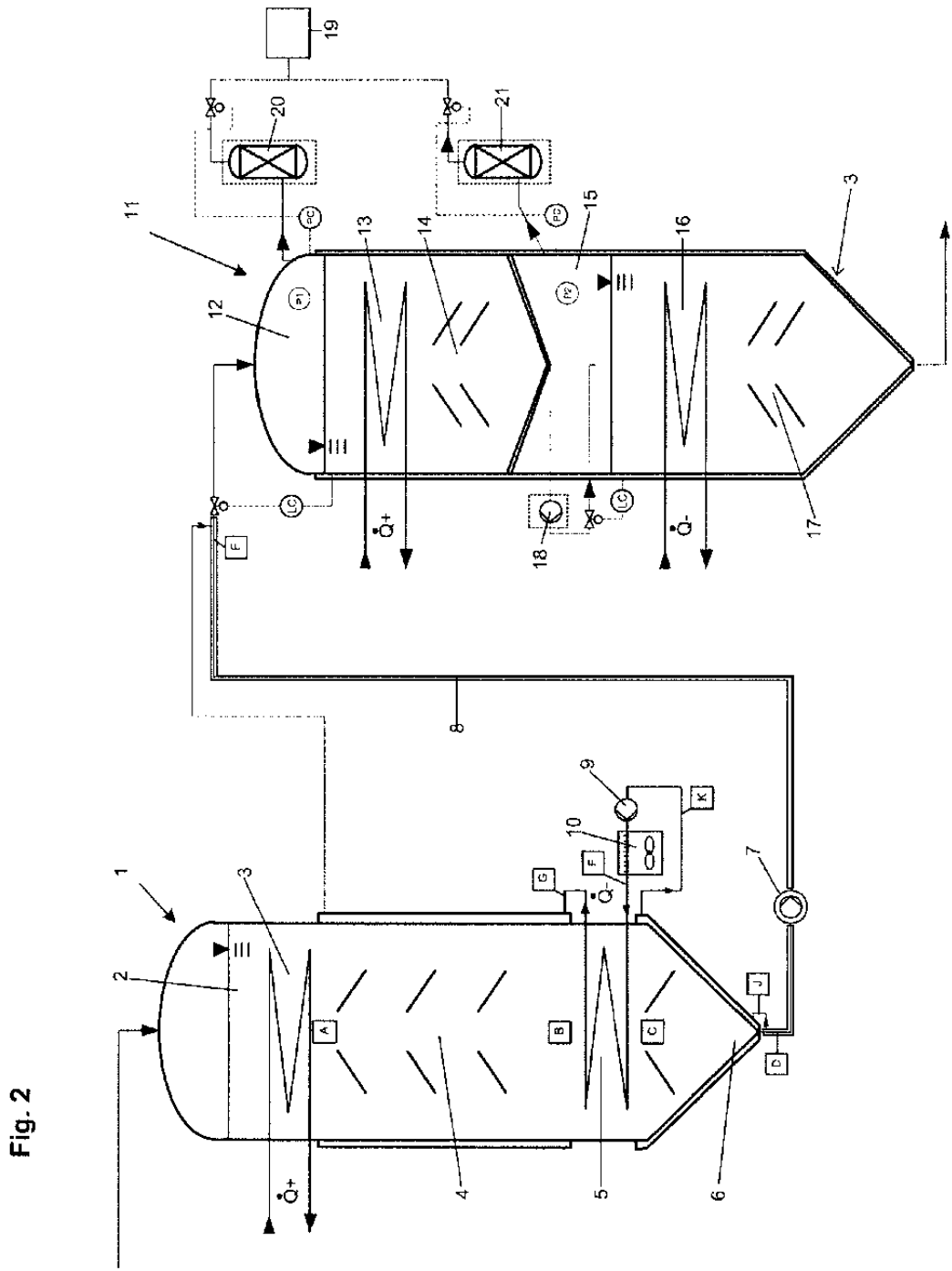


Fig. 2