



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 354 528**

51 Int. Cl.:
C07C 263/10 (2006.01)
C07C 265/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05761527 .0**
96 Fecha de presentación : **22.06.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1761483**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.03.2007**

54 Título: **Procedimiento para la producción de isocianatos.**

30 Prioridad: **22.06.2004 DE 10 2004 030 164**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
15.03.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
15.03.2011

73 Titular/es: **BASF SE**
67056 Ludwighausen, DE

72 Inventor/es: **Knösche, Carsten;**
Wölfert, Andreas y
Daiss, Andreas

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 354 528 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).

DESCRIPCION

PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCIÓN DE ISOCIANATOS

5 [0001] Objeto de la invención es un procedimiento para la producción de isocianatos en la fase de gas. Los isocianatos se producen en grandes cantidades y sirven principalmente como sustancias de partida para la producción de poliuretanos. Su producción se realiza la mayoría de las veces a través de reacción de las aminas correspondientes con fosgeno.

10 [0002] Una posibilidad para la producción de isocianatos es la reacción en la fase de gas. Las ventajas de estas realizaciones del procedimiento residen en una demora reducida de fosgeno, en la prevención de productos intermedios difícilmente fosgenizables y elevados rendimientos de la reacción. Además de una mezcla efectiva de las corrientes de educto, la realización de un espectro estrecho de tiempos de residencia y el mantenimiento de una ventana estrecha de tiempos de residencia representan condiciones previas importantes para la realización técnica de un proceso de este tipo. Estos requerimientos se pueden satisfacer, por ejemplo, a través del empleo de reactores tubulares accionados de forma turbulenta o también a través de tubos de circulación con estructuras internas.

15 [0003] Se conocen a partir del estado de la técnica diferentes procedimientos para la producción de isocianatos a través de reacción de aminas con fosgeno en la fase de gas. El documento EP-A-593 334 describe un procedimiento para la producción de diisocianatos aromáticos en la fase de gas, caracterizado porque la reacción de la diamina con fosgeno tiene lugar en un reactor tubular sin partes móviles y con un estrechamiento de las paredes a lo largo del eje longitudinal del reactor tubular. El procedimiento es, sin embargo, problemático, puesto que la mezcla de las corrientes de educto solamente a través de un estrechamiento de la pared tubular funciona mal en comparación con la aplicación de un órgano de mezcla correcto. Una mezcla mala conduce habitualmente a una formación no deseada de una alta cantidad de sustancia sólida.

20 [0004] El documento EP-A-699 657 describe un procedimiento para la producción de isocianatos aromáticos en la fase de gas, caracterizado porque la reacción de la diamina correspondiente con el fosgeno tiene lugar en un reactor de dos zonas, en el que la primera zona, que representa del 20 % al 80 % del volumen total del reactor, está mezclada de forma ideal y la segunda zona, que representa del 80 % al 20 % del volumen total del reactor, se puede caracterizar por una circulación del matraz. No obstante, puesto que al menos el 20 % del volumen de reacción están remezclados de forma ideal, resulta una distribución irregular del tiempo de residencia, que puede conducir a una formación elevada no deseada de sustancia sólida.

25 [0005] El documento EP-A-289 840 describe la producción de diisocianatos a través de fosgenización en la fase de gas, en la que la producción tiene lugar de acuerdo con la invención en una circulación turbulenta a temperaturas entre 200 °C y 600 °C en un espacio cilíndrico sin partes móviles. Al prescindir de partes móviles, se reduce el peligro de una salida de fosgeno. A través de la circulación turbulenta en el espacio cilíndrico (tubo) se consigue, cuando se prescinde de elementos fluidos en la proximidad de la pared, una buena distribución homogénea de la circulación en el tubo y, por lo tanto, una distribución estrecha del tiempo de residencia que puede conducir, como se describe en el documento EP-A-570 799, a una reducción de la formación de sustancia sólida.

30 [0006] El documento EP-A-570 799 se refiere a un procedimiento para la producción de diisocianatos aromáticos en la fase de gas, caracterizado porque la reacción de la diamina correspondiente con el fosgeno se realiza en un reactor tubular por encima de la temperatura de ebullición de la diamina dentro de un tiempo medio de contacto de 0,5 a 5 segundos. Como se describe en la publicación, los tiempos de reacción demasiado largos como también demasiado cortos conducen a una formación no deseada de sustancia sólida. Por lo tanto, se publica un procedimiento, en el que la desviación media del tiempo medio de contacto es inferior al 6 %. El mantenimiento de este tiempo de contacto se consigue porque la reacción se realiza en una circulación tubular, que se caracteriza o bien por un índice de Reynolds por encima de 4.000 o por un índice de Bodenstein por encima de 100.

35 [0007] El documento EP-A-749 958 describe un procedimiento para la producción de triisocianatos a través de fosgenización en fase de gas de triaminas (ciclo)alifáticas con tres grupos amino primarios, caracterizado porque la triamina y el fosgeno se llevan a reacción entre sí de forma continua en un espacio de reacción cilíndrico, calentado a 200 °C a 600 °C, con una velocidad de la circulación de al menos 3 m/s.

- 5 **[0008]** El documento EP-A-928 785 describe la utilización de mezcladoras de microestructuras para la fosgenización de aminas en la fase de gas, En la utilización de micromezcladoras es un inconveniente que incluso cantidades mínimas de sustancia sólida, cuya aparición en la síntesis de isocianatos no se puede excluir totalmente, podrían conducir a la obstrucción de la mezcladora, lo que reduce la disponibilidad temporal de la instalación de fosgenización.
- [0009]** Sin embargo, en todos los casos es necesario interrumpir efectivamente la reacción después de alcanzar un tiempo de reacción óptimo, para prevenir la formación de sustancias sólidas a través de reacciones siguientes del isocianato.
- 10 **[0010]** El documento DE 10245704 A1 describe una refrigeración rápida de una mezcla de reacción, que está constituida por al menos un isocianato, fosgeno y cloruro de hidrógeno, en una zona de enfriamiento rápido. La zona de enfriamiento rápido está constituida en este caso por al menos dos cabezas de toberas que contienen, por su parte, en cada caso al menos dos toberas individuales. En la zona de enfriamiento rápido, se mezcla el gas de reacción con las gotitas de líquido pulverizadas. A través de la evaporación del líquido se reduce rápidamente la temperatura de la mezcla de gas, de
15 manera que se reduce la pérdida del producto valioso isocianato debido a las altas temperaturas. Además, a través de la disposición de las toberas se suprime un contacto precoz del gas caliente de la reacción, de manera que se reduce la formación de capas en las superficies.
- [0011]** En el procedimiento descrito son un inconveniente los tiempos de enfriamiento rápido de 0,2 a 3,0 segundos, que conducen a una pérdida clara evitable de isocianato.
- 20 **[0012]** El cometido de la invención era desarrollar un procedimiento para la producción de isocianatos en la fase de gas, en el que después de alcanzar el tiempo de residencia óptimo, la reacción se detiene dentro de tiempos suficientemente cortos y se puede conseguir una separación sencilla del isocianato de los restantes ingredientes de la mezcla de reacción.
- 25 **[0013]** El cometido se podría solucionar porque la reacción se realiza en una zona de reacción y la mezcla de reacción se conduce para la interrupción de la reacción a través de una zona, en la que se inyecta un líquido. En este caso, entre la zona de reacción y la zona, en la que se realiza la interrupción de la reacción, se encuentra una zona con sección transversal reducida de la circulación.
- [0014]** Como zona de reacción se pueden emplear también reactores tubulares, tubos de circulación con o sin estructuras internas o reactores de placas.
- 30 **[0015]** Por consiguiente, objeto de la invención es un procedimiento para la producción de isocianatos a través de reacción de aminas con fosgeno en la fase de gas en una zona de reacción, en el que la mezcla de reacción se conduce, para la interrupción de la reacción a través de una zona, en la que se inyecta un líquido, caracterizado porque la mezcla de reacción se conduce entre la zona de reacción y la zona, en la que se inyecta el líquido, a través de una zona, que presenta una sección transversal
35 reducida de la circulación.
- [0016]** El estrechamiento de la sección transversal de la circulación está seleccionado en este caso de tal forma que el gas de reacción se refrigera considerablemente, por una parte, a la salida del estrechamiento y posee, por otra parte, una alta velocidad de la circulación, que provoca una atomización secundaria efectiva del líquido enfriado rápidamente. Ambos requerimientos se pueden
40 conseguir porque el índice de Mach de la circulación en el estrechamiento está entre 0,1 y 1,0, con preferencia entre 0,2 y 1,0, de manera especialmente preferida entre 0,3 y 1,0. Por el índice de Mach se entiende en este caso la velocidad local de la circulación con respecto a la velocidad local del sonido de la mezcla de reacción. A partir del requerimiento del índice de Mach resulta, con una corriente de masas predeterminada, directamente la magnitud de la sección transversal más estrecha.
- 45 La relación de la sección transversal de la circulación en el estrechamiento con respecto a la sección transversal de la circulación en la zona de reacción está entre $1 / 1,2$ y $1 / 10$, con preferencia entre $1 / 2$ y $1 / 10$, de manera especialmente preferida entre $1 / 3$ y $1 / 10$. La zona, en la que se inyecta el líquido, se designa a continuación como zona de enfriamiento rápido, la inyección del líquido se designa como enfriamiento rápido.
- 50 **[0017]** En esta zona de enfriamiento rápido se combina la mezcla de reacción, que está constituida esencialmente por los isocianatos, fosgeno y cloruro de hidrógeno, de manera intensiva con el líquido inyectado. La mezcla se realiza de tal manera que la temperatura de la mezcla de reacción se reduce, partiendo de 250 a 500 °C en torno a 50 a 300 °C, con preferencia de 100 a 250 °C y el isocianato contenido en la mezcla de reacción se transfiere a través de condensación total o parcialmente a las
55 gotitas de líquido inyectadas, mientras que el fosgeno y el cloruro de hidrógeno permanecen de forma esencialmente completa en la fase de gas.
- [0018]** La porción del isocianato contenido en la mezcla de reacción en forma de gas, que pasa en la zona de enfriamiento rápido a la fase líquida, está en este caso con preferencia entre 20 y 100 % en

peso, de manera especialmente preferida entre 50 y 100 % en peso, y en particular entre 70 y 100 % en peso, con respecto al isocianato contenido en la mezcla de reacción.

5 **[0019]** La mezcla de reacción circula a través de la zona de enfriamiento rápido, con preferencia desde arriba hacia abajo. Por debajo de la zona de enfriamiento está dispuesto un depósito colector, en el que se separa la fase líquida, se acumula y se retira a través de una salida fuera del espacio de reacción y a continuación se prepara. La fase de gas remanente se retira a través de una segunda salida fuera del espacio de reacción y se prepara de la misma manera.

10 **[0020]** Las gotitas de líquido son generadas por medio de toberas atomizadoras de una o dos sustancias, con preferencia toberas atomizadoras de una sustancia y poseen con preferencia un diámetro Sauter d_{23} de 5 a 5000 μm , de manera especialmente preferida de 5 a 500 μm y en particular de 5 a 250 μm . El diámetro Sauter d_{23} describe hasta un factor constante la relación del volumen de gotas con respecto a la superficie de las gotas (K. Schwister: Taschenbuch der Verfahrenstechnik, Fachbuchverlag Leipzig, Carl Hanser Verlag 2003) y es, por lo tanto, la magnitud característica, esencial para el proceso de enfriamiento rápido, de la distribución generada de las magnitudes de las gotas.

15 **[0021]** Las toberas de atomización generan, de acuerdo con la forma de realización un ángulo cónico de pulverización de 10 a 140°, con preferencia de 10 a 120°, de manera especialmente preferida de 10° a 100°.

20 **[0022]** De acuerdo con la invención, entre la zona de reacción y la zona de enfriamiento rápido se encuentra un estrechamiento de la sección transversal, a través del cual se consigue una expansión, unidad con una reducción de la concentración, de los reactivos y una reducción de la temperatura del gas de reacción. Además, la corriente de gas de reacción, que sale desde el estrechamiento de la sección transversal a velocidad muy alta provoca, cuando confluye con la pulverización de líquido de enfriamiento rápido, una atomización secundaria del líquido de enfriamiento rápido, de manera que la pulverización posee una superficie específica especialmente grande. En virtud de la superficie específica grande y de la velocidad relativamente alta entre el gas de reacción y el líquido de enfriamiento rápido se intensifica el intercambio de sustancia y de calor entre el gas de reacción y el líquido de enfriamiento rápido. De esta manera, se reducen en gran medida los tiempos de contacto necesarios para la refrigeración de la mezcla de reacción y se reduce al mínimo la pérdida de producto valioso isocianato como consecuencia de la reacción siguiente en subproductos.

30 **[0023]** La sección transversal libre de la circulación en la zona de enfriamiento rápido está, con respecto a la sección transversal libre de la circulación en la zona de reacción entre 5 / 1 y 1 / 2, con preferencia entre 4 / 1 y 1 / 1, de manera especialmente preferida entre 3/1 y 1 / 1.

35 **[0024]** El líquido, que es inyectado a través de las toberas de atomización, debe presentar una buena solubilidad de isocianatos. Con preferencia, se emplean disolventes orgánicos. En particular, se emplean disolventes aromáticos, que pueden estar sustituidos con átomos de halógeno. Ejemplos de tales líquidos son tolueno, benceno, nitrobenceno, anisol, clorobenceno, diclorobenceno (orto, para), triclorobenceno, xileno, hexano, dietilsoftalato ((DEIP) dimetilformamida (DMF) y sus mezclas.

40 **[0025]** En una forma de realización especial del procedimiento de acuerdo con la invención, en el líquido inyectado se trata de una mezcla de isocianatos, una mezcla de isocianatos y disolvente o de isocianato en la que el líquido de enfriamiento rápido utilizado en cada caso puede presentar porciones de hervidores ligeros como HCl y fosgeno. Con preferencia, en este caso se emplea el isocianato, que se produce en el procedimiento respectivo. Puesto que a través de la reducción de la temperatura en la zona de enfriamiento rápido se detiene la reacción, se pueden excluir reacciones secundarias con los isocianatos inyectados. La ventaja de esta forma de realización reside especialmente en que se puede prescindir de una separación del disolvente.

45 **[0026]** La temperatura del líquido inyectado está con preferencia entre 0 y 300 °C, de manera especialmente preferida entre 50 y 250 °C y en particular entre 70 y 200 °C, de manera que con la cantidad de líquido inyectada se consigue la refrigeración y la condensación deseadas del isocianato.

50 **[0027]** La velocidad del gas de reacción en la zona de enfriamiento rápido es con preferencia mayor que 1 m/s, de manera especialmente preferida mayor que 10 m/s y en particular mayor que 20 m/s.

55 **[0028]** Para conseguir una refrigeración rápida de la mezcla de reacción en forma de gas en la zona de enfriamiento rápido y una transición rápida del isocianato a la fase líquida, las gotitas del líquido inyectado deben distribuirse finamente de manera muy rápida sobre toda la sección transversal de la circulación del gas de reacción. La reducción deseada de la temperatura y la transición deseada del isocianato a las gotitas se realiza en este caso con preferencia en 10^{-4} a 10 segundos, de manera especialmente preferida de 5×10^{-4} a 1 segundo y en particular de 0,001 a 0,2 segundos. Los tiempos indicados anteriores están definidos en este caso como el periodo de tiempo entre la entrada del gas de reacción en la zona de enfriamiento rápido y el instante, en el que el gas de reacción se desvía

todavía 10 % de la temperatura final adiabática de la mezcla de gas de reacción y gotas. A través de los periodos de tiempo seleccionados se puede evitar prácticamente del todo una pérdida de isocianato a través de reacciones secundarios o bien reacciones posteriores.

5 **[0029]** La relación de masas entre la cantidad de líquido inyectado y la cantidad de la mezcla de reacción en forma de gas está con preferencia entre 100 : 1 y 1 : 10, de manera especialmente preferida entre 50 : 1 y 1 : 5 y en particular entre 10 : 1 y 1 : 2.

[0030] La reacción de la amina con el fosgeno en la fase de gas se puede realizar en las condiciones conocidas.

10 **[0031]** La mezcla de los componentes de la reacción amina y fosgeno se puede realizar delante o en el reactor. De esta manera, es posible conectar delante del reactor una unidad de mezcla, por ejemplo una tobera, con lo que llega ya al reactor una corriente de gas mixta, que contiene fosgeno y amina.

15 **[0032]** En una forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención, en primer lugar se distribuye la corriente de fosgeno por medio de un elemento de distribución sobre toda la anchura del reactor de la manera más homogénea posible, aquí un canal de distribución con taladros o toberas de mezcla en el canal de reacción, de manera que esta canal de distribución se extiende con preferencia sobre toda la anchura del reactor. A partir de los taladros o toberas de mezcla se alimenta la amina, que está mezclada, dado el caso, con un medio inerte, a la corriente de fosgeno.

20 **[0033]** En el medio inerte se trata de un medio que está presente en forma de gas a la temperatura de reacción y no reacciona con los eductos. Por ejemplo, se pueden utilizar nitrógeno, gases nobles como helio y argón o aromados como clorobenceno, diclorobenceno o xileno. Con preferencia se utiliza nitrógeno como medio inerte.

25 **[0034]** Para el procedimiento de acuerdo con la invención se pueden utilizar aminas primarias, que se pueden transferir con presencia sin descomposición a la fase de gas. Especialmente adecuadas son aquí aminas, en particular diaminas, a base de hidrocarburos alifáticos o cicloalifáticos con 1 a 15 átomos de carbono. Ejemplos de ellos son 1,6-diaminohexano, 1-amino-3,3,5-trimetil-5-aminometilciclohexano (IPDA) y 4,4'-diaminodiciclohexilmetano. Con preferencia se utiliza 1,6-diamino hexano (HDA).

30 **[0035]** Para el procedimiento de acuerdo con la invención, se pueden utilizar también aminas aromáticas, que se pueden transferir con preferencia sin descomposición a la fase de gas. Ejemplos de aminas aromáticas preferidas son toluidiamina (TDA), con preferencia 2,4- o 2,6-isómeros o mezclas de ellos, diaminobenceno, naftildiamina (NDA) y 2m4'- o 4,4'-metilen(difenilamina) (MDA) o mezclas de isómeros. En el procedimiento de acuerdo con la invención es ventajoso emplear fosgeno en exceso con respecto a grupos amino. Habitualmente, existe una relación molar entre fosgeno y grupos amino de 1,1 : 1 a 20 : 1, con preferencia de 1,2 : 1 a 5 : 1.

35 **[0036]** Para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención puede ser ventajoso precalentar las corrientes de los reactivos antes de la mezcla, habitualmente a temperaturas de 100 a 600 °C, con preferencia de 200 a 500 °C. La reacción en el canal de reacción tiene lugar habitualmente a una temperatura de 150 a 600 °C, con preferencia de 250 a 500 °C. El procedimiento de acuerdo con la invención se realiza con preferencia de forma continua.

40 **[0037]** En una forma de realización preferida, las dimensiones del reactor y las velocidades de la circulación se dimensionan para que exista una circulación turbulenta, es decir, una circulación con un índice de Reynolds de al menos 2300, con preferencia al menos 2700, de manera que el índice de Reynolds se forma con el diámetro hidráulico del reactor. El índice de Reynolds establece en este caso el régimen de la circulación y, por lo tanto, la distribución del tiempo de residencia en el tubo de reacción (H. Schlichting: Grenzschichttheorie, Verlag G. Braun, 1982; M. Baerns: Chemische Reaktionstechnik, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1992). Con preferencia, los ingredientes de la reacción en forma de gas atraviesan el reactor con una velocidad de la circulación de 20 a 150 metros / segundo, con preferencia de 30 a 100 metros / segundo.

45 **[0038]** En general, en el procedimiento de acuerdo con la invención, el tiempo medio de contacto está entre 0,05 y 5 segundos, con preferencia entre 0,06 y 1 segundo, de manera especialmente preferida entre 0,1 y 0,45 segundos. Por tiempo medio de contacto se entiende el periodo de tiempo desde el comienzo de la mezcla de los eductos hasta la interrupción de la reacción a través del enfriamiento rápido. En una forma de realización preferida, la circulación en el procedimiento de acuerdo con la invención se caracteriza por un índice de Bodenstein de más de 10, con preferencia de más de 100 y de manera especialmente preferida de más de 500. El índice de Bodenstein es en este caso una medida del grado de remezcla del aparato de circulación. A medida que se incrementa el índice de Bodenstein, se reduce la remezcla (M. Baerns: Chemische Reaktionstechnik, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1992).

[0039] Como se ha indicado anteriormente, en el extremo del reactor, que puede ser un reactor tubular accionado de forma turbulenta, un tubo de circulación con estructuras internas o un reactor de placas, está dispuesta una zona de enfriamiento rápido. La fase líquida extraída de la zona de enfriamiento rápido y la fase de gas son elaboradas. En caso de utilización de un disolvente como líquido atomizado se lleva a cabo una separación de isocianato y disolvente, la mayoría de las veces por medio de destilación. La fase de gas, que contiene esencialmente fosgeno, cloruro de hidrógeno y, dado el caso, isocianato no separado se puede descomponer igualmente, con preferencia a través de destilación o adsorción, en sus ingredientes, de manera que el fosgeno puede ser conducido de nuevo a la reacción, y el cloruro de hidrógeno o bien puede ser procesado posteriormente para otras reacciones químicas en ácido clorhídrico o se puede disociar de nuevo en cloro e hidrógeno.

[0040] A continuación se explica en detalle la invención en los siguientes ejemplos.

Ejemplo 1:

[0041] En un reactor tubular (diámetro 8 mm) con órgano de mezcla conectado delante del mismo se generaron 67,5 kg/h de gas de reacción, que contenía isómeros de tolueno diisocianato, fosgeno y ácido clorhídrico. El gas de reacción fue conducido entonces a través de un estrechamiento de la sección transversal de 3,0 mm de la zona de enfriamiento rápido. En este caso, el índice Mach era en la sección transversal más estrecha aproximadamente 0,85. En la zona de enfriamiento rápido se encontraban dos toberas individuales de una sustancia con un ángulo de apertura cónico de pulverización de 80°. Las toberas generaron en este caso gotas con un diámetro de Sauter de aproximadamente 100 µm. La cantidad de líquido inyectado era 100 kg/h. El líquido de enfriamiento rápido inyectado estaba constituido por monoclorobenceno. La temperatura del gas de reacción a la entrada en la zona de enfriamiento rápido era 363 °C y la presión del gas era 6,8 bares. La temperatura de entrada del líquido de enfriamiento rápido era 100 °C, la velocidad de salida de las gotitas de líquido desde la tobera de inyección era aproximadamente 50 m/s. El tiempo de residencia del gas de reacción en la zona de enfriamiento rápido era aproximadamente 0,01 segundos. En este caso, la temperatura del gas de enfriamiento rápido cayó a 156 °C. La bajada deseada de la temperatura se realizó, por lo tanto, en menos de 0,01 segundos. La cantidad de tolueno diisocianato en la mezcla de gas de reacción se redujo en un 80 % con respecto a la concentración de entrada en la zona de enfriamiento rápido.

30

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Procedimiento para la producción de isocianatos a través de reacción de aminas con fosgeno en la fase de gas en una zona de reacción, en el que la mezcla de reacción se conduce, para la interrupción de la reacción, a través de una zona, en la que se inyecta un líquido, caracterizado porque la mezcla de reacción se conduce entre la zona de reacción y la zona, en la que se inyecta el líquido, a través de una zona, que presenta una sección transversal reducida de la circulación.
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque como zona de reacción se emplean reactores tubulares, tubos de circulación con o sin estructuras internas o reactores de placas.
- 10 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la relación entre la sección transversal de la circulación en el estrechamiento y la sección transversal de la circulación en la zona de reacción esté entre $1/1,2$ y $1/10$.
- 15 4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la relación entre la sección transversal de la circulación en el estrechamiento y la sección transversal de la circulación en la zona de reacción esté entre $1/2$ y $1/10$.
- 5.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la relación entre la sección transversal de la circulación en el estrechamiento y la sección transversal de la circulación en la zona de reacción esté entre $1/3$ y $1/10$.
- 20 6.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque las gotas de líquido inyectadas presentan un diámetro Sauter de 5 a $5000 \mu\text{m}$.
- 7.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque las gotas de líquido inyectadas presentan un diámetro Sauter de 5 a $500 \mu\text{m}$.
- 8.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque las gotas de líquido inyectadas presentan un diámetro Sauter de 5 a $250 \mu\text{m}$.
- 25 9.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la temperatura del líquido inyectado está entre 0 y $300 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 10.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la temperatura del líquido inyectado está entre 50 y $250 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 30 11.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la temperatura del líquido inyectado está entre 70 y $200 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 12.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el líquido inyectado es un disolvente orgánico.
- 13.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el líquido inyectado son disolventes orgánicos, que pueden estar sustituidos con átomos de halógeno.
- 35 14.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el líquido inyectado es isocianato.