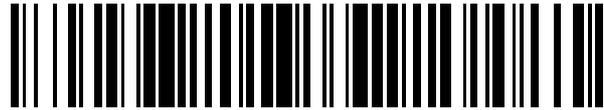


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 560 408**

51 Int. Cl.:

**C07C 263/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2012 E 12794938 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.11.2015 EP 2785684**

54 Título: **Proceso para producir isocianatos mediante fosgenación de las aminas respectivas en la fase gaseosa**

30 Prioridad:

**29.11.2011 EP 11191097**

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

**18.02.2016**

73 Titular/es:

**BASF SE (100.0%)  
67056 Ludwigshafen, DE**

72 Inventor/es:

**MATTKE, TORSTEN;  
KNÖSCHE, CARSTEN y  
LEHR, VANESSA, SIMONE**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 560 408 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

Proceso para producir isocianatos mediante fosgenación de las aminas respectivas en la fase gaseosa

La invención se refiere a un proceso para producir isocianatos mediante fosgenación de las aminas respectivas.

5 La fosgenación es el proceso que se emplea en la industria con mayor frecuencia para la síntesis de isocianatos. Los isocianatos, principalmente los diisocianatos, se emplean de manera preponderante como materias primas en la industria de poliuretanos.

De acuerdo con procesos conocidos, la fosgenación se realiza por lo regular en la fase líquida.

Los procesos más recientes (WO-A-2009/027234) también operan ya en la fase gaseosa puesto que la fosgenación en fase gaseosa presenta una serie de ventajas frente a la fosgenación en fase líquida:

10 En la fosgenación en fase líquida, mediante reacción de las aminas empleadas con el cloruro de hidrógeno disociado en la fosgenación, los clorhidratos de amina se precipitan como sólidos. No obstante, los clorhidratos de amina también reaccionan con fosgeno para formar el producto objetivo isocianato, puesto que de esta manera, a pesar de que se trata de una reacción lenta en fase sólida, también tienen lugar reacciones secundarias de manera  
15 intensa, principalmente la reacción de los clorhidratos de amina con el producto objetivo, isocianato, para formar ureas.

Por el contrario, en el caso de la fosgenación en fase gaseosa, el equilibrio entre amina y clorhidrato de amina se encuentra desplazado fuertemente hacia el lado de la amina, de modo que se forman esencialmente menos productos secundarios y los rendimientos son superiores de manera correspondiente. Además, en la fosgenación en fase gaseosa, la retención de fosgeno tóxico es menor en comparación con la fosgenación en fase líquida.

20 Sin embargo, la fosgenación en fase gaseosa es esencialmente más exigente frente a la fosgenación en fase líquida en cuanto a la tecnología del proceso: principalmente, el riesgo de descomposición de la amina del isocianato formado es muy grande, de modo que la amina tiene que evaporarse muy rápidamente. Para este propósito se requieren superficies específicas muy grandes. Además, deben asegurarse tiempos de residencia definidos muy cortos en el intervalo de alta temperatura durante la reacción y la mezcla de producto tiene que enfriarse muy  
25 rápidamente después de la reacción.

Un objetivo de la invención fue proporcionar un proceso para producir isocianatos mediante fosgenación de las aminas correspondientes en la fase gaseosa que supere los desafíos mencionados.

30 El objetivo se logra mediante un proceso para producir isocianatos mediante fosgenación de las aminas correspondientes en un reactor de lecho fluidizado, el cual se caracteriza porque una corriente de gas que contiene al fosgeno se utiliza como gas de fluidización y mantiene pendiente un sólido inerte, y porque una corriente líquida que contiene la amina se dosifica al lecho fluidizado, en cuyo caso la amina se evapora parcial o totalmente y reacciona con el fosgeno para producir una mezcla de gas de reacción que contiene al isocianato correspondiente, el cual se retira del reactor de lecho fluidizado.

35 Atomizando de acuerdo con la invención el reactivo amina en estado líquido al lecho fluidizado, calentado por el calor de reacción de fosgenación, se evapora muy rápidamente la amina y se recalienta, de manera que el riesgo de deposiciones sobre el sólido inerte que forma el lecho fluidizado es muy pequeño. El sólido inerte puede retirarse mediante filtración y las posibles deposiciones pueden calcinarse. En total, se trata de un sistema muy robusto para el cual no existe el riesgo de verse afectado por deposiciones.

40 Utilizando el calor de reacción de la fosgenación misma en el proceso, para llevar los reactivos a la temperatura de operación de la fosgenación en fase gaseosa, en el sitio de su origen, se utiliza la energía de alta temperatura, muy costosa, que antes se eliminaba en los procesos conocidos hasta ahora apagando la mezcla de reacción de la fosgenación en fase gaseosa.

Además, también se ahorran los intercambiadores de calor correspondientes o pueden dimensionarse con un tamaño más pequeño.

45 El calor de reacción que se libera durante la fosgenación en fase gaseosa se transporta mediante circulación en el lecho fluidizado hacia zonas para el calentamiento, la evaporación y el sobrecalentamiento de las corrientes de reactivos.

Otra ventaja del procedimiento del proceso de la invención en un lecho fluidizado consiste en que puede impedirse un incremento adiabático de la temperatura de la mezcla de reacción y con esto se impiden altas temperaturas de  
50 salida de la misma.

Como reactor de lecho fluidizado se prefiere un aparato de rotación simétrica con un eje longitudinal vertical. Como reactor de lecho fluidizado también se prefiere de manera preponderante un aparato cilíndrico.

5 Se prefiere emplear una corriente de gas con contenido de fosgeno, la cual contenga tanto la materia prima de fosgeno como también el gas de fluidización en el reactor de lecho fluidizado, antes de la introducción de la misma al reactor de lecho fluidizado, calentado a una temperatura de al menos 5 °C mayor a la temperatura de evaporación de la amina en las condiciones de operación del reactor de lecho fluidizado.

10 La corriente de gas con contenido de fosgeno contiene preferiblemente 50 a 100% en peso de fosgeno respecto del peso total de la corriente de gas que contiene fosgeno, preferiblemente 75 a 100% en peso de fosgeno respecto del peso total de la corriente de gas que contiene fosgeno, más preferiblemente 90 a 99,9% en peso de fosgeno respecto del peso total de la corriente de gas que contiene fosgeno.

La corriente líquida que contiene amina, la cual se dosifica al lecho fluidizado, se calienta previamente inmediatamente antes de la dosificación de la misma al lecho fluidizado, a una temperatura que se encuentra al menos 1 °C, preferiblemente al menos 5 °C por debajo de la temperatura de ebullición de la amina en las condiciones de operación del reactor de lecho fluidizado.

15 La corriente líquida que contiene amina contiene preferiblemente 50 a 100% en peso de amina respecto del peso total de la corriente líquida con contenido de amina, más preferiblemente 70 a 100% en peso de amina respecto del peso total de la corriente líquida que contiene amina, principalmente 90 a 99,9% en peso de amina respecto del peso total de la corriente líquida que contiene amina.

20 Las aminas que se emplean en el proceso de la invención para reaccionar con los isocianatos correspondientes son aquellas en las que la amina, los productos intermedios correspondientes y los isocianatos correspondientes están presentes en forma gaseosa en las condiciones seleccionadas de reacción. Se prefieren aminas que se descomponen durante la reacción en las condiciones de reacción a lo sumo en 2% molar, particularmente preferible a lo sumo en 1% molar y muy particularmente preferible a lo sumo 0,5 % molar. Particularmente son adecuadas aquí las aminas, principalmente diaminas, a base de hidrocarburos (ciclo) alifáticos con 2 a 18 átomos de carbono. 25 Ejemplos de estas son 1,6-diaminohexano, 1,5-diaminopentano, 1,3-bis(aminometil)ciclohexano, 1-amino-3,3,5-trimetil-5-aminometilciclohexano (IP-DA) y 4,4-diaminodiecilohexilmetano. Preferiblemente se utiliza 1,6-diaminohexano (hexametildiamina, HDA).

30 Para el proceso de la invención también pueden utilizarse aminas aromáticas que puedan transferirse a la fase gaseosa sin una descomposición significativa. Ejemplos de aminas aromáticas preferidas son toluendiamina (TDA), como 2,4- o 2,6-isómero o como mezclas de los mismos, por ejemplo como una mezcla 80:20 a 65:35 (mol/mol), diaminobenceno, 2,6-xilidina, naftildiamina (NDA) y 2,4'- o 4,4'-metilen(difenildiamina) (MDA) o mezclas de isómeros de las mismas. Entre éstas se prefieren las diaminas, particularmente se prefieren 2,4- y/o 2,6-TDA o 2,4'-y/o 4,4'-MDA.

35 Para preparar monoisocianatos también pueden utilizarse aminas alifáticas, cicloalifáticas o aromáticas, habitualmente monoaminas. Como monoamina aromática principalmente se prefiere anilina.

Además también pueden emplearse triaminas o aminas superiores.

40 En la fosgenación de fase gaseosa se aspira a que los compuestos que están presentes en el transcurso de la reacción, es decir reactivos (amina y fosgeno), los productos intermedios (principalmente clorhidrato de amina y de carbamoilo que se generan como intermediarios), los productos finales (diisocianatos) así como los compuestos inertes dosificados opcionalmente, permanezcan en la fase gaseosa en las condiciones de reacción. Si estos u otros componentes van a desprenderse de la fase gaseosa, por ejemplo en la pared del reactor o en otras partes 45 estructurales del aparato, entonces por estos desprendimientos puede modificarse de manera no deseada la transferencia de calor de las piezas estructurales o la capacidad de circular por las mismas. Esto aplica principalmente para clorhidratos de amina que se forman a partir de grupos amino libres y cloruro de hidrógeno ya que éstos se precipitan fácilmente y pueden evaporarse nuevamente sólo con dificultad.

50 Con el fin de evitar la formación de productos secundarios, se prefiere suministrar fosgeno en exceso. Con el fin de suministrar solamente la fracción de aminas que es necesaria para la reacción, es posible mezclar la amina con un gas inerte. Mediante la fracción de gas inerte en la amina, puede ajustarse la cantidad de la amina suministrada en el caso de una geometría predeterminada de los agujeros de suministro para la amina y el fosgeno. Los medios inertes que pueden adicionarse son aquellos que están presentes en forma gaseosa en el espacio de reacción y no reaccionan con los compuestos presentes en el transcurso de la reacción. Como medio intermedio pueden utilizarse, por ejemplo, nitrógeno, gases nobles como helio o argón, compuestos aromáticos como clorobenceno, o-diclorobenceno, triclorobenceno, tolueno, xileno, cloronaftalina, decahidronaftalina, dióxido de carbono o monóxido de carbono. Preferiblemente como medio inerte se utilizan nitrógeno y/o clorobenceno.

## ES 2 560 408 T3

Aunque también es posible como alternativa, en calidad de medio inerte, de manera preferida adicionar al fosgeno nitrógeno para formar una mezcla.

5 En general, el medio inerte se adiciona en una cantidad que alcanza la proporción del volumen de gas de medio inerte a la amina o al fosgeno de menos de 0,0001 a 30, preferiblemente menos de 0,01 a 15 y particularmente preferible menos de 0,1 a 5.

El proceso se realiza en una modalidad ventajosa de una manera que del reactor de lecho fluidizado, en la zona superior del mismo, fluye hacia fuera una mezcla que contiene la mezcla de gases de reacción así como el sólido inerte y la cual se introduce a una etapa de separación.

10 La separación se realiza preferiblemente dividiendo en la mezcla de gases de reacción, por un lado, y el sólido inerte por el otro, en uno o varios aparatos seleccionados del grupo de ciclones y filtros.

En la mezcla de gases de reacción separada se convierten preferiblemente 50 a 100%, más preferiblemente 75 a 100%, particularmente preferible 90 a 100% de los grupos amino empleados.

La mezcla de gases de reacción se introduce ventajosamente a un reactor de tiempo de residencia a continuación, para la conversión completa de los grupos amino.

15 La mezcla de reacción puede seguir enfriándose ventajosamente en una o varias etapas, mediante absorción de calor directa o indirecta y en ese caso una fase líquida opcionalmente se condensa.

El sólido separado puede reintroducirse ventajosamente, de manera parcial o total, a la parte inferior del lecho fluidizado.

20 El sólido se procesa preferiblemente de manera parcial o total, principalmente en un segundo lecho fluidizado y el sólido procesado se recicla preferiblemente, de manera parcial o total, hacia el reactor de lecho fluidizado. El procesamiento del sólido se efectúa de manera particularmente preferida y de manera esencial mediante calcinación de las deposiciones del sólido que contienen carbono.

El sólido inerte es preferiblemente y ante todo un material inerte reactivo o producto de reacción, preferiblemente un material inorgánico, particularmente preferible  $\text{SiO}_2$  o  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , principalmente  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ .

25 El tamaño de partícula promedio del sólido inerte se encuentra principalmente en el intervalo de 20  $\mu\text{m}$  a 2000  $\mu\text{m}$ , preferiblemente en el intervalo de 20  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$  y particularmente preferible en el intervalo de 50  $\mu\text{m}$  a 150  $\mu\text{m}$ .

30 La corriente líquida que contiene la amina se dosifica al lecho fluidizado principalmente a través de una o varias boquillas que están diseñadas como boquillas para una o para dos sustancias, preferiblemente como boquillas para dos sustancias, en cuyo caso el gas de atomización de las boquillas para dos sustancias es preferentemente un gas que contiene fosgeno, más preferiblemente amina recalentada, un gas inerte o mezclas de los mismos.

En el caso de un gas que contiene fosgeno en calidad de gas de atomización, las boquillas de dos sustancias están implementadas preferiblemente para mezclar afuera.

Al emplear dos o más boquillas para la dosificación de la corriente líquida que contiene la amina, las mismas se instalan ventajosamente, de manera distribuida uniformemente, sobre el corte transversal.

35 La invención se ilustrará con mayor detalle a continuación por medio de dibujos así como de ejemplos de realización.

En particular:

La figura 1 muestra un esquema de flujo para la realización preferida del proceso con integración de calor,

40 La figura 2 muestra una representación esquemática de una modalidad preferida del reactor con lecho fluidizado circulante, y

La figura 3 muestra una representación esquemática del perfil de temperatura en la columna para un ejemplo de realización en una instalación de lecho fluidizado circulante, correspondiente a la figura 2.

En las figuras, los símbolos de referencia designan características iguales o correspondientes.

45 La figura 1 muestra un esquema de flujo para un procedimiento preferido con integración de calor. A un reactor de lecho fluidizado R, representado esquemáticamente, se introduce una corriente de gas 1 que contiene fosgeno, calentada previamente a 390 °C. A manera de ejemplo, la corriente 2 que contiene toluendiamina se calienta a 245

5 °C con vapor a 40 bar y a continuación se calienta a 301 °C con la mezcla de reacción de la fosgenación, en cuyo caso aún permanece en estado líquido de agregación. A continuación, se atomiza la corriente 2 hacia el reactor de lecho fluidizado. La evaporación de la toluendiamina y la reacción de la misma con el fosgeno se efectúan a una temperatura aproximada de 400 °C en el reactor de lecho fluidizado. En este caso, el calor de reacción que se libera corresponde al calor necesario para la evaporación y el calentamiento de los reactivos.

La figura 2 muestra un reactor de lecho fluidizado R preferido el cual está diseñado con una configuración de lecho fluido circulante que comprende una columna RI, un ciclón Z, un lecho fluidizado que forma burbujas como regenerador RE y un sifón S.

10 A la columna RI, en el extremo inferior de la misma, se introduce una corriente de gas 1 que contiene fosgeno y una corriente de gas 2 que contiene toluendiamina, así como una corriente 8 de sólido inerte. La mezcla de gases de reacción y de partículas sólidas, la corriente 3, se conduce desde el extremo superior de la columna RI hacia el ciclón Z conectado a continuación. Desde el ciclón Z se retira una corriente de producto 4 por la parte superior y por la parte inferior se retira la corriente 5 que comprende el sólido circulante. Este se conduce por un tubo vertical a un lecho fluidizado que forma burbujas, el cual funge como regenerador RE. De la zona superior del regenerador RE se conduce hacia fuera una corriente de gas de escape, la corriente 6.

15 Del regenerador RE, en la zona inferior del mismo, se recicla una corriente 7 que contiene sólido inerte circulante por un sifón S como corriente 8 hacia la zona inferior de la columna RI.

20 El tubo de bajada (standpipe o tubo vertical) y el sifón S son operados con gas inerte, corriente 9, fluidizado y por lo tanto como separadores. El lecho fluidizado que forma burbujas, empleado como regenerador RE, también puede operarse con gas inerte, corriente 9, o incluso con aire, corriente 10, en lugar de gas inerte. En el caso de una operación con aire, se calcinan las deposiciones que contienen carbono sobre las partículas sólidas. La columna RI también puede presurizarse con gas inerte para volverse inerte y para soportar la fluidización.

La figura 3 muestra un perfil de temperatura característico en la columna RI, en cuyo caso sobre la abscisa se indica la temperatura T en °C y sobre la ordenada se indica la altura h de la columna RI en metros.

## 25 Ejemplos de realización

Los ejemplos de realización se refieren a un reactor en correspondencia con la representación esquemática de la figura 2.

La presión de la planta en la columna RI es de 3 bar absolutos, la temperatura de reacción es de 400 °C.

30 Las corrientes de reactivos se fijan en 1,8 kg/h de toluendiamina (corriente 2) y 9 kg/h de fosgeno (corriente 1). El fosgeno se introduce totalmente a la fase gaseosa, la toluendiamina totalmente a la fase líquida.

El fosgeno (corriente 1) y la toluendiamina (corriente 2) se llevan a la zona inferior de la columna RI por medio de dos boquillas para una sustancia. Como alternativa, el fosgeno (corriente 1) y la toluendiamina (corriente 2) también pueden llevarse a la zona inferior de la columna RI por medio de una boquilla para dos sustancias. Para la fluidización sirve el nitrógeno (corriente 9). Como alternativa, para la fluidización también puede emplearse aire.

35 Las partículas de sólido inerte empleadas tienen un diámetro de Sauter de 65 µm y una densidad aparente, es decir la densidad media de una partícula porosa, no homogénea, respecto de su envoltura externa, de 1900 kg/m<sup>3</sup>. La tasa de circulación resulta de experimentos en frío en aproximadamente 50 kg/m<sup>2</sup>/s.

En las condiciones de arriba, la velocidad del gas en la columna RI es de aproximadamente 2 m/s y el tiempo de residencia del gas en correspondencia es de 2 s.

40 El perfil de temperatura característico en la columna RI para el ejemplo de realización de arriba se reproduce en la figura 3.

45 El punto de ebullición de toluendiamina a 3 bar absolutos se encuentra aproximadamente en 337 °C. Suponiendo en caso extremo que se efectúe la evaporación de la toluendiamina antes de la reacción y se necesiten 295 W para calentar y evaporar fosgeno y toluendiamina así como un c<sub>p</sub> del sólido inerte de 1,5 kJ/kgK, resulta una reducción de temperatura local a al menos 385 °C. De esta manera, hay que basarse en caída de temperatura continuas de 40 a 70 °C durante la evaporación. En la operación en la columna, en la zona inferior de la misma, prevalece la evaporación y, en la zona superior de la misma, prevalece la reacción.

El balance de energía para diferentes temperaturas se reproduce en la siguiente tabla.

## ES 2 560 408 T3

Toluendiamina		Fosgeno		Toluendiamina calentamiento y evaporación a la temperatura objetivo	Fosgeno calentamiento a la temperatura objetivo	Potencia calorífica	
T <sub>dentro</sub> [°C]	T <sub>fuera</sub> [°C]	T <sub>dentro</sub> [°C]	T <sub>fuera</sub> [°C]	Potencia calorífica [W]	Potencia calorífica [W]	Total [W]	Calor de reacción [W]
332	400	400	400	295	0	295	295
336	350	314	350	233	65	297	295
313	338	313	338	252	45	296	295

De manera sorprendente, el balance de energía para el caso de una temperatura de reacción preferida de 400 °C y una inyección de líquido de la toluendiamina ligeramente por debajo de la temperatura de evaporación (aproximadamente 5 °C) y el precalentamiento de las corrientes de gas coinciden exactamente con la temperatura del reactor.

5

**REIVINDICACIONES**

1. Proceso para producir isocianatos por fosgenación de la amina correspondiente en un reactor de lecho fluidizado (R), caracterizado porque
  - 5 - una corriente de gas (1) que contiene el fosgeno se emplea como gas de fluidización y mantiene pendiente un sólido inerte, y porque
  - una corriente líquida (2) que contiene la amina se dosifica al lecho fluidizado,
  - en cuyo caso la amina se evapora parcial o totalmente y reacciona con el fosgeno para producir una mezcla de gases de reacción que contiene el isocianato correspondiente, el cual se saca del reactor de lecho fluidizado (R).
- 10 2. Proceso según la reivindicación 1, caracterizado porque el reactor de lecho fluidizado (R) es un aparato de rotación simétrica con eje longitudinal vertical.
3. Proceso según la reivindicación 2, caracterizado porque el reactor de lecho fluidizado (R) es un aparato cilíndrico de manera preponderante.
- 15 4. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la corriente de gas (1) que contiene fosgeno, que contiene 50 a 100 % en peso de fosgeno, respecto del peso total de la corriente de gas que contiene fosgeno, preferiblemente 75 a 100 % en peso de fosgeno, respecto del peso total de la corriente de gas que contiene fosgeno, más preferiblemente 90 a 99,9 % en peso de fosgeno, respecto del peso total de la corriente de gas que contiene fosgeno, antes del suministro de la misma al reactor de lecho fluidizado se calienta a una temperatura que es mayor en al menos 5 °C a la temperatura de evaporación de la amina en las condiciones de operación (presión) en el reactor de lecho fluidizado (R).
- 20 5. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la corriente líquida (2) que contiene amina, que contiene 50 a 100 % en peso de amina, respecto del peso total de la corriente líquida que contiene amina, preferiblemente 75 a 100 % en peso de amina, respecto del peso total de la corriente líquida que contiene amina, más preferiblemente 90 a 99,99 % en peso de amina, respecto del peso total de la corriente líquida que contiene amina, inmediatamente antes de la dosificación al lecho fluidizado se calienta previamente a una temperatura que se encuentra en al menos 1 °C, preferiblemente en al menos 5 °C por debajo de la temperatura de ebullición de la amina en las condiciones de operación en el reactor de lecho fluidizado.
- 25 6. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el reactor de lecho fluidizado (R), en la zona superior del mismo, fluye hacia fuera una mezcla que contiene la mezcla de gases de reacción así como el sólido y la cual se suministra a una etapa de separación.
- 30 7. Proceso según la reivindicación 6, caracterizado porque la separación en la mezcla de gases de reacción, por una parte, y el sólido inerte, por la otra, se realiza en uno o varios aparatos seleccionados del grupo de ciclón y filtro.
8. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque en la mezcla de gases de reacción separada se convierten 50 a 100 %, preferiblemente 75 a 100 %, particularmente preferible 90 a 100% de los grupos amino utilizados.
- 35 9. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque la mezcla de gases de reacción se introduce a un reactor de tiempo de residencia que va a continuación para la conversión completa de los grupos amino.
10. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la mezcla de gases de reacción se enfría en una o varias etapas mediante transferencia térmica directa o indirecta y en tal caso se condensa opcionalmente una fase líquida.
- 40 11. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque el sólido se reintroduce parcial o totalmente a la parte inferior de lecho fluidizado.
12. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque el sólido se procesa parcial o totalmente, preferiblemente en un segundo lecho fluidizado y porque el sólido procesado se recicla parcial o totalmente hacia el reactor de lecho fluidizado (R), particularmente preferible porque el procesamiento del sólido se efectúa esencialmente calcinando deposiciones que contienen carbono sobre el sólido.
- 45 13. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque el sólido inerte es un material inerte frente a todos los reactantes y productos de reacción, preferiblemente es un material inorgánico, particularmente preferible es SiO<sub>2</sub> o Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, principalmente α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

## ES 2 560 408 T3

14. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque el tamaño medio de partícula del sólido inerte se encuentra en el intervalo de 20  $\mu\text{m}$  a 2000  $\mu\text{m}$ , preferiblemente en el intervalo de 20  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$  y particularmente preferible en el intervalo de 50  $\mu\text{m}$  a 150  $\mu\text{m}$ .
- 5 15. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque la amina empleada es una diamina, preferiblemente hexametildiamina, isómeros y mezclas de isómeros de la toluendiamina o metilendifenildiamina, particularmente preferible una mezcla de isómeros de la toluendiamina.
16. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado porque la corriente de reactivos que contiene amina y/o que contiene fosgeno se diluye con un componente inerte, preferiblemente nitrógeno.
- 10 17. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 16, caracterizado porque la corriente líquida que contiene la amina se dosifica al lecho fluidizado por medio de una o varias boquillas que están diseñadas como boquillas para una sustancia o para dos sustancias, preferiblemente para dos sustancias, en cuyo caso el gas de atomización de las boquillas para dos sustancias es preferentemente un gas que contiene fosgeno.
18. Proceso según la reivindicación 17, caracterizado porque las boquillas para dos sustancias en el caso de un gas que contiene fosgeno como gas de atomización se implementan preferiblemente para mezclar en la parte de afuera.

Figura 1:

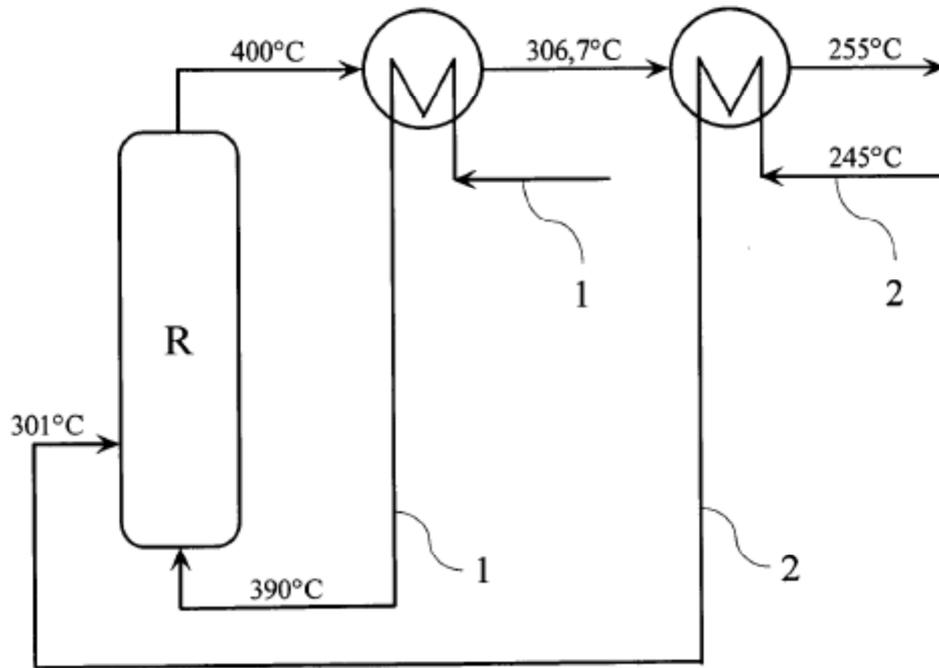


Figura 2:

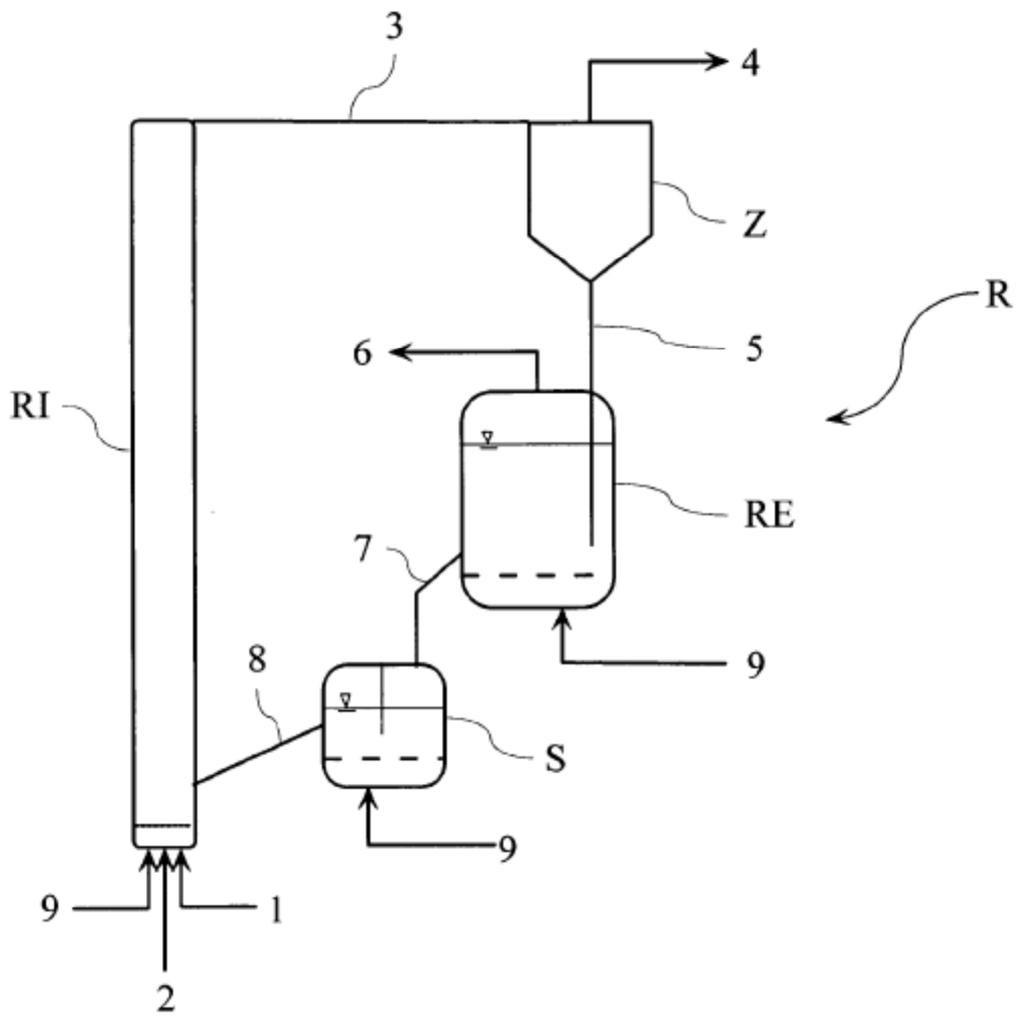


Figura 3:

