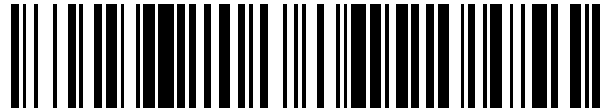


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 875 380**

51 Int. Cl.:

**C08J 11/16** (2006.01)

**C08J 11/24** (2006.01)

**C08L 67/02** (2006.01)

**C08L 75/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.06.2019 E 19180026 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.03.2021 EP 3590999**

54 Título: **Procedimiento para la degradación de plásticos**

30 Prioridad:

**14.06.2018 DE 102018209567**

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

**10.11.2021**

73 Titular/es:

**RAMPF HOLDING GMBH & CO. KG (100.0%)  
Albstrasse 37  
72661 Grafenberg, DE**

72 Inventor/es:

**KUGLER, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 875 380 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

Procedimiento para la degradación de plásticos

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la degradación catalítica de plásticos. Las mezclas obtenidas pueden usarse como materias primas, por ejemplo para la preparación de plásticos (reciclaje de plásticos).

10 Los plásticos son materiales ubicuos y se usan de manera intensa entre otras cosas como materiales de envase, fibras, aislamientos, partes constituyentes de lacas y adhesivos, espumas y materiales de construcción, por ejemplo en la construcción de vehículos. Habitualmente, los plásticos se basan en su mayor parte en productos de partida petroquímicos. En particular en tiempos de escasez de recursos creciente, sin embargo también en cuanto a la problemática de contaminación ambiental creciente, ganan importancia cada vez más los procedimientos de reciclaje.

15 El reciclaje de plásticos comprende la degradación mecánica, térmica o química de plásticos. En la degradación mecánica se muele finamente el material de partida y a continuación se lleva a una nueva forma con técnicas de procesamiento habituales, tal como extrusión y moldeo por inyección. Esta es la variante de reciclaje de plástico más habitual, sin embargo encierra el inconveniente de que solo pueden procesarse plásticos limpios, de una sola variedad. Además, las posibilidades de la reutilización están acopladas al material de partida y están limitadas de manera correspondiente a esto.

20 En la degradación térmica, por ejemplo mediante pirólisis, se descomponen los plásticos a altas temperaturas de aproximadamente 400-900 °C con exclusión de oxígeno. Mediante obtención de los productos de degradación de bajo peso molecular del plástico, el reciclaje térmico es más versátil que el procedimiento puramente mecánico. A los inconvenientes unidos con las altas temperaturas de descomposición pertenecen, sin embargo, el gasto energético inmenso y la aparición acrecentada de reacciones secundarias, lo que reduce la pureza del producto. Tampoco es posible la preparación de monómeros sensibles a la temperatura en el procedimiento térmico.

25 En la degradación química se descomponen los plásticos mediante reacción química en sus monómeros, que pueden reutilizarse como productos de partida en una pluralidad de procedimientos químicos. La importancia económica del reciclaje químico está limitada, sin embargo con frecuencia mediante el esfuerzo del proceso y los costes unidos.

30 Asani et al. (Polym. Degrad. Stab. 2004, 86, 147) describe la degradación química de poliuretanos (PU) en metanol. Para una tasa de degradación aceptable de más del 90 % debe realizarse la reacción a una temperatura de al menos 200 °C y una presión de 2-15 MPa.

35 Liu et al. (Polym. Degrad. Stab. 2013, 98, 2520) describe el mecanismo de la degradación química de PU en metanol. Para condiciones de reacción de 220-260 °C y 3-13 MPa se ha divulgado una tasa de conversión de más del 90 %.

40 Los inconvenientes de los procedimientos de metanólisis expuestos anteriormente de PU son las altas temperaturas y presiones de reacción, que se requieren para generar tasas de conversión aceptables. Con temperatura creciente se favorecen las reacciones secundarias indeseadas, que alteran decisivamente la pureza y el rendimiento de los productos de descomposición y pueden necesitarse etapas de purificación adicionales. La rentabilidad se ha reducido también dado el caso mediante el uso de catalizadores caros. El uso de catalizadores requiere además normalmente una etapa de separación costosa.

45 El documento WO 94/10121 A1 divulga un procedimiento para la descomposición de poliésteres amorfos mediante tratamiento con (a) al menos un alcohol o glicol, (b) al menos un disolvente aprótico polar y (c) al menos un alcóxido o hidróxido.

50 El documento WO 2012/091573 A1 divulga un procedimiento para la preparación de poliésteres que contienen furanodicarboxilato, en donde los poliésteres se hacen reaccionar en presencia de un catalizador, tal como un catalizador de ácido, un catalizador de metal o un catalizador de base. No se consigue una despolimerización completa.

55 Liu et al. (J. Polym. Res. 2015, 22, 135) divulga la metanólisis catalítica de poli(ácido láctico) (PLA) puro. La conversión máxima de PLA se ha descrito a temperaturas de reacción de al menos 130 °C, con adición de 0,01 mol de catalizador de cloruro de hierro(III) por mol de PLA durante 4 horas. No se consigue una despolimerización completa.

60 A pesar de la alta relevancia de procedimientos para la degradación de plásticos faltan en el momento actual procedimientos que permitan en condiciones rentables la regeneración de diversos monómeros a partir de plásticos en ocasiones sucios y/o pos-consumidor, tal como por ejemplo colchones desechados, envases o basura voluminosa.

65 Por tanto, el objetivo de la presente invención es facilitar un procedimiento que permita con medios sencillos la degradación de plásticos de distinto tipo. A este respecto es interesante en particular una reducción de los costes de producción, por ejemplo mediante tiempos de reacción cortos, temperaturas y presiones de reacción relativamente bajas y productos de partida económicos (por ejemplo catalizadores favorables). Además, el procedimiento de acuerdo

con la invención pretende una despolimerización completa, de manera que se permita un procesamiento posterior mejorado de los productos de degradación obtenidos y aumente el valor añadido unido a ello.

5 Un primer aspecto de la presente invención se refiere a un procedimiento para la degradación de plásticos que comprende las etapas:

- 10 (i) facilitar al menos un plástico en al menos un disolvente en un reactor;  
 (ii) añadir al menos un catalizador seleccionado de metanolato;  
 (iii) tratar la mezcla obtenida en la etapa (ii) a temperatura elevada y/o presión elevada; y  
 (iv) dado el caso separar la mezcla obtenida en la etapa (iii),

en donde el al menos un plástico es poliuretano  
 y en donde el disolvente es metanol o etanol, en particular metanol.

15 El procedimiento de acuerdo con la invención se refiere a la degradación y con ello en una primera etapa (i) a la facilitación de al menos un plástico. El plástico puede seleccionarse del grupo que está constituido por poliuretano, poliéster, polieteréster, poliamida, policarbonato y poliisocianurato. En la presente invención, el plástico es poliuretano.

20 El al menos un plástico se basa preferentemente en monómeros seleccionados del grupo que está constituido por poliisocianato, polioliol, ácidos policarboxílico, ácido carboxílico con funcionalidad hidroxil, ácido carboxílico con funcionalidad amino, lactona, lactama y/o poliamina.

25 En una forma de realización, el plástico se basa en monómeros que comprenden al menos un polioliol. El término "polioliol" hace referencia a compuestos con al menos 2, es decir 2, 3, 4 o más, preferentemente 2 o 3 grupos hidroxil. Un polioliol en el sentido de la invención es preferentemente un polieterpolioliol, en particular alifático, por ejemplo polietilenglicol o polipropilenglicol, o polieterpolioliol aromático, poliesterpolioliol, en particular poliesterpolioliol alifático o aromático, dietilenglicol, alquilenglicol C<sub>1-6</sub>, en particular hexanodiol, butanodiol, etilenglicol y neopentilglicol, alquilenpolioliol C<sub>1-8</sub>, en particular trimetilolpropano y glicerol, o una mezcla de los mismos. Los polioliolos preferentes tienen un peso molecular promedio en peso de 50 - 10.000 g/mol, más preferentemente de 300 - 6.000 g/mol. Los polioliolos preferentes tienen un índice de OH de 10 - 900, más preferentemente de 20 - 500.

35 En una forma de realización, el plástico se basa en monómeros que comprenden al menos un poliisocianato. Un poliisocianato en el sentido de la invención puede comprender por ejemplo un poliisocianato aromático o alifático, en particular toluilendiisocianato (TDI), difenilmetano-diisocianato (MDI), MDI polimérico, isoforondiisocianato (IPDI), hexametildiisocianato (HMDI), naftilen-1,5-diisocianato (NDI) o una mezcla de los mismos. Los poliisocianatos preferentes tienen un peso molecular promedio en peso de 100 - 800 g/mol, más preferentemente de 150 - 600 g/mol. En una forma de realización preferente, el poliisocianato tiene un contenido en NCO del 5 - 70 %, más preferentemente del 15 - 55 %.

40 El experto conoce que los poliuretanos se preparan mediante reacción de poliisocianatos con polioliolos.

45 En una forma de realización, el plástico se basa en monómeros que comprenden al menos un ácido policarboxílico. Un ácido policarboxílico en el sentido de la invención puede comprender por ejemplo un ácido policarboxílico aromático, preferentemente ácido ftálico o ácido tereftálico, o un ácido policarboxílico alifático, preferentemente ácido alquilen(C<sub>1-12</sub>)dicarboxílico, más preferentemente ácido alquilen(C<sub>1-6</sub>)dicarboxílico, por ejemplo ácido adípico, ácido succínico o ácido glutárico, anhídridos, ésteres o mezclas de los mismos.

50 En una forma de realización, el plástico se basa en monómeros que comprenden al menos un ácido carboxílico con funcionalidad hidroxil. Un ácido carboxílico con funcionalidad hidroxil en el sentido de la invención puede comprender por ejemplo un ácido hidroxihexametilencarboxílico, un ácido hidroxipropanoico tal como ácido láctico, un ácido hidroxigraso o ácido hidroxibutírico.

55 En una forma de realización, el plástico se basa en monómeros que comprenden al menos una lactona, por ejemplo  $\epsilon$ -caprolactona, o lactama, por ejemplo  $\epsilon$ -caprolactama.

El experto sabe que pueden producirse poliésteres mediante reacción de polioliolos con ácidos policarboxílicos, mediante reacción de ácidos carboxílicos con funcionalidad hidroxil o mediante reacción de lactonas.

60 En una forma de realización, el plástico se basa en monómeros que comprenden al menos una poliamina. El término "poliamina" hace referencia a compuestos con al menos 2, es decir 2, 3, 4 o más, preferentemente 2 o 3, grupos amino. Una poliamina en el sentido de la invención puede comprender, por ejemplo, una diamina aromática, preferentemente 2,4-diaminotolueno, 2,6-diaminotolueno, 4,4'-diaminodifenilmetano, 2,2'-diaminodifenilmetano, 2,4'-diaminodifenilmetano o anilina, una poliamina alifática, por ejemplo una poliamina alifática lineal tal como por ejemplo hexametildiamina y trietilentetramina, o una poliamina alifática cíclica tal como isoforondiamina.

65 El experto sabe que pueden producirse poliamidas mediante reacción de poliaminas con ácidos policarboxílicos.

- En una forma de realización se facilitan más de un plástico, es decir dos, tres, cuatro o más plásticos. A este respecto, los plásticos pueden ser de una sola variedad o pueden contener mezclas de plástico. En una forma de realización se facilita un plástico de una sola variedad o de variedad similar, preferentemente plástico de una sola variedad. Los plásticos se consideran "de una sola variedad" cuando tienen la misma caracterización según la norma DIN EN ISO 11469 o bien VDA 260. "De variedad similar" significa que los plásticos que van a procesarse, si bien coinciden en sus polímeros base, sin embargo difieren uno de otro en propiedades especiales, por ejemplo debido a aditivos ignífugos.
- En otra forma de realización se facilitan varios plásticos de distinto tipo (mezclas de plásticos), que comprenden al menos dos, es decir dos, tres, cuatro o más plásticos, por ejemplo al menos un poliuretano y al menos un poliéster, al menos un poliuretano y al menos un poliéster, al menos un poliisocianurato y al menos un poliéster o al menos un poliisocianurato y al menos un poliéster.  
El plástico facilitado en la etapa de procedimiento (i) puede facilitarse como granulado, polvo o material de corte.
- En la etapa (i) se facilita el al menos un plástico en al menos un disolvente. El disolvente es metanol o etanol, preferentemente metanol.
- La relación en peso de plástico con respecto a disolvente en la etapa (i) se encuentra dado el caso en de 1:1 a 1:40, preferentemente en de 1:5 a 1:20 y más preferentemente de 1:5 a 1:10.
- El al menos un plástico en al menos un disolvente se facilita en un reactor. Preferentemente, el reactor comprende un mecanismo de agitación. El mecanismo de agitación puede agitar por ejemplo de manera que transporta axial o radialmente y en una sola etapa o en varias etapas. Además, el reactor puede cerrarse dado el caso de manera hermética a gases.
- En la etapa de procedimiento (ii) se añade a la mezcla de la etapa (i) al menos un catalizador. El catalizador es un metanolato, preferentemente un metanolato alcalino, tal como por ejemplo metanolato de potasio o metanolato de sodio. Los alcoholatos están fácilmente disponibles y se prefieren para el procedimiento de acuerdo con la invención, dado que éstos son económicos y pueden separarse fácilmente de la mezcla de reacción, por ejemplo tras la hidrólisis. En una forma de realización se encuentra la relación en peso de plástico con respecto a catalizador preferentemente entre 40:1 y 5:1, más preferentemente entre 25:1 y 5:1. En una forma de realización preferente se encuentra la relación en peso de plástico con respecto a catalizador dado el caso entre 40:1 y 10:1 y en particular entre 30:1 y 20:1. Al final del procedimiento de acuerdo con la invención puede recuperarse el catalizador mediante medios adecuados, conocidos por el experto, tal como por ejemplo filtración y puede usarse de nuevo en el procedimiento. Si no es deseable la regeneración del catalizador, el catalizador puede convertirse al final de la degradación de plástico mediante medios adecuados, tal como por ejemplo hidrólisis, en compuestos fácilmente separables, por ejemplo carbonatos y/o sulfatos. Estos últimos pueden separarse fácilmente por ejemplo mediante filtración. Como alternativa puede añadirse el producto obtenido al final del procedimiento, que comprende catalizador y el al menos un disolvente, dado el caso en un nuevo ciclo de degradación de plástico en la etapa (ii) como catalizador.
- Pudo mostrarse sorprendentemente que el uso de catalizadores de metanolato mejora significativamente las condiciones de reacción en comparación con procedimientos del estado de la técnica. Así puede realizarse el procedimiento de acuerdo con la invención a temperaturas de reacción más bajas, presiones de reacción más bajas y/o tiempos de reacción más cortos en comparación con los procedimientos establecidos. Además se ha mostrado que con el procedimiento de acuerdo con la invención pueden conseguirse altos rendimientos y calidades de producto excelentes. Las altas tasas de conversión pueden atribuirse en particular también a la relación de acuerdo con la invención de plástico con respecto a catalizador. Además, los catalizadores de metanolato tienen la ventaja de que éstos no alteran en una aplicación posterior a los productos de degradación de plástico y pueden convertirse dado el caso mediante una reacción adecuada, tal como por ejemplo hidrólisis, en compuestos fácilmente separables, tal como por ejemplo carbonatos y/o sulfatos.
- En una forma de realización se trata en la etapa de procedimiento (iii) la mezcla obtenida en (ii) a temperatura elevada. En otra forma de realización se trata en la etapa (iii) la mezcla obtenida en (ii) con presión elevada. En una forma de realización preferente se trata la mezcla obtenida en (ii) a temperatura elevada y presión elevada.
- La etapa de procedimiento (iii) se realiza a temperaturas de 30-250 °C, preferentemente de 50-200 °C, más preferentemente de 80-180 °C. Una presión elevada en el sentido de la invención asciende a de > 1 a 100 bar, preferentemente a 1,5-30 bar, más preferentemente a 1,5-25 bar, más preferentemente a 1,5-20 bar, más preferentemente a 5-20 bar, más preferentemente a 5-20 bar y lo más preferentemente a 15-20 bar. Dado el caso, el reactor en la etapa (iii) está cerrado de manera hermética a los gases. En una forma de realización puede encontrarse en el reactor una atmósfera con contenido en oxígeno reducido o libre de oxígeno. Dado el caso puede encontrarse una atmósfera de gas inerte en el reactor. Ejemplos de un gas inerte adecuado son nitrógeno y gases nobles, tal como por ejemplo argón.
- La duración de tratamiento en la etapa (iii) asciende preferentemente a 5-800 minutos y preferentemente a 10-600 minutos. En una forma de realización preferente asciende la duración de tratamiento dado el caso a 10-300 minutos y preferentemente a 10-180 minutos.

Si en una forma de realización se facilita en la etapa (i) un plástico que comprende al menos un poliuretano, la mezcla obtenida tras finalizar la etapa (iii) contiene habitualmente poliaminas, polioles, carbamatos, ácidos policarboxílicos y/o ésteres de ácidos policarboxílicos.

- 5 Si en una forma de realización se facilita en la etapa (i) un plástico que comprende al menos un poliéster, la mezcla obtenida tras finalizar la etapa (iii) contiene habitualmente ácidos policarboxílicos, ésteres de ácidos policarboxílicos, polioles, ácidos hidroxí-carboxílicos, y/o ésteres de ácidos hidroxí-carboxílicos.

- 10 Si en una forma de realización se facilita en la etapa (i) un plástico que comprende al menos un poliláctido, la mezcla obtenida tras finalizar la etapa (iii) contiene habitualmente ácido hidroxipropanoico y/o éster de ácido hidroxipropanoico, preferentemente éster de ácido hidroxipropanoico.

- 15 En la etapa de procedimiento (iv) se separa dado el caso la mezcla obtenida en la etapa (iii). La separación puede realizarse mediante destilación, filtración, en particular filtración por membrana, precipitación, cromatografía, o centrifugación. Dado el caso puede comprender la separación más de una etapa de separación y/o más de un tipo de separación, por ejemplo una separación mediante filtración y destilación, filtración y cromatografía, precipitación, filtración y destilación o precipitación, filtración y cromatografía.

- 20 Otro aspecto de la presente invención es la facilitación de una mezcla, que puede obtenerse según un procedimiento de acuerdo con las etapas (i), (ii) y (iii) descritas anteriormente.

- 25 Otro aspecto de la presente invención es el uso de la mezcla de acuerdo con la invención, obtenida en la etapa (iii) para la preparación de plásticos. En una forma de realización preferente se usa la mezcla para la preparación de poliésteres o poliuretanos. La mezcla puede usarse preferentemente sin otras etapas intermedias, por ejemplo, como monómero para la preparación de plásticos. En otra forma de realización se usa la mezcla tras al menos una etapa de separación para la preparación de plásticos.

- 30 Otro aspecto de la presente invención es el uso de la mezcla de acuerdo con la invención, obtenida tras la etapa (iii) para la preparación de lubricantes. En una forma de realización, la mezcla para la preparación de lubricantes comprende dado el caso éster de ésteres de ácidos carboxílicos, ésteres de ácidos dicarboxílicos tal como por ejemplo éster de ácido ftálico, y/o ésteres de ácidos carboxílicos con funcionalidad hidroxí.

- 35 Otro aspecto de la presente invención es el uso de la mezcla de acuerdo con la invención, obtenida tras la etapa (iii) para la preparación de disolventes o productos químicos básicos. En una forma de realización, la mezcla para la preparación de disolventes o productos químicos básicos comprende dado el caso una amina y/o una poliamina tal como por ejemplo diaminotolueno. En otra forma de realización, la mezcla para la preparación de disolventes o productos químicos básicos comprende dado el caso un ácido dicarboxílico o un éster de ácido dicarboxílico tal como por ejemplo ácido adípico o éster de ácido adípico. En otra forma de realización, la mezcla para la preparación de disolventes o productos químicos básicos comprende dado el caso un poliol tal como por ejemplo hexanodiol o trimetilolpropano.
- 40

Además se explicará la presente invención mediante los siguientes ejemplos.

#### 45 Ejemplo 1

- Se facilitaron 4270 g de espuma blanda de poliuretano (espuma altamente resiliente (HR) procedente de la fabricación de colchones), que se basa en polieterpoliol y toluendiisocianato, en 34300 g de metanol en un reactor con mecanismo de agitación. Tras la adición de 1420 g de solución de metanolato de sodio (30 % en metanol, NM30 de Evonik) se cerró el reactor y se inertizó con nitrógeno. A continuación se agitó la mezcla en el reactor durante 5 horas a 158 °C y 15 bar.
- 50

- La solución transparente resultante se analizó por medio de CG (detector FID, columna ZB-WAXplus de Phenomex) a una temperatura de inyector de 250 °C, una velocidad de calentamiento de 60 °C/min y un perfil de temperatura: 20 min 200 °C, 5 min 210 °C, 5 min 220 °C. Los productos de degradación detectados eran 31,5 mg/ml de 2,4-toluendiamina y 8,3 mg/ml de 2,6-toluendiamina.
- 55

- Por medio de análisis de CPG (eluyente THF, columna Phenogel 5 µm 100A) pudo detectarse un eterpoliol (3500 g/mol). La degradación de plástico discurrió de manera cuantitativa, no pudo detectarse ningún producto de partida de poliuretano en la mezcla.
- 60

La separación de la mezcla resultante de la degradación de plástico se realizó por medio de la destilación con presión normal para la separación cuantitativa de metanol y por medio de destilación a vacío para la separación de diaminas.

#### 65 Ejemplo 2

Se facilitaron 4270 g de espuma blanda de poliuretano (espuma altamente resiliente (HR) procedente de la fabricación

de colchones), que se basa en polieterpoliol y toluendiisocianato, en 34300 g de metanol en un reactor con mecanismo de agitación. Tras la adición de 1420 g de solución de metanolato de sodio (30 % en metanol, NM30 de Evonik) se cerró el reactor y se inertizó con nitrógeno. A continuación se agitó la mezcla en el reactor durante 5 horas a 168 °C y 19 bar.

5 La solución transparente resultante se analizó por medio de CG tal como se describe en el ejemplo 1. Los productos de degradación detectados eran 28,1 mg/ml de 2,4-toluendiamina y 7,9 mg/ml de 2,6-toluendiamina.

10 Por medio de análisis de CPG (eluyente THF, columna Phenogel 5 µm 100A) pudo detectarse un eterpoliol (3500 g/mol). La degradación de plástico discurrió de manera cuantitativa, no pudo detectarse ningún producto de partida de poliuretano en la mezcla.

15 La separación de la mezcla resultante de la degradación de plástico se realizó por medio de la destilación con presión normal para la separación cuantitativa de metanol y por medio de destilación a vacío para la separación de diaminas.

### Ejemplo 3 (ejemplo comparativo)

20 Se facilitaron 4270 g de espuma blanda de poliuretano (espuma altamente resiliente (HR) procedente de la fabricación de colchones), que se basa en polieterpoliol y toluendiisocianato, en 34300 g de metanol en un reactor con mecanismo de agitación. Tras la adición del 1 % de titanato de tetrabutilo en relación a la espuma blanda que va a degradarse se cerró el reactor y se inertizó con nitrógeno. A continuación se agitó la mezcla en el reactor durante 5 horas a 158 °C y 15 bar.

25 La solución turbia resultante se analizó por medio de CG tal como se describe en el ejemplo 1. Los productos de degradación detectados eran 16,5 mg/ml de 2,4-toluendiamina y 4,1 mg/ml de 2,6-toluendiamina. La degradación de plástico discurrió de manera incompleta, pudo detectarse poliuretano no disuelto en la mezcla.

### Ejemplo 4

30 Se facilitaron 4270 g de espuma blanda de poliuretano procedente de la fabricación de colchones, que se basa en poliesterpoliol y toluendiisocianato, en 34300 g de metanol en un reactor con mecanismo de agitación. Tras la adición de 1420 g de solución de metanolato de sodio (30 % en metanol, NM30 de Evonik) se cerró el reactor y se inertizó con nitrógeno. A continuación se agitó la mezcla en el reactor durante 5 horas a 158 °C y 15 bar.

35 La solución parduzca resultante se analizó por medio de CG-EM. Los productos de degradación detectados eran metanol, 2,4-toluendiamina, 2,6-toluendiamina, adipato de metilo, dietilenglicol, trimetilolpropano y pequeñas trazas de carbamatos. La degradación de plástico discurrió de manera cuantitativa, no pudo detectarse ningún producto de partida de poliuretano en la mezcla.

40 La separación de la mezcla resultante de la degradación de plástico se realizó por medio de la destilación con presión normal para la separación cuantitativa de metanol y por medio de destilación fraccionada a vacío para la separación de dietilenglicol, adipato de metilo y toluendiamina.

### Ejemplo 5 (ejemplo de referencia)

45 Se facilitaron 100 g de PLA (Nature works) en 804 g de metanol en un reactor con mecanismo de agitación. Tras la adición de 33,3 g de solución de metanolato de sodio (30 % en metanol, NM30 de Evonik) se cerró el reactor y se inertizó con nitrógeno. A continuación se agitó la mezcla en el reactor durante 5 horas a 159 °C y 15 bar.

50 La solución transparente resultante se analizó por medio de CG-EM. Los productos de degradación detectados eran metanol y 2-hidroxipropionato de metilo (99 %). La degradación de plástico discurrió de manera cuantitativa, no pudo detectarse ningún PLA en la mezcla.

55 La separación de la mezcla resultante de la degradación de PLA se realizó por medio de filtración para la separación del catalizador hidrolizado y posterior destilación con presión normal para la separación cuantitativa de metanol.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la degradación de plásticos que comprende las etapas:
  - 5 (i) facilitar al menos un plástico en al menos un disolvente en un reactor;
  - (ii) añadir al menos un catalizador, seleccionado de metanolato;
  - (iii) tratar la mezcla obtenida en la etapa (ii) a temperaturas de 30-250 °C y/o con presiones de > 1 a 100 bar; y
  - (iv) dado el caso separar la mezcla obtenida en la etapa (iii),
- 10 en donde el plástico es poliuretano, y  
en donde el disolvente es metanol o etanol.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde el plástico se facilita en la etapa (i) como granulado, polvo o material de corte.
- 15 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el disolvente es metanol.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el catalizador en la etapa (ii) se selecciona de metanolato alcalino, tal como por ejemplo metanolato de potasio o metanolato de sodio.
- 20 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa (iii) se realiza a temperaturas de 50-200 °C, preferentemente 80-180 °C y preferentemente con presiones de >1-30 bar, más preferentemente >1-25 bar.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la relación en peso de plástico con respecto a disolvente en la etapa (i) es de 1:1 a 1:40, preferentemente de 1:5 a 1:20, más preferentemente de 1:5 a 1:10.
- 25 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la relación en peso de plástico con respecto a catalizador se encuentra entre 40:1 y 5:1, preferentemente entre 40:1 y 10:1, más preferentemente entre 30:1 y 20:1.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la separación en la etapa (iv) se realiza mediante destilación, filtración, en particular filtración por membrana, precipitación y/o cromatografía.
- 30 9. Mezcla que puede obtenerse según un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 (i), (ii) y (iii).
10. Uso de la mezcla según la reivindicación 9 para la preparación de plásticos, en particular poliésteres y poliuretanos, lubricantes, en particular lubricantes a base de éster, productos químicos básicos o disolventes.
- 35