

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 887**

51 Int. Cl.:

C07C 67/03 (2006.01)

C07C 27/02 (2006.01)

C08J 11/24 (2006.01)

C07C 29/128 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.03.2020 PCT/IB2020/000216**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.09.2020 WO20188359**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2020 E 20773250 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2024 EP 3941896**

54 Título: **Proceso de despolimerización de tereftalato de polietileno (PET)**

30 Prioridad:

20.03.2019 US 201962821270 P

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

31.10.2024

73 Titular/es:

**9449710 CANADA INC. (100.0%)
480 Fernand-Poitras Street
Terrebonne, Québec J6Y 1Y4, CA**

72 Inventor/es:

**ESSADDAM, ADEL y
ESSADDAM, FARES**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 984 887 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 de despolimerización de tereftalato de polietileno (PET)

5 **Campo de la invención**

La presente divulgación se refiere a la formación de tereftalato de dimetilo (DMT) y monoetilenglicol (MEG) a partir de tereftalato de polietileno (PET).

10 **Antecedentes de la invención**

El mercado de resina para botellas de tereftalato de polietileno (PET) ha estado creciendo fuertemente a medida que las resinas PET han reemplazado al vidrio en los envases de refrescos carbonatados, agua embotellada y alimentos.

15 El tereftalato de dimetilo (DMT) se utiliza principalmente en la fabricación de tereftalato de polietileno (PET) para aplicaciones de fibras, películas, plásticos para envases y plásticos especiales.

El mayor sector del poliéster es el mercado de fibras, donde se utiliza para fabricar ropa, textiles para el hogar, tales como sábanas y cortinas, alfombras y moquetas, y productos industriales, tales como, por ejemplo, alambres de neumáticos, cinturones de seguridad, mangueras y cuerdas. La película de PET se utiliza en aplicaciones eléctricas, tales como condensadores dieléctricos de láminas metálicas y para el envasado de alimentos. Al-Sabagh et al. divulgan en "Greener routes for recycling of polyethylene terephthalate", un artículo de revisión en Egyptian Journal of Petroleum, vol. 25(1), 2016, páginas 53-64, un primer estudio que informa sobre la despolimerización de PET usando metanol y metóxido de sodio, y un segundo estudio que informa sobre la despolimerización de PET usando hidróxido de sodio y etilenglicol en presencia de dioxano, tetrahidrofurano o dimetoxietano.

Sumario de la invención

30 Se describe un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET) comprendido en una materia prima para formar tereftalato de dimetilo (DMT) y monoetilenglicol (MEG); comprendiendo el proceso:

- (i) mezclar la materia prima que comprende tereftalato de polietileno (PET) con una primera porción de metanol para formar una primera mezcla;
- (ii) añadir metóxido de sodio a la primera mezcla;
- 35 (iii) mezclar; y
- (iv) añadir una segunda porción de metanol formando así una segunda mezcla; formándose así tereftalato de dimetilo (DMT) y monoetilenglicol (MEG).

40 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la cantidad de la primera porción de metanol está entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 0,5 kg/kg de materia prima.

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la cantidad de la primera porción de metanol es de aproximadamente 0,3 kg/kg de materia prima.

45 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (i) se realiza durante aproximadamente 15 minutos a aproximadamente 120 minutos.

50 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (i) se realiza durante aproximadamente 60 minutos.

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (i) se realiza a una temperatura de entre aproximadamente 50 °C y aproximadamente 100 °C.

55 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (i) se realiza a una temperatura de entre aproximadamente 60 °C y aproximadamente 90 °C.

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (i) se realiza a una temperatura de aproximadamente 60 °C.

60 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (i) se realiza a una temperatura de aproximadamente 80 °C.

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (iii) se realiza durante aproximadamente 10 minutos a aproximadamente 120 minutos.

65 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (iii) se

realiza durante unos 30 minutos.

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), etapa (iii) se realiza a una temperatura de entre aproximadamente 40 °C y aproximadamente 100 °C.

5 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (iii) se realiza a una temperatura de entre aproximadamente 85 °C y aproximadamente 90 °C.

10 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la segunda porción de metanol se proporciona para mantener la concentración de metóxido de sodio en la segunda mezcla entre aproximadamente el 0,2 % en peso y aproximadamente el 5,0 % en peso.

15 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la segunda porción de metanol se proporciona para mantener la concentración de metóxido de sodio en la segunda mezcla entre aproximadamente el 0,5 % en peso y aproximadamente el 1,5 % en peso.

20 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la segunda porción de metanol se proporciona para mantener la concentración de metóxido de sodio en la segunda mezcla a aproximadamente el 0,7 % en peso.

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la segunda porción de metanol se proporciona en fracciones en momentos predeterminados.

25 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), se proporciona una primera fracción de la segunda porción de metanol entre aproximadamente 1 minuto y aproximadamente 60 minutos después de la adición de metóxido de sodio.

30 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), se proporciona una primera fracción de la segunda porción de metanol aproximadamente 30 minutos después de la adición de metóxido de sodio.

35 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la cantidad de la primera fracción de la segunda porción de metanol está entre aproximadamente 50 g/kg de materia prima y aproximadamente 100 g/kg de materia prima.

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), se proporciona una segunda fracción de la segunda porción de metanol entre aproximadamente 30 minutos y aproximadamente 90 minutos después de la adición de metóxido de sodio.

40 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), se proporciona una segunda fracción de la segunda porción de metanol aproximadamente 60 minutos después de la adición de metóxido de sodio.

45 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la cantidad de la segunda fracción de la segunda porción de metanol está entre aproximadamente 100 g/kg de materia prima y aproximadamente 200 g/kg de materia prima.

50 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), se proporciona una tercera fracción de la segunda porción de metanol entre aproximadamente 60 minutos y aproximadamente 120 minutos después de la adición de metóxido de sodio.

55 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), una tercera fracción de la segunda porción de metanol se proporciona aproximadamente 90 minutos después de la adición de metóxido de sodio.

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la cantidad de la tercera fracción de la segunda porción de metanol está entre aproximadamente 100 g/kg de materia prima y aproximadamente 200 g/kg de materia prima.

60 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la segunda porción de metanol se proporciona de forma continua.

65 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la segunda porción de metanol se proporciona de forma continua a una velocidad de entre aproximadamente 50 g/h/kg de materia prima y aproximadamente 100 g/h/kg de materia prima.

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la relación entre metóxido de sodio y tereftalato de polietileno (PET) está entre aproximadamente 1:2 y aproximadamente 1:28 (mol/mol).

5 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la relación entre metóxido de sodio y tereftalato de polietileno (PET) está entre aproximadamente 1:5 y aproximadamente 1:20 (mol/mol).

10 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la relación entre metóxido de sodio y tereftalato de polietileno (PET) está entre aproximadamente 1:10 y aproximadamente 1:20 (mol/mol).

15 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la relación entre metóxido de sodio y tereftalato de polietileno (PET) está entre aproximadamente 1:10 y aproximadamente 1:15 (mol/mol).

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), el tereftalato de dimetilo se obtiene con un rendimiento de al menos aproximadamente el 90 % en mol.

20 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), el tereftalato de dimetilo se obtiene con un rendimiento de al menos aproximadamente el 95 % en mol.

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), el tereftalato de dimetilo se obtiene con un rendimiento de al menos aproximadamente el 99 % en mol.

25 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), el monoetilenglicol se obtiene con un rendimiento de al menos aproximadamente el 80 % en mol.

30 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), el monoetilenglicol se obtiene con un rendimiento de al menos aproximadamente el 85 % en mol.

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), el monoetilenglicol se obtiene con un rendimiento de al menos aproximadamente el 90 % en mol.

35 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la materia prima que comprende tereftalato de polietileno (PET) se proporciona en forma de partículas.

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), el tamaño de partícula promedio está entre aproximadamente 0,1 mm y aproximadamente 20 mm.

40 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), el tamaño de partícula promedio está entre aproximadamente 5 mm y aproximadamente 10 mm.

45 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 6 mm.

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 8 mm.

50 Descripción detallada de la invención

55 El tereftalato de dimetilo (DMT) se utiliza en la producción de poliésteres, incluyendo tereftalato de polietileno (PET), tereftalato de politrimetileno (PTT) y tereftalato de polibutileno (PBT). Debido a que el DMT es volátil, es un intermedio en algunos esquemas para el reciclaje de PET, por ejemplo, de botellas de plástico. La hidrogenación de DMT produce el diol 1, 4-ciclohexanodimetanol, que es un monómero útil en la formación de resinas de poliéster.

60 El DMT se ha producido de numerosas maneras. Convencionalmente, y todavía con valor comercial, está la esterificación directa de ácido tereftálico. Como alternativa, se prepara alternando etapas de oxidación y metilesterificación a partir de para-xileno a través de para-toluato de metilo. El método para la producción de DMT a partir de para-xileno y metanol consta de cuatro etapas principales: oxidación, esterificación, destilación y cristalización. Una mezcla de para-xileno y éster para-toluico se oxida con aire en presencia de un catalizador de metal de transición (Co/Mn). La mezcla ácida resultante de la oxidación se esterifica con metanol para producir una mezcla de ésteres. La mezcla de ésteres crudos se destila para eliminar todos los componentes pesados y los residuos producidos; los ésteres más ligeros se reciclan a la sección de oxidación. A continuación, el DMT crudo se
65 cristaliza para eliminar los isómeros de DMT, ácidos residuales y aldehídos aromáticos.

Una mejora en la producción de DMT y MEG a partir del reciclaje de PET: debido al creciente uso de PET en las industrias de envasado y fibras (alfombras y otros textiles), existe la necesidad de una forma eficaz, de bajo consumo energético, alto rendimiento y rentable de formar DMT y MEG a partir de PET.

5 MATERIA PRIMA

En el presente documento se describe un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET) comprendido en una materia prima para formar tereftalato de dimetilo (DMT) y monoetilenglicol (MEG).

10 En algunas realizaciones, la materia prima que comprende tereftalato de polietileno también comprende contaminantes, tales como polímeros adicionales (por ejemplo polietileno, polipropileno, cloruro de polivinilo (PVC), policarbonato (PC), cloruro de polivinilideno (PVDC) y poliamidas), papel, colorantes, suciedad, etileno alcohol vinílico (EVOH), etileno acetato de vinilo (EVA), celulosa, pegamento cualquier combinación de los mismos. En algunas realizaciones, la materia prima contiene de aproximadamente el 5 % a aproximadamente el 30 % de contaminantes.

Mishra et al. (Kinetic and thermodynamic study of methanolysis of polyethylene terephthalate) waste powder Polym. Int. 52:337-342 (2003)) han demostrado que un aumento en el tamaño de partícula de las escamas de PET provoca una disminución en la despolimerización. Mishra et al. registraron 127,5 µm como el tamaño de partícula óptimo. Existe la necesidad de un proceso de despolimerización que permita el uso de partículas de materia prima más grandes. En algunas realizaciones, la materia prima que comprende tereftalato de polietileno (PET) se proporciona en forma de partículas. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio está entre aproximadamente 0,1 mm y aproximadamente 20 mm. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio está entre aproximadamente 5 mm y aproximadamente 10 mm. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 5 mm. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 6 mm. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 7 mm. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 8 mm. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 9 mm. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 10 mm. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 11 mm. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 12 mm. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 13 mm. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 14 mm. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 15 mm. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 16 mm. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 17 mm. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 18 mm. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 19 mm. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula promedio es de hasta aproximadamente 20 mm.

40 DMT

En el presente documento se describe un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET) comprendido en una materia prima para formar tereftalato de dimetilo (DMT) y monoetilenglicol (MEG).

45 En algunas realizaciones, el DMT contiene menos de aproximadamente el 10 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el DMT contiene menos de aproximadamente el 9 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el DMT contiene menos de aproximadamente el 8 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el DMT contiene menos de aproximadamente el 7 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el DMT contiene menos de aproximadamente el 6 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el DMT contiene menos de aproximadamente el 5 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el DMT contiene menos de aproximadamente el 4 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el DMT contiene menos de aproximadamente el 3 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el DMT contiene menos de aproximadamente el 2 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el DMT contiene menos de aproximadamente el 1 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el DMT contiene menos de aproximadamente el 0,5 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el DMT contiene menos de aproximadamente el 0,4 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el DMT contiene menos de aproximadamente el 0,3 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el DMT contiene menos de aproximadamente el 0,2 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el DMT contiene menos de aproximadamente el 0,1 % de impurezas (p/p).

60 En algunas realizaciones, el DMT contiene menos de aproximadamente 250 ppm de cualquier metal, menos de aproximadamente 240 ppm de cualquier metal, menos de aproximadamente 230 ppm de cualquier metal, menos de aproximadamente 220 ppm de cualquier metal, menos de aproximadamente 210 ppm de cualquier metal, menos de aproximadamente 200 ppm de cualquier metal, menos de aproximadamente 190 ppm de cualquier metal, menos de aproximadamente 180 ppm de cualquier metal, menos de aproximadamente 170 ppm de cualquier metal, menos de aproximadamente 160 ppm de cualquier metal, menos de aproximadamente 150 ppm de cualquier metal, menos de

aproximadamente el 4 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el MEG contiene menos de
 aproximadamente el 3 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el MEG contiene menos de
 aproximadamente el 2 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el MEG contiene menos de
 aproximadamente el 1 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el MEG contiene menos de
 5 aproximadamente el 0,5 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el MEG contiene menos de
 aproximadamente el 0,4 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el MEG contiene menos de
 aproximadamente el 0,3 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el MEG contiene menos de
 aproximadamente el 0,2 % de impurezas (p/p). En algunas realizaciones, el MEG contiene menos de
 aproximadamente el 0,1 % de impurezas (p/p).

En algunas realizaciones, el MEG se obtiene con un rendimiento de entre aproximadamente el 50 y
 aproximadamente el 99 % en mol. En algunas realizaciones, el MEG se obtiene con un rendimiento de entre
 aproximadamente el 60 y aproximadamente el 99 % en mol. En algunas realizaciones, el MEG se obtiene con un
 rendimiento de entre aproximadamente el 70 y aproximadamente el 99 % en mol. En algunas realizaciones, el MEG
 15 se obtiene con un rendimiento de entre aproximadamente el 80 y aproximadamente el 99 % en mol. En algunas
 realizaciones, el MEG se obtiene con un rendimiento de entre aproximadamente el 85 y aproximadamente el 99 %
 en mol. En algunas realizaciones, el MEG se obtiene con un rendimiento de entre aproximadamente el 90 y
 aproximadamente el 99 % en mol. En algunas realizaciones, el MEG se obtiene con un rendimiento de al menos
 aproximadamente el 50 % en mol. En algunas realizaciones, el MEG se obtiene con un rendimiento de al menos
 20 aproximadamente el 55 % en mol. En algunas realizaciones, el MEG se obtiene con un rendimiento de al menos
 aproximadamente el 60 % en mol. En algunas realizaciones, el MEG se obtiene con un rendimiento de al menos
 aproximadamente el 65 % en mol. En algunas realizaciones, el MEG se obtiene con un rendimiento de al menos
 aproximadamente el 70 % en mol. En algunas realizaciones, el MEG se obtiene con un rendimiento de al menos
 aproximadamente el 75 % en mol. En algunas realizaciones, el MEG se obtiene con un rendimiento de al menos
 25 aproximadamente el 80 % en mol. En algunas realizaciones, el MEG se obtiene con un rendimiento de al menos
 aproximadamente el 85 % en mol. En algunas realizaciones, el MEG se obtiene con un rendimiento de al menos
 aproximadamente el 90 % en mol. En algunas realizaciones, el MEG se obtiene con un rendimiento de al menos
 aproximadamente el 95 % en mol. En algunas realizaciones, el MEG se obtiene con un rendimiento de al menos
 aproximadamente el 99 % en mol.

MÉTOXIDO DE SODIO

En el presente documento se describe un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET)
 comprendido en una materia prima para formar tereftalato de dimetilo (DMT) y monoetilenglicol (MEG).

En algunas realizaciones, el proceso descrito en este documento comprende una cantidad catalítica de metóxido de
 sodio. En algunas realizaciones, el proceso descrito en este documento comprende una cantidad
 subestequiométrica de metóxido de sodio.

"Cantidad subestequiométrica", como se usa en el presente documento, se usa para indicar que la cantidad de
 material utilizado es menor que una cantidad estequiométrica. El término se utiliza en el presente documento
 indistintamente con "cantidad catalítica" En algunas realizaciones, una cantidad subestequiométrica es menor o igual
 a aproximadamente el 95 % de una cantidad estequiométrica. En algunas realizaciones, una cantidad
 subestequiométrica es menor o igual a aproximadamente el 90 % de una cantidad estequiométrica. En algunas
 45 realizaciones, una cantidad subestequiométrica es menor o igual a aproximadamente el 85 % de una cantidad
 estequiométrica. En algunas realizaciones, una cantidad subestequiométrica es menor o igual a aproximadamente el
 80 % de una cantidad estequiométrica. En algunas realizaciones, una cantidad subestequiométrica es menor o igual
 a aproximadamente el 75 % de una cantidad estequiométrica. En algunas realizaciones, una cantidad
 subestequiométrica es menor o igual a aproximadamente el 70 % de una cantidad estequiométrica. En algunas
 50 realizaciones, una cantidad subestequiométrica es menor o igual a aproximadamente el 65 % de una cantidad
 estequiométrica. En algunas realizaciones, una cantidad subestequiométrica es menor o igual a aproximadamente el
 60 % de una cantidad estequiométrica. En algunas realizaciones, una cantidad subestequiométrica es menor o igual
 a aproximadamente el 55 % de una cantidad estequiométrica. En algunas realizaciones, una cantidad
 subestequiométrica es menor o igual a aproximadamente el 50 % de una cantidad estequiométrica. En algunas
 55 realizaciones, una cantidad subestequiométrica es menor o igual a aproximadamente el 45 % de una cantidad
 estequiométrica. En algunas realizaciones, una cantidad subestequiométrica es menor o igual a aproximadamente el
 40 % de una cantidad estequiométrica. En algunas realizaciones, una cantidad subestequiométrica es menor o igual
 a aproximadamente el 35 % de una cantidad estequiométrica. En algunas realizaciones, una cantidad
 subestequiométrica es menor o igual a aproximadamente el 30 % de una cantidad estequiométrica. En algunas
 60 realizaciones, una cantidad subestequiométrica es menor o igual a aproximadamente el 25 % de una cantidad
 estequiométrica. En algunas realizaciones, una cantidad subestequiométrica es menor o igual a aproximadamente el
 20 % de una cantidad estequiométrica. En algunas realizaciones, una cantidad subestequiométrica es menor o igual
 a aproximadamente el 15 % de una cantidad estequiométrica. En algunas realizaciones, una cantidad
 subestequiométrica es menor o igual a aproximadamente el 10 % de una cantidad estequiométrica.

"Cantidad estequiométrica", como se usa en el presente documento, se usa para indicar que la cantidad de material

utilizado es equivalente al número de enlaces éster presentes en el poliéster.

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la relación entre metóxido de sodio y tereftalato de polietileno (PET) está entre aproximadamente 1:2 y aproximadamente 1:28 (mol/mol). En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la relación entre metóxido de sodio y tereftalato de polietileno (PET) está entre aproximadamente 1:5 y aproximadamente 1:20 (mol/mol). En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la relación entre metóxido de sodio y tereftalato de polietileno (PET) está entre aproximadamente 1:10 y aproximadamente 1:20 (mol/mol). En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la relación entre metóxido de sodio y tereftalato de polietileno (PET) está entre aproximadamente 1:10 y aproximadamente 1:15 (mol/mol).

PROCESO DE DESPOLIMERIZACIÓN

En el presente documento se describe un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET) comprendido en una materia prima para formar tereftalato de dimetilo (DMT) y monoetilenglicol (MEG); comprendiendo el proceso:

- (i) mezclar la materia prima que comprende tereftalato de polietileno (PET) con una primera porción de metanol para formar una primera mezcla;
- (ii) añadir metóxido de sodio a la primera mezcla;
- (iii) mezclar; y
- (iv) añadir una segunda porción de metanol formando así una segunda mezcla; formándose así tereftalato de dimetilo (DMT) y monoetilenglicol (MEG).

Etapa (i)

En algunas realizaciones, el proceso descrito en este documento comprende el pretratamiento del tereftalato de polietileno (PET) con una primera porción de disolvente de metanol para hinchar el tereftalato de polietileno (PET) antes de la adición del metóxido de sodio.

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la cantidad de la primera porción de metanol está entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 0,5 kg/kg de materia prima. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la cantidad de la primera porción de metanol está entre aproximadamente 0,2 y aproximadamente 0,4 kg/kg de materia prima. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la cantidad de la primera porción de metanol está entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 0,3 kg/kg de materia prima. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la cantidad de la primera porción de metanol está entre aproximadamente 0,3 y aproximadamente 0,5 kg/kg de materia prima. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la cantidad de la primera porción de metanol es de aproximadamente 0,1 kg/kg de materia prima. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la cantidad de la primera porción de metanol es de aproximadamente 0,2 kg/kg de materia prima. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la cantidad de la primera porción de metanol es de aproximadamente 0,3 kg/kg de materia prima. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la cantidad de la primera porción de metanol es de aproximadamente 0,4 kg/kg de materia prima. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la cantidad de la primera porción de metanol es de aproximadamente 0,5 kg/kg de materia prima.

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (i) se realiza durante aproximadamente 15 minutos a aproximadamente 120 minutos. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (i) se realiza durante aproximadamente 15 minutos a aproximadamente 90 minutos. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (i) se realiza durante aproximadamente 15 minutos a aproximadamente 60 minutos. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (i) se realiza durante aproximadamente 30 minutos a aproximadamente 120 minutos. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (i) se realiza durante aproximadamente 60 minutos a aproximadamente 120 minutos. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (i) se realiza durante aproximadamente 45 minutos a aproximadamente 90 minutos. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (i) se realiza durante aproximadamente 45 minutos a aproximadamente 60 minutos. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (i) se realiza durante aproximadamente 60 minutos a aproximadamente 90 minutos. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (i) se realiza durante aproximadamente 15 minutos. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la etapa (i) se realiza durante aproximadamente 20 min. En algunas realizaciones de

Adición continua

En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la segunda porción de metanol se proporciona de forma continua en la etapa (iv).

5 En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la segunda porción de metanol se proporciona de forma continua a una velocidad de entre aproximadamente 50 g/h/kg de materia prima y aproximadamente 100 g/h/kg de materia prima. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la segunda porción de metanol se proporciona de forma continua a una velocidad de entre aproximadamente 50 g/h/kg de materia prima y aproximadamente 90 g/h/kg de materia prima. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la segunda porción de metanol se proporciona de forma continua a una velocidad de entre aproximadamente 50 g/h/kg de materia prima y aproximadamente 80 g/h/kg de materia prima. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la segunda porción de metanol se proporciona de forma continua a una velocidad de entre aproximadamente 50 g/h/kg de materia prima. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la segunda porción de metanol se proporciona de forma continua a una velocidad de aproximadamente 70 g/h/kg de materia prima. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la segunda porción de metanol se proporciona de forma continua a una velocidad de aproximadamente 60 g/h/kg de materia prima. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la segunda porción de metanol se proporciona de forma continua a una velocidad de aproximadamente 70 g/h/kg de materia prima. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la segunda porción de metanol se proporciona de forma continua a una velocidad de aproximadamente 80 g/h/kg de materia prima. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la segunda porción de metanol se proporciona de forma continua a una velocidad de aproximadamente 90 g/h/kg de materia prima. En algunas realizaciones de un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET), la segunda porción de metanol se proporciona de forma continua a una velocidad de aproximadamente 100 g/h/kg de materia prima.

30 CIERTA TERMINOLOGÍA

Los títulos de sección usados en el presente documento tienen únicamente fines organizativos y no deben considerarse limitantes de la materia objeto que se describe.

35 A menos que se definan de otro modo, todos los términos técnicos y científicos utilizados en el presente documento tienen el mismo significado que se entiende habitualmente al que pertenece el tema reivindicado. En el caso en el que exista una pluralidad de definiciones para los términos y expresiones en el presente documento, prevalecen los de esta sección.

40 Debe entenderse que la descripción general y la descripción detallada son solo ilustrativas y explicativas y no son restrictivas de ninguna materia objeto reivindicada. En la presente solicitud, el uso del singular incluye el plural a menos que se indique específicamente otra cosa. Cabe señalar que, como se usa en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas, las formas en singular "un/uno", "una", "el" y "la" incluyen referencias en plural, a menos que el contexto indique claramente otra cosa. En la presente solicitud, el uso de "o" significa "y/o" a menos que se indique otra cosa. Además, el uso de la expresión "que incluye", así como otras formas, tales como "incluyen", "incluye", e "incluido/a", no es limitante.

50 Salvo que el contexto requiera otra cosa, a lo largo de esta memoria descriptiva y de las reivindicaciones que siguen, la palabra "comprender" y variaciones de la misma, tales como, "comprende" y "que comprende" deben interpretarse en un sentido abierto e inclusivo, es decir, como "incluyendo, pero sin limitación". Además, los encabezados proporcionados en el presente documento son solo con fines de comodidad y no interpretan el ámbito o significado de la invención reivindicada.

55 Como se usan en la presente memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas, las formas en singular "un/uno", "una", y "el" o "la", incluyen referencias en plural a menos que el contenido dicte claramente lo contrario. También debe tenerse en cuenta que el término "o" se emplea generalmente en su sentido, incluyendo "y/o" a menos que el contenido indique claramente lo contrario.

60 Como se usa en el presente documento, el término "alrededor de" o "aproximadamente" significa dentro del 10 %, preferiblemente dentro del 10 %, y más preferiblemente dentro del 5 % de un valor o intervalo dado.

65 Como se usa en el presente documento, la temperatura ambiente es una expresión coloquial de la temperatura interior (climatizada) típica o preferida a la que la gente está generalmente acostumbrada. Representa el pequeño intervalo de temperaturas en las que el aire no se siente ni caliente ni frío, aproximadamente 21 °C. En algunas realizaciones, la temperatura ambiente es 25±5 °C. En algunas realizaciones, la temperatura ambiente es 18 °C. En algunas realizaciones, la temperatura ambiente es 19 °C. En algunas realizaciones, la temperatura ambiente es

20 °C. En algunas realizaciones, la temperatura ambiente es 21 °C. En algunas realizaciones, la temperatura ambiente es 22 °C. En algunas realizaciones, la temperatura ambiente es 23 °C. En algunas realizaciones, la temperatura ambiente es 24 °C. En algunas realizaciones, la temperatura ambiente es 25 °C. En algunas realizaciones, la temperatura ambiente es 26 °C. En algunas realizaciones, la temperatura ambiente es 27 °C. En algunas realizaciones, la temperatura ambiente es 28 °C. En algunas realizaciones, la temperatura ambiente es 29 °C. En algunas realizaciones, la temperatura ambiente es 30 °C.

Como se usa en la presente memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas, despolimerización, se refiere a una forma de descomponer un polímero en su material de partida. Es esencialmente lo opuesto a la polimerización. En algunas realizaciones, la despolimerización se consigue por metanólisis.

Como se usa en el presente documento, el término "mol", cuando se refiere a PET, es la cantidad molar y se calcula utilizando el peso molecular de la unidad "PET" que es 192,17 g/mol.

La definición de términos químicos estándar se puede encontrar en obras de referencia, incluyendo, pero sin limitación, Carey y Sundberg "Advanced Organic Chemistry 4th Ed." Vol. A (2000) y B (2001), Plenum Press, Nueva York.

Ejemplos

Los siguientes ejemplos pretenden ilustrar, pero no limitar, las realizaciones desveladas.

Ejemplo 1: Despolimerización de PET con adición secuencial de metanol

A un reactor de 25 L que contenía 10,00 kg de materia prima (finos de PET) se le añadieron 3,00 kg de metanol. El medio se agitó y se calentó a 60 °C durante 1 h. A continuación se elevó la temperatura a 85 °C, después de lo cual se añadió metóxido de sodio (30 kg/t de materia prima). La adición fraccionada de metanol se realizó de la siguiente manera: se añadieron 710 g 30 minutos después de la adición de metóxido de sodio, 1,21 kg después de otros 30 min, y 1,21 kg finales después de otros 30 min. El medio de reacción se agitó a 85 °C durante un total de 8-10 h después de la adición de metóxido de sodio. Los rendimientos de la reacción fueron: 97 % para DMT y 95 % para MEG.

Ejemplo 2: Despolimerización de PET con eliminación parcial de metanol y metanol secuencial

Adición

A un reactor de 25 L que contenía 10,00 kg de materia prima (finos de PET) se le añadieron 6,00 kg de metanol. El medio se agitó y se calentó a 60 °C durante 1 h. A continuación se extrajeron 3 kg de líquido y se elevó la temperatura a 85 °C, después de lo cual se añadió metóxido de sodio (30 kg/t de materia prima). La adición fraccionada de metanol se realizó de la siguiente manera: se añadieron 1,21 kg 30 minutos después de la adición de metóxido de sodio, 1,21 kg después de otros 30 min, y 1,21 kg finales después de otros 30 min. El medio de reacción se agitó a 85 °C durante un total de 8-10 h después de la adición de metóxido de sodio. Los rendimientos de la reacción fueron: 87 % para DMT y 83 % para MEG.

Ejemplo 3: Despolimerización de PET con eliminación parcial de metanol y adición única de metanol

A un reactor de 25 L que contenía 10,00 kg de materia prima (finos de PET) se le añadieron 6,00 kg de metanol. El medio se agitó y se calentó a 60 °C durante 1 h. A continuación se extrajeron 2,2 kg de líquido y se aumentó la temperatura a 85 °C, después de lo cual se añadió metóxido de sodio (30 kg/t de materia prima). Al cabo de 30 min, se añadieron 2,3 kg de metanol. El medio de reacción se agitó a 85 °C durante un total de 8-10 h después de la adición de metóxido de sodio. El rendimiento de la reacción fue del 80 % para DMT y del 93 % para MEG.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un proceso para la despolimerización de tereftalato de polietileno (PET) comprendido en una materia prima para formar tereftalato de dimetilo (DMT) y monoetilenglicol (MEG); comprendiendo el proceso:
- (i) mezclar la materia prima que comprende tereftalato de polietileno (PET) con una primera porción de metanol para formar una primera mezcla;
 - (ii) añadir metóxido de sodio a la primera mezcla;
 - (iii) mezclar; y
 - 10 (iv) añadir una segunda porción de metanol formando así una segunda mezcla; formándose así tereftalato de dimetilo (DMT) y monoetilenglicol (MEG).
- 15 2. El proceso de la reivindicación 1, en donde la cantidad de la primera porción de metanol está entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 0,5 kg/kg de materia prima.
3. El proceso de la reivindicación 1 o 2, en donde la etapa (i) se realiza durante aproximadamente 15 minutos a aproximadamente 120 minutos.
- 20 4. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la etapa (i) se realiza a una temperatura de entre aproximadamente 50 °C y aproximadamente 100 °C.
5. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde la etapa (iii) se realiza durante aproximadamente 10 minutos a aproximadamente 120 minutos.
- 25 6. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde la etapa (iii) se realiza a una temperatura de entre aproximadamente 40 °C y aproximadamente 100 °C.
- 30 7. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde la segunda porción de metanol se proporciona para mantener la concentración de metóxido de sodio en la segunda mezcla entre aproximadamente el 0,2 % en peso y aproximadamente el 5,0 % en peso.
8. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde la segunda porción de metanol se proporciona en fracciones en momentos predeterminados.
- 35 9. El proceso de la reivindicación 8, en donde se proporciona una primera fracción de la segunda porción de metanol entre aproximadamente 1 minuto y aproximadamente 60 minutos después de la adición de metóxido de sodio.
- 40 10. El proceso de la reivindicación 8 o 9, en donde la cantidad de la primera fracción de la segunda porción de metanol está entre aproximadamente 50 g/kg de materia prima y aproximadamente 100 g/kg de materia prima.
11. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en donde se proporciona una segunda fracción de la segunda porción de metanol entre aproximadamente 30 minutos y aproximadamente 90 minutos después de la adición de metóxido de sodio.
- 45 12. El proceso de la reivindicación 11, en donde la cantidad de la segunda fracción de la segunda porción de metanol está entre aproximadamente 100 g/kg de materia prima y aproximadamente 200 g/kg de materia prima.
- 50 13. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde la segunda porción de metanol se proporciona de forma continua.
14. El proceso de la reivindicación 13, en donde la segunda porción de metanol se proporciona de forma continua a una velocidad de entre aproximadamente 50 g/h/kg de materia prima y aproximadamente 100 g/h/kg de materia prima.
- 55 15. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1-14, en donde la relación entre metóxido de sodio y tereftalato de polietileno (PET) está entre aproximadamente 1:2 y aproximadamente 1:28 (mol/mol).