

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 017 066**

51 Int. Cl.:

**C08J 11/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.03.2022** **E 22160884 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2024** **EP 4056632**

54 Título: **Procedimiento e instalación para la despolimerización de material plástico**

30 Prioridad:

**10.03.2021 DE 102021105810**

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

**12.05.2025**

73 Titular/es:

**RESCHNER, KURT (100.00%)  
Mathildenstraße 24  
01069 Dresden, DE**

72 Inventor/es:

**RESCHNER, KURT**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 3 017 066 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 e instalación para la despolimerización de material plástico

La presente invención hace referencia a un procedimiento para despolimerizar material plástico. Además, hace referencia a una instalación para la despolimerización de material plástico.

5 Cada año se producen en todo el mundo más de 300 millones de toneladas de residuos plásticos procedentes de envases. Sólo una pequeña proporción de esto se recicla como material. En 2018, en Alemania se generaron alrededor de 3,25 millones de toneladas de residuos plásticos procedentes de envases. A pesar de los grandes esfuerzos de las instituciones dedicadas a la gestión de residuos en  
10 Alemania y de numerosas medidas de regulación, la proporción del reciclaje de materiales de residuos plásticos, desde hace 10 años, está estancada en aproximadamente el 46 %. Esto se debe a que los residuos de envases no se producen como polímeros puros en cuanto a su tipo, sino como plásticos mixtos con gran cantidad de las más diversas impurezas. Una clasificación y limpieza no puede realizarse en cuanto al aspecto tecnológico, ni es conveniente desde el punto de vista económico.

15 Sin embargo, para lograr reutilizar los residuos plásticos de forma conveniente en cuanto a los materiales, en los últimos veinte años se ha desarrollado un gran número de procedimientos del reciclaje químico. Independientemente de si esos procedimientos se denominan pirólisis, termólisis, obtención de aceite o despolimerización, el modo de acción en casi todos los procedimientos conocidos hasta el momento es el mismo: El material de carga se calienta en un reactor, mediante exclusión de aire, a temperaturas de 400 °C a 600 °C. En el reactor, las cadenas de polímeros se disocian formando monómeros e hidrocarburos de  
20 distinta longitud y estructura. El producto sale desde el reactor como vapor de aceite y, a continuación, se condensa en un intercambiador de calor o, en una columna de destilación, se separa en distintas partes con distintos puntos de ebullición.

25 Los hidrocarburos generados de ese modo pueden utilizarse en la industria petroquímica como materia prima, o pueden procesarse posteriormente en una refinería para producir combustible. En la mayoría de los procedimientos se producen aproximadamente de 10 a 15 % de hidrocarburos de cadena corta (de bajo punto de ebullición) y gases, que habitualmente se utilizan para generar la energía del proceso requerida. Esto se realiza mediante quemadores que calientan directamente los reactores, o mediante generadores diesel, para la producción de energía eléctrica en el lugar.

30 En muchos procedimientos se utilizan catalizadores y otros aditivos para acelerar la reacción, ácidos para neutralizar, así como para influir en la composición del producto final.

35 La mayoría de los procedimientos desarrollados hasta el momento se caracterizan por una complejidad tecnológica muy alta, lo que en general implica costes de inversión y costes operativos muy elevados y, por consiguiente, representa obstáculos determinantes para una aplicación comercial más amplia. A su vez, otros procedimientos funcionan de modo fiable a escala de laboratorio o técnica, pero fracasan al intentarse una ampliación a gran escala que pueda realizarse de forma rentable.

40 Por la solicitud WO 2005/087897 A1 se conocen un procedimiento y una instalación para la conversión de un material plástico, procedente de residuos plásticos, en combustible diesel. La instalación presenta una cámara de pirólisis desde la que debe eliminarse oxígeno del aire mediante un gas de purga. El gas de purga, que puede tratarse de nitrógeno o helio, se pone a disposición en un contenedor de almacenamiento. En cada cambio de lote debe realizarse una purga de la cámara de pirólisis con el gas de purga, para reducir a un mínimo una entrada accidental de oxígeno del aire en la cámara de pirólisis y reducir a un mínimo lo más posible la concentración del oxígeno allí dentro. Ese principio requiere costes de inversión y costes operativos muy elevados, así como el almacenamiento del gas de purga en depósitos de gran tamaño. El procedimiento descrito en la solicitud WO 2005/087897 A1 se realiza por lotes.

45 Un procedimiento para la licuefacción de un material plástico con modo de funcionamiento continuo se conoce por la solicitud DE 695 32 712 T2. El modo de funcionamiento continuo debe permitir varias extrusionadoras de doble husillo que están dispuestas en forma de cascadas. De este modo, mediante el movimiento permanente de los husillos de la extrusionadora debe impedirse una coquización, lo que representa una ventaja significativa en comparación con los reactores de agitación u hornos rotativos  
50 utilizados a menudo. Sin embargo, la hermetización de la extrusionadora de doble husillo contra la penetración del oxígeno del aire en la extrusionadora y la salida de gases desde la extrusionadora, es muy compleja en cuanto al aspecto técnico.

Por las solicitudes US 2016/0130505 A1 y WO 2020/008050 A1 se conocen procedimientos para obtener combustibles a partir de residuos plásticos, que requieren un convertidor catalítico. En este caso, un material

gaseoso que se obtiene a partir de residuos plásticos en una cámara de pirólisis, se conduce hacia el convertidor catalítico para modificar la estructura del material gaseoso. La utilización de extrusionadoras para la despolimerización de material plástico es conocida sin que se utilice una extrusionadora con cilindros planetarios o mediante el calentamiento con procedimientos de inducción (solicitudes JP H11 106758 A, BE 884 302 A, US 5 631 346 A). Con relación a la despolimerización de material plástico es conocida una extrusionadora calentada de forma inductiva, pero no con una extrusionadora con cilindros planetarios (solicitudes WO 2017/064211 A1, EP 2 233 547 B1, JP H11 302663 A). La utilización de una extrusionadora con cilindros planetarios para el tratamiento de material plástico es conocida, pero no en combinación con medios de calentamiento inductivos, para realizar la despolimerización (solicitudes DE 10 2010 006476 A1, US 9 556 319 B1, US 2013/023639 A1, US 2015/191578 A1, EPS 257 644 B1, JP 4 609947 B2).

El rendimiento de un procedimiento para la despolimerización de residuos plásticos esencialmente depende de en qué medida se logre conducir el calor del proceso requerido de forma rápida, segura y eficiente hacia el interior del reactor. Expresado de otro modo, cuánto más elevada sea la densidad de flujo térmico máxima (flujo térmico por m<sup>2</sup> de superficie de intercambio de calor), tanto más eficiente será el procedimiento.

Muchos procedimientos conocidos hasta el momento utilizan calentadores eléctricos por resistencia para generar calor del proceso. Sin embargo, el aislamiento eléctrico de los elementos calentadores, aquí requerido, limita también inevitablemente el flujo térmico, de forma considerable. Otra desventaja de los calentadores eléctricos por resistencia es la vida útil muy limitada de los manguitos de calentamiento, lo que implica altos costes de mantenimiento e interrupciones frecuentes del funcionamiento.

En algunos procedimientos, el calor del proceso se genera mediante calentamiento por gas o por aceite combustible. También en este caso la densidad del flujo térmico es limitada. Además, la temperatura de despolimerización no puede controlarse de forma precisa en el calentamiento directo. En el calentamiento directo, si bien el flujo térmico puede aumentar debido a las temperaturas esencialmente más altas en la pared del reactor, sin embargo, esto conduce inevitablemente a coquizaciones más intensas en el espacio interno del reactor.

De este modo, existe la necesidad de un procedimiento tecnológicamente fiable y que pueda realizarse comercialmente, para la despolimerización de plásticos mixtos.

El objeto de la presente invención consiste en eliminar las desventajas del estado de la técnica. En particular debe indicarse un procedimiento para la despolimerización de material plástico, en particular de plásticos mixtos, que presente una inversión tecnológica menor, una fiabilidad tecnológica más elevada y una demanda energética más reducida. Además, debe indicarse una instalación para la despolimerización de material plástico, en particular de plásticos mixtos, que pueda utilizarse para realizar el procedimiento.

Dicho objeto se soluciona mediante las características de las reivindicaciones 1 y 10. De las características de las reivindicaciones dependientes resultan configuraciones convenientes de la invención.

Conforme a la invención se proporciona un procedimiento para la despolimerización de material plástico, en particular de plásticos mixtos, que comprende las siguientes etapas:

(a) fusión del material plástico para obtener un material fundido;

(b) introducción del material fundido en una extrusionadora con cilindros planetarios;

(c) calentamiento del material fundido en la extrusionadora con cilindros planetarios para obtener vapor de aceite; y

(d) refrigeración del vapor de aceite.

El procedimiento según la invención posibilita la despolimerización de material plástico. El procedimiento puede ser un procedimiento continuo. La extrusionadora con cilindros planetarios es un reactor en el que tiene lugar la despolimerización. La despolimerización puede tener lugar de forma continua en la extrusionadora con cilindros planetarios.

El material plástico puede tratarse de un plástico mixto, por ejemplo de un plástico mixto procedente de plásticos de residuos. Por un plástico mixto, en una forma de ejecución, se entiende una mezcla que contiene al menos dos tipos de plásticos. Un tipo de plástico se diferencia de otro tipo de plástico cuando éste presenta al menos otra unidad de repetición. Un tipo de plástico puede tratarse de un homopolímero o de un copolímero. Los ejemplos de tipos de plástico comprenden poliamida, policarbonato, polietileno, tereftalato de

polietileno, polipropileno, poliestireno, poliuretanos, cloruro de polivinilo, resina epoxi, resina fenólica y resinas de poliéster, donde la enumeración no es exhaustiva.

5 Por el término "despolimerización" se entiende la desintegración de polímeros en compuestos con masas molares más reducidas. De este modo, el polímero puede descomponerse en sus monómeros, lo que sin embargo no se prevé de forma obligatoria según la invención. Puede preverse que a partir del material plástico, mediante despolimerización, se obtenga un destilado intermedio. Por un destilado intermedio se entienden mezclas de hidrocarburo, cuyo rango de ebullición se encuentra a una temperatura de 180 °C a 360 °C. El significado del término puede corresponder aquí al significado que posee con relación al refinado de aceite crudo.

10 Puede preverse que el material plástico se triture antes de la realización de la etapa (a). Esto es necesario cuando el material plástico no se encuentra presente ya como material plástico triturado. El material plástico triturado preferentemente presenta un tamaño de las partículas de no más de 50 mm. El triturado puede realizarse por ejemplo de forma mecánica.

15 Puede preverse que el material plástico triturado esté libre de sustancias interferentes o que las sustancias interferentes se separen en gran medida antes de la realización de la etapa (a). Se considera deseable separar en lo posible todas las sustancias interferentes, donde en la práctica, sin embargo, no puede alcanzarse una separación completa de las sustancias interferentes. Las sustancias interferentes consisten en materiales que no son materiales plásticos. Como ejemplos de sustancias interferentes pueden mencionarse metales, cerámica, vidrio, minerales y tierra, donde la enumeración no es exhaustiva. Las sustancias interferentes pueden separarse del material plástico con procedimientos que son conocidos por la técnica de reciclaje. La separación de las sustancias interferentes del material plástico triturado es ventajosa para proteger la extrusionadora con cilindros planetarios del desgaste excesivo.

25 En la etapa (a) se prevé la fusión del material plástico para obtener un material fundido. El material plástico puede tratarse de un material plástico triturado. Para fundir el material plástico, el material plástico preferentemente se calienta a una temperatura en un rango de 200 a 250 °C, más preferentemente en un rango de 230 a 250 °C y de forma especialmente preferente a 250°C. A continuación, esa temperatura también se denomina como temperatura de fusión previa. La fusión del material plástico puede efectuarse en un dispositivo para fundir el material plástico, que a continuación se denomina como dispositivo de fusión. El dispositivo de fusión, por ejemplo, puede tratarse de una extrusionadora de fusión. El material plástico puede conducir al dispositivo de fusión, por ejemplo, mediante una tolva de alimentación y un dosificador de hélice. Mediante la fusión del material plástico, desde el material plástico pueden separarse humedad residual y/o componentes altamente volátiles. La humedad residual y/o los componentes altamente volátiles pueden escaparse de la extrusionadora de fusión mediante una desgasificación atmosférica. Por el término "componente altamente volátil" se entiende un componente cuya temperatura de ebullición se encuentra por debajo de la temperatura de fusión previa o en dicha temperatura. Los "componentes altamente volátiles" pueden tratarse de compuestos orgánicos, como por ejemplo hidrocarburos de cadena corta.

40 En el dispositivo de fusión, de este modo, el material plástico puede fundirse previamente y calentarse a una temperatura de fusión previa de hasta 250 °C. Mediante la desgasificación atmosférica pueden escapar humedad residual que está contenida en el material plástico triturado, como vapor de agua, aire, así como otros componentes volátiles, a saber, ya antes de que el material plástico llegue a la extrusionadora con cilindros planetarios que se utiliza como reactor.

45 Puede preverse que al material plástico se agreguen uno o varios catalizadores antes de la etapa (a). El material plástico puede tratarse de un material plástico triturado. Puede preverse que al material plástico se agreguen uno o varios aditivos antes de la etapa (a). El material plástico puede tratarse de un material plástico triturado. Por el término "aditivo" se entiende un agregado que no consiste en un catalizador. Los catalizadores y los aditivos, a continuación, se denominan en conjunto como agregados. Si el material plástico que se funde en la etapa (a) contiene uno o varios agregados, entonces el agregado o los agregados, en la etapa (a), se distribuyen en el material plástico que se funde. En particular puede lograrse una distribución homogénea del agregado o de los agregados en el material plástico que se funde, utilizando el dispositivo de fusión, por ejemplo la extrusionadora de fusión.

55 Puede preverse que del material fundido, obtenido en la etapa (a), se separen sustancias interferentes que aún están contenidas en el material fundido. Esas sustancias interferentes pueden tratarse de las sustancias interferentes antes mencionadas. En la práctica, las sustancias interferentes que se separan del material fundido se tratan de partes metálicas, en particular de partes metálicas pequeñas, y/o de impurezas minerales. Por una parte de metal pequeña se entiende una parte de metal cuyo tamaño no supera el tamaño de las partículas del material plástico triturado. La separación de las sustancias interferentes del material fundido es ventajosa para proteger la extrusionadora con cilindros planetarios del desgaste excesivo.

Por ejemplo, para la separación de las sustancias interferentes, el material fundido puede conducirse a un filtro de masa fundida. El filtro de masa fundida puede ser un filtro de masa fundida que trabaja de forma continua. La introducción del material fundido en el filtro de masa fundida puede tener lugar mediante un conducto tubular. El conducto tubular puede extenderse desde la salida del dispositivo de fusión, en la que el material fundido sale del dispositivo de fusión, hasta la entrada del filtro de masa fundida. El material fundido puede introducirse en el filtro de masa fundida a una temperatura que corresponde a la temperatura de fusión previa. El material fundido puede mantenerse en el filtro de masa fundida a una temperatura que corresponde a la temperatura de fusión previa.

En la etapa (b) se prevé la introducción del material fundido en una extrusionadora con cilindros planetarios. La introducción del material fundido en la extrusionadora con cilindros planetarios puede tener lugar mediante un conducto tubular. Si no está proporcionado ningún filtro de masa fundida, entonces el conducto tubular puede extenderse desde la salida del dispositivo de fusión, en la que el material fundido sale del dispositivo de fusión, hasta la entrada de la extrusionadora con cilindros planetarios. Si está proporcionado un filtro de masa fundida, entonces el conducto tubular puede extenderse desde la salida del filtro de masa fundida, en la que el material fundido sale del filtro de masa fundida, hasta la entrada de la extrusionadora con cilindros planetarios. El material fundido puede introducirse en la extrusionadora con cilindros planetarios a una temperatura que corresponde a la temperatura de fusión previa.

En la etapa (c) se prevé el calentamiento del material fundido en la extrusionadora con cilindros planetarios, para obtener vapor de aceite. De este modo, el material fundido se calienta a una temperatura superior a la temperatura de fusión previa. La temperatura a la que se calienta el material fundido en la extrusionadora con cilindros planetarios a continuación también se denomina como temperatura de despolimerización. Por ejemplo, en la extrusionadora con cilindros planetarios el material fundido se calienta a una temperatura en un rango de 380 a 600 °C, preferentemente de 450 a 480 °C. El aumento de la temperatura a la temperatura de despolimerización procura una despolimerización del material fundido. De este modo, a partir del material fundido se obtiene un vapor de aceite. El vapor de aceite puede tratarse de una mezcla de moléculas de hidrocarburos de distinto tamaño. Las moléculas de hidrocarburo pueden estar estructuradas de forma diferente.

El calentamiento puede tener lugar mediante un calentamiento inductivo de la extrusionadora con cilindros planetarios. Puede estar proporcionado al menos un inductor que transmite energía hacia el material que se encuentra en la extrusionadora con cilindros planetarios. Por ejemplo, el inductor puede transmitir un flujo térmico de 10 a 100 kW hacia la pared del reactor de la extrusionadora con cilindros planetarios. Este flujo térmico muy elevado, generado por el calentamiento inductivo, permite calentar muy rápido el material fundido, introducido en la extrusionadora con cilindros planetarios, a la temperatura de despolimerización. El inductor puede presentar una o varias bobinas de inducción. La(s) bobina(s) de inducción pueden estar enrolladas concéntricamente alrededor de la pared externa de la extrusionadora con cilindros planetarios o pueden estar realizadas como manguitos, por ejemplo como manguitos divididos.

La utilización de una extrusionadora con cilindros planetarios permite que se entremezcle el material fundido introducido en la misma. Además, la extrusionadora con cilindros planetarios posibilita un transporte continuo del material fundido introducido en la misma. La extrusionadora con cilindros planetarios proporcionada según la invención posibilita un modo de funcionamiento continuo del procedimiento según la invención. El procedimiento según la invención, con ello, es un procedimiento continuo.

En la extrusionadora con cilindros planetarios proporcionada según la invención, el vapor de aceite puede estar presente como parte de una mezcla. Esa mezcla, junto con el vapor de aceite, contiene también otro componente. Ese otro componente, mayormente es sólido o viscoso. Ese componente, en general, sólo tiene una parte en peso reducida en la mezcla. Habitualmente, la proporción del otro componente no es mayor al 10 % en peso, referido a la mezcla; en general, la proporción se encuentra entre 5 y 10 % en peso, respectivamente referido a la mezcla que sale de la extrusionadora con cilindros planetarios. El otro componente puede tratarse de una escoria que, por ejemplo, contiene o se compone de sólidos no evaporados y/o de betún. Puede preverse que la mezcla, a continuación de la etapa (c) y antes de la etapa (d), se conduzca a un dispositivo de separación para separar el vapor de aceite desde la mezcla. El dispositivo de separación puede tratarse de una cámara de separación. La cámara de separación puede estar dispuesta directamente en la salida de la extrusionadora con cilindros planetarios, de manera que la mezcla que abandona la extrusionadora con cilindros planetarios ingresa directamente en la cámara de separación. En la cámara de separación, el otro componente está separado del vapor de aceite. El otro componente separado puede descargarse de la cámara de separación mediante un dispositivo de transporte, por ejemplo mediante un sinfín refrigerado. En la cámara de separación se alcanza una separación de fases porque el vapor de aceite se encuentra presente como fase gaseosa, mientras que los otros componentes de la mezcla se encuentran presentes como una fase sólida/líquida, que se trata mayormente de una fase sólida. De manera alternativa o adicional puede preverse que la fase gaseosa o una parte de la misma se desvíe a

una o a varias salidas que están conformadas a lo largo de la extrusionadora con cilindros planetarios, en su cilindro externo.

En cuanto a la temperatura de despolimerización, para la seguridad de la instalación y de funcionamiento es esencial que se impida de modo fiable tanto una penetración accidental de oxígeno del aire en la extrusionadora con cilindros planetarios, como también una salida de líquidos y gases combustibles. A diferencia de los reactores convencionales que se utilizan para la despolimerización de material plástico, la hermetización del árbol de accionamiento de la extrusionadora con cilindros planetarios no representa un desafío tecnológico especial. Esto se debe a que el material que ingresa en la extrusionadora con cilindros planetarios es transportado lejos de la junta del árbol, en dirección de la descarga. A diferencia de los reactores de agitación, la junta del árbol no está expuesta a presiones elevadas ni a temperaturas elevadas. Si está proporcionada una cámara de separación, entonces el pasaje desde la extrusionadora con cilindros planetarios hacia la cámara de separación está abierto, en función de la construcción. Allí no se encuentran partes móviles que deban hermetizarse hacia el exterior. La descarga de la cantidad reducida de escoria, de manera conveniente, tiene lugar en el área inferior de la cámara de separación, preferentemente mediante un sinfín refrigerado.

Al utilizar una extrusionadora con cilindros planetarios se evita el problema frecuente en todos los procedimientos conocidos para la despolimerización de residuos plásticos, de coquizaciones en la pared del reactor. Una coquización tiene como consecuencia una transferencia térmica reducida, una inversión elevada para el mantenimiento y periodos de detención frecuentes de la instalación. La utilización según la invención de una extrusionadora con cilindros planetarios como reactor para la despolimerización de material plástico, también en cuanto al hecho de impedir coquizaciones, tiene ventajas esenciales en comparación con todos los otros tipos de extrusionadoras.

La extrusionadora con cilindros planetarios fue inventada a principios de la década de 1950 y en la actualidad se utiliza como mezclador continuo y/o como reactor en una pluralidad de los más diversos ámbitos, entre otros, en la industria química, en instalaciones de mezclado de goma, en la producción de pinturas y tintas, y en la industria de los alimentos. Una extrusionadora con cilindros planetarios presenta un cilindro externo en el que están dispuestos un husillo central y al menos tres husillos planetarios. Esos componentes están dentados de forma oblicua y se enganchan unos con otros. El accionamiento mecánico tiene lugar mediante el husillo central, que también se denomina como husillo de accionamiento y acciona los husillos planetarios. A su vez, los husillos planetarios giran sobre sí mismos y se trasladan de modo uniforme a lo largo de la pared interna del cilindro (véase también la Figura 2, abajo). La pared externa del cilindro forma la pared externa de la extrusionadora con cilindros planetarios. La extrusionadora con cilindros planetarios preferentemente presenta de tres a dos husillos planetarios. La misma puede presentar más de dos husillos planetarios, pero eso no se considera preferente. Preferentemente, la extrusionadora con cilindros planetarios presenta de 3 a 9, de modo más preferente de 4 a 8 y de modo especialmente preferente de 5 a 7 husillos planetarios. En una forma de ejecución, presenta seis husillos planetarios.

El movimiento de rotación permanente de los husillos planetarios no sólo impide de modo muy fiable cualquier coquización en la pared interna del cilindro, sino que también garantiza un transporte extraordinariamente rápido del calor del proceso, desde la pared externa del cilindro hacia el interior de la extrusionadora con cilindros planetarios. Gracias al entremezclado permanente y muy intenso del material fundido, introducido en la extrusionadora con cilindros planetarios, con la extrusionadora con cilindros planetarios pueden transportarse flujos térmicos muy elevados, desde la pared externa del cilindro, hacia el interior de la extrusionadora con cilindros planetarios. Además, el entremezclado permanente del material fundido, introducido en la extrusionadora con cilindros planetarios, favorece una formación de gas constante y uniforme en la extrusionadora con cilindros planetarios. El flujo constante y uniforme de la fase gaseosa es muy ventajoso para un funcionamiento estable de la instalación en su totalidad. El material fundido, introducido en la extrusionadora con cilindros planetarios, puede entremezclarse con intensidad y de forma continua mediante los husillos planetarios dentados de forma oblicua, y puede transportarse de forma continua hacia delante, es decir, hacia la salida, desde la extrusionadora con cilindros planetarios.

Puede preverse que en la extrusionadora con cilindros planetarios estén conformadas dos o más zonas de reacción. Pueden estar proporcionadas una, varias o todas las siguientes zonas de reacción:

(i) Zona de calentamiento. La zona de calentamiento es una zona de reacción en la que el material de carga se lleva a la temperatura de despolimerización. En la zona de calentamiento también puede preverse una desgasificación en vacío. Además, en la zona de calentamiento pueden estar proporcionadas una o varias entradas laterales para agregados, preferentemente para aditivos.

(ii) Zona de despolimerización. La zona de despolimerización es una zona de reacción en la que las cadenas de polímeros se separan en moléculas más cortas. Esa reacción es endotérmica; la energía

de reacción requerida se suministra mediante inductores. En la zona de despolimerización predomina la temperatura de despolimerización. Por una molécula más corta se entiende una molécula que presenta un menor número de átomos de carbono que la cadena de polímeros separada. Las moléculas más cortas en particular pueden tratarse de moléculas de hidrocarburos

5 (iii) Zona de evaporación. La zona de evaporación es una zona de reacción en la que las moléculas de hidrocarburos más cortas contenidas en la zona de despolimerización se evaporan formando un vapor de aceite. En la zona de despolimerización predomina la temperatura de despolimerización.

10 (iv) Zona de descarga. La zona de descarga es una zona de reacción en la que el material que se ingresa en esa zona de reacción, en su mayor parte es vapor de aceite. En caso de que estén proporcionadas una o varias cámaras de separación, el vapor de aceite, debido a la presión del vapor, puede circular en dirección de la(s) cámara(s) de separación. La menor parte de sólidos o de escoria, debido al movimiento de rotación permanente del husillo central y de los husillos planetarios, igualmente se transporta en dirección de la(s) cámara(s) de separación.

15 Preferentemente, el material fundido, que en la etapa (c) ingresa en la extrusionadora con cilindros planetarios, llega a la zona de calentamiento, en la que éste se calienta a la temperatura de despolimerización, debido a lo que se obtiene un material fundido calentado. Desde la zona de calentamiento, el material fundido calentado ingresa en la zona de despolimerización, en la que el material fundido se separa y se licua, debido a lo que se obtiene un material separado y licuado. Desde la zona de despolimerización, el material separado y licuado ingresa a la zona de evaporación, en la que el material separado y licuado se  
20 evapora formando un vapor de aceite. Desde la zona de evaporación, el vapor de aceite ingresa en la zona de descarga. Mediante la zona de descarga, el vapor de aceite puede abandonar la extrusionadora con cilindros planetarios o conducirse a una cámara de separación.

25 La extrusionadora con cilindros planetarios puede presentar dos o más segmentos, donde pueden estar proporcionados cuatro segmentos. Puede preverse que la extrusionadora con cilindros planetarios presente una zona de calentamiento, una zona de despolimerización adyacente a la zona de calentamiento, una zona de evaporación adyacente a la zona de despolimerización y una zona de descarga adyacente a la zona de evaporación. La extrusionadora con cilindros planetarios puede presentar un segmento para cada zona de reacción. Por ejemplo, la extrusionadora con cilindros planetarios puede presentar un primer segmento para la zona de calentamiento, un segundo segmento para la zona de despolimerización, un tercer segmento para la zona de evaporación y un cuarto segmento para la zona de descarga. El segundo segmento, con su primer  
30 lado frontal, es adyacente a un lado frontal del primer segmento. El tercer segmento, con su primer lado frontal, es adyacente al segundo lado frontal del segundo segmento. El cuarto segmento, con su primer lado frontal, es adyacente al segundo lado frontal del tercer segmento. Los segmentos pueden presentar el mismo número o distintos números de husillos planetarios. Los segmentos pueden presentar un husillo central en común. Si está proporcionada una cámara de separación, entonces la cámara de separación puede ser adyacente al segundo lado frontal del cuarto segmento.

35 Mediante una adaptación del número de los husillos planetarios pueden influenciarse las propiedades de procesamiento. En el caso de un número mínimo de husillos planetarios, aumenta el volumen de llenado de la extrusionadora con cilindros planetarios y, con ello, la permanencia del material en la extrusionadora con cilindros planetarios. En cambio, en el caso de seis o más husillos, se maximiza tanto la intensidad del mezclado, como también la transferencia térmica y de materiales. La extrusionadora puede estar estructurada de forma modular, de modo que el número de los husillos planetarios puede adaptarse de modo correspondiente a los requerimientos de la respectiva zona de reacción.

45 Es conocido el hecho de que mediante la adición de uno o varios catalizadores puede reducirse la temperatura de reacción de la despolimerización en la extrusionadora con cilindros planetarios y/o puede aumentarse la velocidad de reacción de la despolimerización en la extrusionadora con cilindros planetarios. Un ejemplo de un catalizador es la zeolita. Mediante la adición de formadores de álcali, pueden unirse e inertizarse compuestos halógenos y de azufre que se liberan durante la despolimerización. Mediante la adición de donantes de hidrógeno puede influenciarse de forma determinante la composición de los  
50 hidrocarburos que se producen en la extrusionadora con cilindros planetarios. Los formadores de álcali y los donantes de hidrógeno son ejemplos de aditivos. Debido al efecto de mezclado muy intenso de la extrusionadora con cilindros planetarios, el catalizador o los catalizadores y/o el o los aditivos se distribuyen de forma rápida y uniforme en el espacio interno de la extrusionadora con cilindros planetarios. Por tanto, también pueden desplegar su efecto previsto en el caso de cantidades muy reducidas. Mediante el  
55 movimiento de rotación permanente, todos los componentes de la extrusionadora con cilindros planetarios son autolimpiantes y siempre disponen de una superficie metálicamente limpia y catalíticamente activa.

La pared del cilindro preferentemente está fabricada de un acero resistente al calor, de alta aleación. Uno o varios husillos planetarios pueden componerse de un material que actúa de forma catalítica. Todos los husillos planetarios pueden componerse de un material que actúa de forma catalítica. A diferencia de los procedimientos conocidos por las solicitudes US 2016/0130505 A1 y WO 2020/008050 A1, no se requiere ningún catalizador conectado aguas abajo; más bien, la propia extrusionadora con cilindros planetarios actúa de forma catalítica.

Según la invención, en la etapa (c) puede estar proporcionado un calentamiento inductivo. De ese modo puede cubrirse la alta demanda de energía térmica requerida para la despolimerización de material plástico, en particular de plásticos mixtos. El calentamiento inductivo puede tener lugar mediante el calentamiento inductivo de la pared externa del cilindro de la extrusionadora con cilindros planetarios. Puede preverse que para cada segmento de la extrusionadora con cilindros planetarios esté proporcionado un calentamiento inductivo por separado. Por ejemplo, para cada segmento puede estar proporcionada una bobina de inducción o manguito.

El principio de la generación de calor inductiva se conoce desde hace muchos años y ya se utiliza en una pluralidad de aplicaciones, por ejemplo en hornos de uso doméstico, robots de cocina, para el tratamiento térmico de metales, soldadura blanda y soldadura. Debido a su forma de construcción cilíndrica, la extrusionadora con cilindros planetarios es particularmente adecuada para un calentamiento inductivo. A diferencia de los reactores con geometrías complejas, en la extrusionadora con cilindros planetarios proporcionada según la invención es posible que una o varias bobinas de inducción estén enrolladas concéntricamente alrededor de la pared externa de la extrusionadora con cilindros planetarios. Las bobinas de inducción también pueden estar diseñadas como uno o varios manguitos, por ejemplo como manguitos divisibles.

Con el calentamiento inductivo de la extrusionadora con cilindros planetarios pueden alcanzarse densidades del flujo térmico de hasta 70 kW/m<sup>2</sup> y, con ello, puede alcanzarse un múltiplo de cualquier otro tipo de calentamiento utilizado hasta el momento. El único factor limitante para la densidad del flujo térmico es la diferencia de temperatura entre la pared externa del cilindro de la extrusionadora con cilindros planetarios y la temperatura de despolimerización, así como la conductividad térmica del acero del que se compone el cilindro.

A diferencia de otros métodos para generar calor del proceso, el calentamiento inductivo es bueno, así como no requiere mantenimiento. Debido a esto se omiten los periodos de detención, frecuentes en otros procedimientos, y los costes de mantenimiento significativos. Una extrusionadora con cilindros planetarios calentada de forma inductiva, de este modo, posibilita un funcionamiento seguro y rentable, con densidades de flujo térmico y rendimientos extraordinariamente altos.

En la etapa (d) se prevé la refrigeración del vapor de aceite. La etapa (d) puede utilizarse para la condensación del vapor de aceite. Mediante la refrigeración y la condensación del vapor de aceite puede obtenerse un aceite. El aceite puede consistir en el destilado intermedio. Para la refrigeración puede estar proporcionado un dispositivo de refrigeración. El dispositivo de refrigeración puede tratarse por ejemplo de un intercambiador de calor, de un condensador, de una columna de destilación o de un refrigerador de enfriamiento brusco. El condensador puede tratarse de un condensador de inmersión. En la etapa (d), el vapor de aceite se enfría a una temperatura que se encuentra por debajo de la temperatura de despolimerización. La temperatura a la que se enfría el vapor de aceite en la etapa (d) a continuación también se denomina como temperatura de refrigeración. La temperatura de refrigeración puede depender de la otra utilización del vapor de aceite o del aceite. Puede preverse que el vapor de aceite, en la etapa (d), se enfríe a temperatura ambiente. De manera alternativa, puede preverse que el vapor de aceite, en la etapa (d), se enfríe a una temperatura que se encuentra en el rango de 250 a 300 °C.

La parte del vapor de aceite que no se condensa durante la refrigeración puede tratarse de un gas y/o de un vapor de sustancias de bajo punto de ebullición. El gas se trata de hidrocarburos de cadena muy corta (C1 a C4). Por sustancias de bajo punto de ebullición se entienden mezclas de hidrocarburos en un rango de C5 a C10, con un rango de ebullición de 35 °C a 210 °C. La mezcla de gas y sustancias de bajo punto de ebullición que sale desde el dispositivo de refrigeración, por ejemplo, puede utilizarse para generar energía independiente en un generador diesel.

La temperatura de refrigeración define el punto de separación entre el aceite y las sustancias de bajo punto de ebullición. Las sustancias que ebulen por encima de la temperatura de refrigeración, pertenecen al destilado intermedio. Las sustancias que ebulen por debajo de la temperatura de refrigeración o a dicha temperatura, son sustancias de bajo punto de ebullición.

Conforme a la invención se proporciona además una instalación para la despolimerización de material plástico. La instalación según la invención en particular es adecuada para realizar el procedimiento según la invención. La instalación según la invención puede funcionar de manera continua.

5 La instalación presenta una extrusora con cilindros planetarios para calentar el material plástico para obtener vapor de aceite. Preferentemente, el material plástico que se calienta en la extrusora con cilindros planetarios para obtener vapor de aceite es un material fundido. El material fundido, como ya se ha descrito con relación al procedimiento según la invención, se mantiene a la temperatura de fusión previa debido a la fusión del material plástico. El material plástico preferentemente es un material plástico triturado. En la extrusora con cilindros planetarios preferentemente se introduce un material fundido que se  
10 obtuvo mediante la fusión de un material plástico triturado a la temperatura de fusión previa, para obtener el material fundido.

La extrusora con cilindros planetarios puede presentar un calentamiento inductivo. Para ello, la instalación según la invención puede presentar al menos un inductor. La extrusora con cilindros planetarios puede presentar un cilindro en el que están dispuestos un husillo central y al menos tres husillos planetarios. En la pared externa del cilindro, para el calentamiento inductivo de la extrusora con cilindros planetarios pueden estar dispuestas una o varias bobinas de inducción o manguitos.

La instalación según la invención puede presentar un dispositivo para la fusión del material plástico antes de su ingreso a la extrusora con cilindros planetarios. Ese dispositivo también se denomina como dispositivo de fusión. El dispositivo de fusión, por ejemplo, puede tratarse de una extrusora de fusión. Además, la instalación según la invención puede presentar un dispositivo de refrigeración para refrigerar el vapor de aceite. El dispositivo de refrigeración puede tratarse por ejemplo de un intercambiador de calor, de un condensador, de una columna de destilación o de un refrigerador de enfriamiento brusco.

Otras particularidades de la instalación según la invención ya han sido descritas con relación al procedimiento según la invención. Por tanto, se remite a la descripción del procedimiento según la invención.

25 A continuación, la invención se explica con mayor detalle mediante ejemplos de ejecución que no limitan la invención, y haciendo referencia a los dibujos. Muestran:

Figura 1 un esquema de operaciones para ilustrar una primera forma de ejecución del procedimiento según la invención y de la instalación según la invención;

30 Figura 2 una representación en sección esquemática de una forma de ejecución de una extrusora con cilindros planetarios de una instalación según la invención; y

Figura 3 un esquema de operaciones para ilustrar una segunda forma de ejecución del procedimiento según la invención y de la instalación según la invención.

La primera forma de ejecución de una instalación 101 según la invención, mostrada esquemáticamente en la Figura 1, presenta una extrusora con cilindros planetarios 106 que presenta cuatro segmentos 106a, 106b, 106c, 106d. Los segmentos 106a, 106b, 106c, 106d pueden consistir en módulos. En el primer segmento 106a está conformada la zona de calentamiento, en el segundo segmento 106b la zona de despolimerización, en el tercer segmento 106c la zona de evaporación y en el cuarto segmento 106d la zona de descarga. El segundo segmento 106b, con su primer lado frontal, es adyacente a un lado frontal del primer segmento 106a. El tercer segmento 106c, con su primer lado frontal, es adyacente al segundo lado frontal del segundo segmento 106b. El cuarto segmento 106d, con un lado frontal, es adyacente al segundo lado frontal del tercer segmento 106c. Los cuatro segmentos 106a, 106b, 106c, 106d respectivamente presentan seis husillos planetarios 108 que son accionados por un husillo central 107 en común (véase la Figura 2). La instalación 101 presenta un accionamiento 103 para el husillo central 107. Entre los husillos planetarios 108 contiguos de un segmento 106a, 106b, 106c, 106d respectivamente se encuentra un espacio intermedio. Los espacios intermedios forman en conjunto el espacio interno 110 de la extrusora con cilindros planetarios 106.

Los espacios internos de los segmentos 106a, 106b, 106c, 106d forman en conjunto el espacio interno 110 de la extrusora con cilindros planetarios 106. Los dispositivos que están asociados a un segmento 106a, 106b, 106c o 106d determinado en la Figura 1 están identificados con una letra que corresponde a la letra con la que está identificada el segmento. La extrusora con cilindros planetarios 106, mediante calentamiento inductivo, se calienta a la temperatura de despolimerización, que se encuentra en un rango de 380 a 600 °C, preferentemente de 450 a 480 °C.

El material fundido 1 es el material de carga. El material plástico triturado se trató previamente mediante calentamiento a la temperatura de fusión previa, en un dispositivo de fusión (no mostrado). El material fundido 1, mediante un conducto tubular, se conduce al primer segmento 106a de la extrusionadora con cilindros planetarios 106, en la que se introduce mediante una entrada 102 que está conformada en el primer segmento 106a. En el primer segmento 106a de la extrusionadora con cilindros planetarios 106, además, está proporcionada una entrada 104 para agregados 2, así como una desgasificación en vacío 105 para vapor de agua y componentes volátiles 3. La entrada 102, la entrada 104 y la desgasificación en vacío 105 están conformados en la cubierta del cilindro 109 de la extrusionadora con cilindros planetarios 106. La entrada 104 puede ser un así llamado "Side Feeder" (alimentador lateral).

Para cada segmento 106a, 106b, 106c, 106d de la extrusionadora con cilindros planetarios 106 está proporcionado un inversor 111, en el que se genera la frecuencia de corriente requerida para el calentamiento inductivo. Para cada segmento 06a, 106b, 106c, 106d de la extrusionadora con cilindros planetarios 106 está proporcionado además un inductor 112 al que el inversor 111 proporciona energía eléctrica 4 y que genera la energía térmica requerida directamente en el cilindro 109 que forma la pared del reactor de la extrusionadora con cilindros planetarios 106. El inductor puede presentar una o varias bobinas que están enrolladas alrededor del cilindro externo 109. En la primera forma de ejecución descrita, cada inductor 112 transmite una potencia de 10 a 100 kW de energía térmica al respectivo segmento 106a, 106b, 106c o 106d de la extrusionadora con cilindros planetarios 106. Los inversores 111 pueden consistir en módulos. Los inductores 112 pueden tratarse de módulos.

El material en el espacio interno 110 de la extrusionadora con cilindros planetarios 106, transportado mediante la rotación de los husillos planetarios 108 alrededor de sus ejes de rotación, desde la entrada de la extrusionadora con cilindros planetarios 106 hacia su salida, a la temperatura de despolimerización se convierte en una mezcla de vapor de aceite y del otro componente, que puede tratarse de escoria. La escoria esencialmente se compone de sólidos no evaporados y de betún. La mezcla de vapor de aceite y del otro componente en la salida de la extrusionadora con cilindros planetarios 106 ingresa directamente a una cámara de separación 113. La cámara de separación 113 es adyacente al cuarto segmento 106d.

En la cámara de separación 113, la mezcla se separa en una fase gaseosa que está formada por el vapor de aceite, y en una fase mayormente sólida, que está formada por la escoria. La escoria 5, mediante un sinfín refrigerado, desde la cámara de separación 113 se descarga en una primera salida 120. El vapor de aceite 6 abandona la cámara de separación 113 en una segunda salida, mediante un conducto tubular 114 en el que es conducido hacia un dispositivo de refrigeración 115 que por ejemplo puede tratarse de un intercambiador de calor, un condensador, una columna de destilación o un refrigerador de enfriamiento brusco. En el dispositivo de refrigeración, el vapor de aceite se enfría a la temperatura de refrigeración, debido a lo cual se separa en una fase gaseosa, que consiste en gases y sustancias de bajo punto de ebullición 7, y en una fase líquida que consiste en los destilados intermedios 8 que se presentan como aceite. Los destilados intermedios 8 abandonan el dispositivo de refrigeración 115 mediante el conducto tubular 118. Los gases y las sustancias de bajo punto de ebullición 7 abandonan el dispositivo de refrigeración 115 mediante el conducto tubular 117, en el que son conducidos a una planta de cogeneración 119.

El calor que se produce en el dispositivo de refrigeración 115 se recupera mediante un circuito de refrigeración 116 que se utiliza como intercambiador de calor. El calor, por ejemplo, puede utilizarse para el secado, la cocción o el lavado en caliente del material fundido.

La segunda forma de ejecución de una instalación 101 mostrada en la Figura 3 presenta una extrusionadora de fusión 121 con un accionamiento 122. La extrusionadora de fusión 121 presenta una entrada 123 mediante la que el material plástico triturado 11 se introduce en la extrusionadora de fusión 121. El material plástico triturado 11 es el material de carga. En la extrusionadora de fusión 121, el material plástico triturado 11 se calienta a la temperatura de fusión previa para obtener el material fundido 1. El material fundido 1 abandona la extrusionadora de fusión 121 en una descarga 124 y, mediante un conducto tubular 126, es conducido a la entrada 102 de la extrusionadora con cilindros planetarios 106. La extrusionadora con cilindros planetarios 121 presenta además una desgasificación 125 para vapor de agua y componentes volátiles 3 que se separan en la extrusionadora de fusión 121 desde el material plástico triturado y, mediante la desgasificación 125, son conducidos fuera de la extrusionadora de fusión 121. La desgasificación 125 puede tratarse de una desgasificación atmosférica o de una desgasificación en vacío.

La extrusionadora con cilindros planetarios 106 de la segunda forma de ejecución corresponde a la extrusionadora con cilindros mostrada en la Figura 1, a excepción de que no está proporcionada una desgasificación en vacío 105. Mediante la entrada 102, el material fundido 1 ingresa al primer segmento 106a de la extrusionadora con cilindros planetarios 106. Para cada segmento 106a, 106b, 106c, 106d de la extrusionadora con cilindros planetarios 106 está proporcionado un inversor 111, en el que se genera la frecuencia de corriente requerida para el calentamiento inductivo. Para cada segmento 06a, 106b, 106c, 106d de la extrusionadora con cilindros planetarios 106 está proporcionado además un inductor 112 al que el

inversor 111 proporciona energía eléctrica 4 y que genera la energía térmica requerida directamente en el cilindro 109 que forma la pared del reactor de la extrusionadora con cilindros planetarios 106. El inductor puede presentar una o varias bobinas que están enrolladas alrededor del cilindro externo 109. En la segunda forma de ejecución descrita, cada inductor 112 transmite una potencia de 10 a 100 kW de energía térmica al respectivo segmento 106a, 106b, 106c o 106d de la extrusionadora con cilindros planetarios 106.

El material en el espacio interno 110 de la extrusionadora con cilindros planetarios 106, transportado mediante la rotación de los husillos planetarios 108 alrededor de sus ejes de rotación, desde la entrada de la extrusionadora con cilindros planetarios 106 hacia su salida, a la temperatura de despolimerización se convierte en una mezcla de vapor de aceite y del otro componente, que puede tratarse de escoria. La escoria esencialmente se compone de sólidos no evaporados y de betún. La mezcla de vapor de aceite y del otro componente en la salida de la extrusionadora con cilindros planetarios 106 ingresa directamente a una cámara de separación 113. La cámara de separación 113 es adyacente al cuarto segmento 106d. También la cámara de separación 113 de la segunda forma de ejecución corresponde a la cámara de separación mostrada en la Figura 1. En la cámara de separación 113, la mezcla se separa en una fase gaseosa que está formada por el vapor de aceite, y en una fase mayormente sólida, que está formada por la escoria 5, mediante un sinfín refrigerado, desde la cámara de separación 113 se descarga en una primera salida 120. El vapor de aceite 6 abandona la cámara de separación 113 en una segunda salida, mediante un conducto tubular 114 en el que es conducido a un dispositivo de refrigeración 115 que por ejemplo puede tratarse de un intercambiador de calor. En el dispositivo de refrigeración, el vapor de aceite se enfría a la temperatura de refrigeración, debido a lo cual se separa en una fase gaseosa, que consiste en gases y sustancias de bajo punto de ebullición 7, y en una fase líquida que consiste en los destilados intermedios 8 que se presentan como aceite. Los destilados intermedios 8 abandonan el dispositivo de refrigeración 115 mediante el conducto tubular 118. Los gases y las sustancias de bajo punto de ebullición 7 abandonan el dispositivo de refrigeración 115 mediante el conducto tubular 117, en el que son conducidos a una planta de cogeneración 119. La energía eléctrica 12 obtenida en la planta de cogeneración 119 mediante la combustión de los gases y sustancias de bajo punto de ebullición 7, puede utilizarse para abastecer a los inversores 11 1a, 11 1b, 11 1c, 11 1d.

La segunda forma de ejecución de la instalación 101 según la invención presenta una instalación de aceite térmico 128. Mediante la instalación de aceite térmico 128, el condensado líquido en el dispositivo de refrigeración 115 se temple a la temperatura de refrigeración. Para ello, están proporcionados un conducto tubular 127 para conducir el aceite térmico desde la instalación de aceite térmico 128 al dispositivo de refrigeración 115 y un conducto tubular 129 para conducir el aceite térmico desde el dispositivo de refrigeración 115 hacia la instalación de aceite térmico 128. Mediante la instalación de aceite térmico 128, además, la extrusionadora de fusión 121 se temple a la temperatura de fusión previa. Para ello, están proporcionados un conducto tubular 130 para conducir el aceite térmico desde la instalación de aceite térmico 128 a la extrusionadora de fusión 121 y un conducto tubular 131 para conducir el aceite térmico desde la extrusionadora de fusión 121 hacia la instalación de aceite térmico 128. Mediante la instalación de aceite térmico 128, la temperatura de refrigeración puede controlarse de manera precisa. La instalación de aceite térmico 128 posibilita una utilización del calor del proceso que se produce durante la despolimerización en la extrusionadora con cilindros planetarios 106, para calentar el material plástico triturado 11 a la temperatura de fusión previa.

Lista de símbolos de referencia

1 Material fundido

2 Agregados

45 3 Vapor de agua y componentes volátiles

4 Energía eléctrica

5 Escoria

6 Vapor de aceite

7 Gas y sustancias de bajo punto de ebullición

50 8 Destilados intermedios

11 Material plástico triturado

- 12 Energía eléctrica
- 101 Instalación
- 102 Entrada
- 103 Accionamiento
- 5 104 Entrada
- 105 Desgasificación en vacío para vapor de agua y componentes volátiles
- 106 Extrusionadora con cilindros planetarios, módulos a a d
- 107 Husillo central
- 108 Husillo planetario
- 10 109 Cilindro
- 110 Espacio interno
- 111 Inversor, módulos a a d
- 112 Inductor, módulos a a d
- 113 Cámara de separación
- 15 114 Conducto tubular
- 115 Dispositivo de refrigeración
- 116 Circuito de refrigeración
- 117 Conducto tubular
- 118 Conducto tubular
- 20 119 Planta de cogeneración
- 120 Descarga
- 121 Extrusionadora de fusión
- 122 Accionamiento
- 123 Entrada
- 25 124 Descarga
- 125 Desgasificación para vapor de agua y componentes volátiles
- 126 Conducto tubular
- 127 Conducto tubular
- 128 Instalación de aceite térmico
- 30 129 Conducto tubular
- 130 Conducto tubular

131 Conducto tubular

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la despolimerización de material plástico, donde el procedimiento comprende las etapas:
- (a) fusión del material plástico para obtener un material fundido (1);
  - 5 (b) introducción del material fundido (1) en una extrusionadora con cilindros planetarios (106);
  - (c) calentamiento del material fundido en la extrusionadora con cilindros planetarios (106) para obtener vapor de aceite (6); y
  - (d) refrigeración del vapor de aceite (6).
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque en la etapa (c) el calentamiento se realiza mediante el calentamiento inductivo de la extrusionadora con cilindros planetarios (106).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el material plástico es un material plástico triturado (11).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la etapa (a) se realiza en un dispositivo de fusión (121).
- 15 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque en la etapa (c) el material fundido (1) se calienta a una temperatura de 380 a 600 °C.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque en la etapa (c) el material fundido (1) se entremezcla mediante la extrusionadora con cilindros planetarios (106).
- 20 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque en la etapa (c) el material fundido se transporta de forma continua mediante la extrusionadora con cilindros planetarios (106).
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque en la etapa (c) se obtiene una mezcla que contiene el vapor de aceite (6), donde la mezcla, a continuación de la etapa (c) y antes de la etapa (d), se conduce a un dispositivo de separación (113) para separar el vapor de aceite (6) desde la mezcla.
- 25 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la etapa (d) se realiza en un dispositivo de refrigeración (115).
10. Instalación para la despolimerización de material plástico, donde la instalación (101) presenta una extrusionadora con cilindros planetarios (106) para calentar el material plástico, para obtener vapor de aceite (6), y donde la extrusionadora con cilindros planetarios (106) presenta un calentamiento inductivo.
- 30 11. Instalación según la reivindicación 10, caracterizada porque la extrusionadora con cilindros planetarios (106) presenta un cilindro (109) en el que están dispuestos un husillo central (107) y al menos tres husillos planetarios (108), donde en la pared externa del cilindro (109) están dispuestas una o varias bobinas de inducción.
- 35 12. Instalación según la reivindicación 10 o la reivindicación 11, caracterizada porque la extrusionadora con cilindros planetarios (106) presenta dos o más zonas de reacción.
13. Instalación según la reivindicación 12, caracterizada porque presenta las siguientes zonas de reacción:
- (i) una zona de calentamiento para calentar el material fundido (1);
  - (ii) una zona de despolimerización para la separación de cadenas de polímero del material fundido (1) para obtener moléculas más cortas;
  - 40 (iii) una zona de evaporación para evaporar las moléculas más cortas obtenidas en la zona de despolimerización hacia un vapor de aceite (6); y

## ES 3 017 066 T3

(iv) una zona de descarga para descargar el vapor de aceite (6) desde la extrusionadora con cilindros planetarios (106).

14. Instalación según una de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizada porque presenta un dispositivo de refrigeración (115) para refrigerar el vapor de aceite para obtener un aceite.

5 15. Instalación según una de las reivindicaciones 10 a 14, caracterizada porque presenta un dispositivo (121) para fundir el material plástico antes de su ingreso a la extrusionadora con cilindros planetarios (106).

DIBUJOS

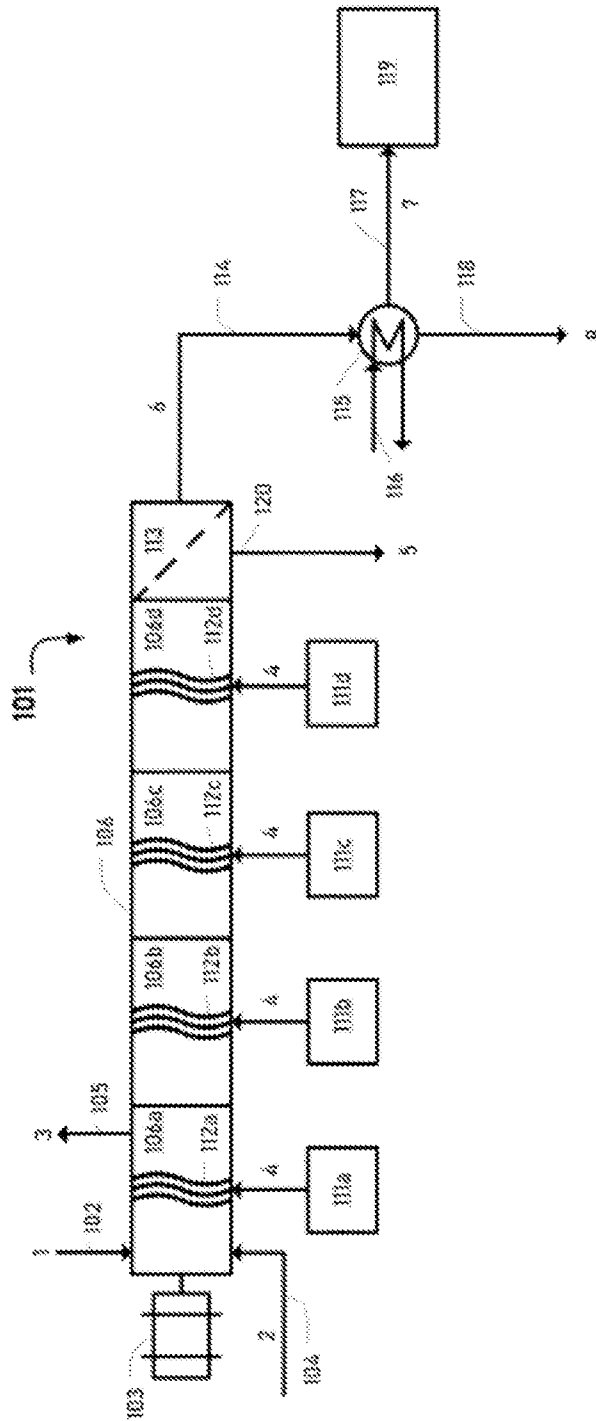


Fig. 1

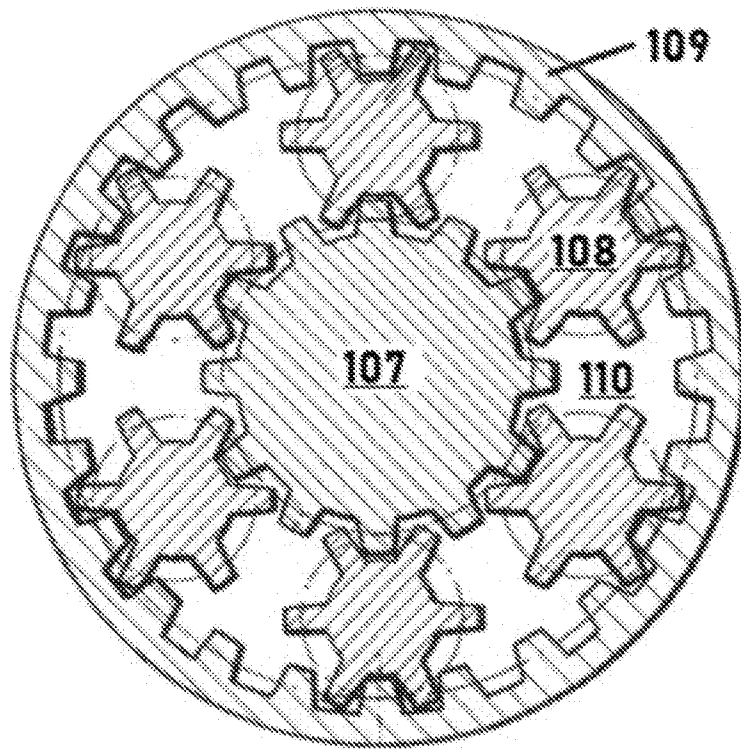


Fig. 2

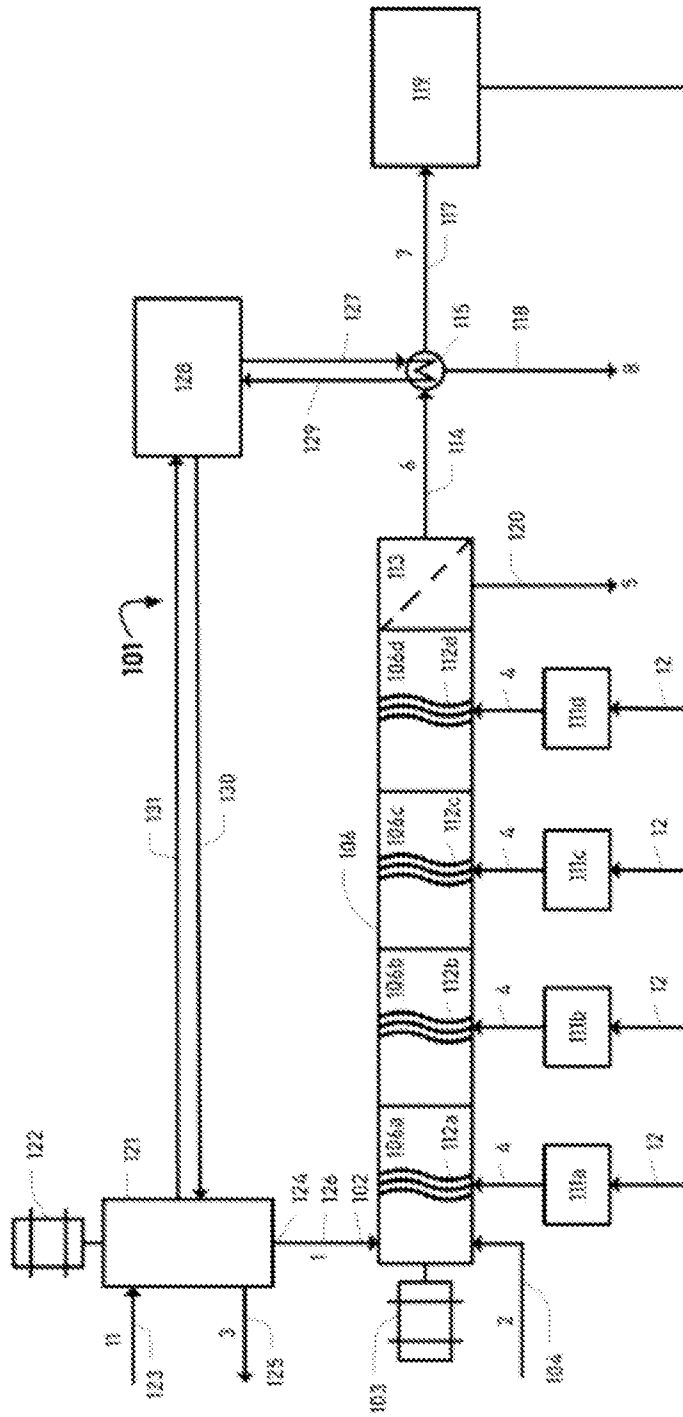


FIG. 3