

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 404**

51 Int. Cl.:

**B29B 17/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2007** **E 10006166 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2012** **EP 2295218**

54 Título: **Procedimiento para el pretratamiento y reprocesamiento de material sintético termoplástico**

30 Prioridad:

**13.11.2006 AT 18802006**

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

**01.04.2013**

73 Titular/es:

**EREMA ENGINEERING RECYCLING MASCHINEN  
UND ANLAGEN GESELLSCHAFT M.B.H. (100.0%)  
Freindorf Unterfeldstrasse 3  
4052 Ansfelden , AT**

72 Inventor/es:

**WENDELIN, GERHARD, MAG.;  
FEICHTINGER, KLAUS, DIPL.-ING. y  
HACKL, MANFRED, DIPL.-ING.**

74 Agente/Representante:

**SANZ-BERMELL MARTÍNEZ, Alejandro**

**ES 2 399 404 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

La invención se refiere a un procedimiento para el pretratamiento, reprocesamiento o reciclaje de material sintético termoplástico de ácido poliláctico conforme a la reivindicación 1.

5 El reprocesamiento de residuos plásticos se ha convertido en la actualidad en un problema cada vez mayor. Sin duda, un reciclaje eficaz va acompañado de multitud de problemas que deben tenerse en cuenta. Por ejemplo, la mayoría de plásticos a tratar son residuos de distintas formas, configuración, grosor, etc. Además, los distintos plásticos presentan distintas propiedades químicas y físicas entre sí. También, la mayoría de plásticos a reciclar está contaminada con sustancias tóxicas y otros contaminantes y precisan una purificación para volver a ser aptos para la circulación.

10 Existe un gran número de distintos procedimientos para recuperar y reciclar plásticos. Sin embargo, en estos procedimientos solo se tienen en cuenta siempre ciertos aspectos, de modo que los procedimientos conocidos del estado de la técnica son apropiados para casos especiales pero fracasan en otras áreas y con otros requisitos y problemas.

15 De modo que, por ejemplo, en el reciclaje de plásticos, particularmente los higroscópicos, es importante que el producto a reciclar esté lo más seco posible para evitar una descomposición hidrolítica de las cadenas moleculares en la plastificación o en la fusión. Esto, entre otras cosas, debe tenerse en cuenta en la aplicación del procedimiento.

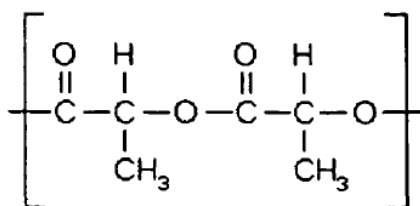
También se deben tener en cuenta ciertos problemas tecnológicos del procedimiento como, por ejemplo, el pegado de algunos plásticos a temperaturas más elevadas.

20 Además, la creciente reutilización de plásticos reciclados ha llevado a que también se use material reciclado en el campo de los envases de alimentos. No obstante, cuando existe contacto directo entre el plástico reciclado y el alimento, debe garantizarse que ningún contaminante no deseado del envase fabricado con plástico reciclado penetre en el alimento. Para resolver este problema, se han desarrollado ya numerosos procedimientos para reciclar material plástico usado y, por lo tanto, sucio y a menudo con impurezas tóxicas en relación con los alimentos, de tal modo que el material plástico reciclado obtenido se pueda volver a emplear en el campo de los envases de alimentos sin problemas.

25 Para ello se conocen, en primer lugar, diversos procedimientos químicos. En cambio, los procedimientos físicos trabajan con temperaturas considerablemente más bajas, de modo que la estructura, y en particular la longitud de las cadenas moleculares del plástico reciclado, se conserva.

Un plástico que cobra cada vez mayor importancia es el ácido poliláctico o poliáctido, denominado a partir de ahora PLA. El ácido poliláctico o PLA es un material sintético termoplástico, cuya fórmula es:

30



El PLA [26100-51-6] pertenece a la familia del poliéster. Los polímeros activos ópticamente aparecen en forma de D- o L-láctidos.

35 El mayor campo de aplicación del PLA se encuentra en la industria del embalaje. Una propiedad positiva de esta sustancia es que presenta una biodegradabilidad muy buena, es biocompatible y no nocivo para el medio ambiente y, por lo tanto, puede descomponerse fácilmente mediante microorganismos.

40 También es interesante la aplicación médica del PLA. De PLA se fabrican implantes o vehículos de agentes activos que se desintegran en el cuerpo humano. Una placa para huesos y/o un tornillo de PLA se degrada en el cuerpo a medida que se cura, p. ej., una rotura de hueso, con lo que ya no es necesario retirarlo en una segunda operación. La duración de la resorción puede ajustarse mediante la proporción de mezcla de las partes de L y D así como de la longitud de cadena del polímero utilizado. Los cuerpos espumados de PLA con sustancias activas almacenadas pueden liberar estas localmente en un tiempo definido.

45 Las propiedades del PLA dependen sobre todo de la masa molecular, del grado de cristalinidad y, dado el caso, de la proporción de copolímeros. Una masa molecular elevada aumenta la temperatura de transición vítrea y la de fusión, la resistencia a la tracción, así como el módulo de elasticidad, y disminuye el alargamiento de rotura. Debido al grupo metilo, el material presenta un comportamiento hidrófugo o hidrófobo. El PLA se puede disolver con muchos disolventes

orgánicos como, p. ej., el diclorometano o similares. Para su procesamiento, el PLA también se puede reforzar con fibras.

5 Los polímeros de PLA son sobre todo accesibles mediante la polimerización iónica del láctido, una agrupación cíclica de dos moléculas de ácido láctico. A temperaturas de entre 140° y 180° C, así como con el efecto de compuestos estánicos (p. ej., óxido de estaño), se produce una polimerización por apertura de anillo. Así se crean plásticos con una elevada masa molecular y solidez. El láctido en sí se puede crear mediante la fermentación de melaza o mediante la fermentación de glucosa con ayuda de distintas bacterias. También se puede generar PLA de alto peso molecular y puro por policondensación directamente del ácido láctico. Sin embargo, en la producción industrial, la eliminación del disolvente resulta problemática.

10 El punto o zona de transición vítrea del PLA está entre 55° y 58° C, la temperatura de cristalización entre 100° y 120° C y la temperatura de fusión entre 165° y 183° C.

En el reciclaje de plásticos de PLA, es importante que el material a reciclar esté lo más seco posible para evitar una descomposición hidrolítica de las cadenas moleculares en la plastificación o en la fusión. Sin embargo, el PLA es higroscópico, lo que dificulta un secado eficaz.

15 El bajo punto de transición vítrea, en el que el material de PLA se vuelve pegajoso hacia temperaturas más altas, y un tiempo de cristalización relativamente largo dificultan la cristalización o secado de residuos de producción amorfos, especialmente de los restos de películas para embutición profunda, con sistemas convencionales de cristalización y secado.

20 Dicho tipo de sistemas convencionales de secado, conocidos del estado de la técnica, son p. ej., los secadores de aire seco, que secan granulados con un chorro de aire de aprox. 1,85 m<sup>3</sup>/h y kg. Con ello se seca, por ejemplo, PLA no cristalizado a 45° C, durante aprox. 4 h, con un punto de rocío de -40° C, y PLA cristalizado a 90° C, durante unas 2 h, con un punto de rocío de -40° C.

25 Sin embargo, debido a las bajas temperaturas de secado, especialmente en el tratamiento de material no cristalizado, el tiempo de secado es relativamente largo y se requiere un control extremadamente preciso de la temperatura. Esto es enormemente difícil, cuando no imposible, para granulados y, sobre todo, para todas las demás formas como, p. ej., copos, películas, napas, etc.

30 Por este motivo, se puede intentar alcanzar una cristalización del material plástico antes del secado. Una cristalización de ese tipo se puede lograr, por ejemplo, moviendo o bien cargando mecánicamente las partículas uniformemente a una temperatura inferior a la de secado, en cualquier caso a una temperatura inferior a la de fusión o de plastificación. El movimiento resulta ventajoso para evitar que las distintas partículas se peguen entre sí.

Puesto que, no obstante, los materiales previstos para el reciclaje suelen estar sucios y se someten a un lavado y acaso a una trituración previa con ensuciamiento simultáneo, en la mayoría de los casos se efectúa previamente una trituración o molido, un lavado y un secado definidos. Un secado previo de ese tipo al menos no debería superar un contenido de agua con un valor inferior al 1,5 % en peso del material plástico a aplicar o a reciclar.

35 Si se realiza previamente un paso de cristalización antepuesto con un cristizador convencional, también resulta extremadamente difícil y son muy frecuentes las conglutinaciones.

40 Además, para dificultar aún más la realización de un procedimiento para el tratamiento de plásticos, se da el hecho de que se utilizan plásticos completamente distintos para las más diversas aplicaciones, que se diferencian esencialmente unos de otros en cuanto a propiedades químicas y físicas. Por ejemplo, el PET tiene propiedades muy distintas al PE, o el PS tiene otras propiedades que el PP.

Por lo tanto, no es fácil trasladar o poner en práctica directamente los conocimientos obtenidos con el reprocesamiento de un material polímero a otro material. En consecuencia, cada polímero necesita su propia consideración y evaluación especial y condiciones del procedimiento ajustadas específicamente para cada material. En la aplicación exacta del procedimiento influyen además también la forma y, sobre todo, el grosor del material a tratar.

45 Puesto que, por otro lado, también los parámetros de cristalización, de secado, de lavado y, p. ej., de aumento de la viscosidad presentan una compleja interacción, la cual solo es predecible con dificultad y no está sujeta a reglas de aplicación general, en cada caso concreto se necesita para cada polímero y para cada forma y tipo de los residuos a reciclar una adaptación especial de los parámetros del procedimiento.

50 *En la JP 2005 330211 se describe un procedimiento para el tratamiento de plásticos de ácido poliláctico. Sin embargo, este se refiere a un tratamiento mediante hidrólisis a una temperatura más alta.*

El cometido de la presente invención es, por lo tanto, crear un procedimiento con el que se puedan tratar residuos de ácido poliláctico (PLA) de un modo suave, eficaz y económico.

Además, mediante este procedimiento debe ser posible tratar de una forma suave los plásticos de ácido poliláctico sensibles o inestables, particularmente los higroscópicos, o plásticos de PLA con un elevado contenido de humedad.

5 Asimismo, es cometido de la invención crear un procedimiento con el que los plásticos de PLA a reciclar se puedan secar y, dado el caso, cristalizar simultáneamente en un mismo paso.

10 También es cometido de la invención prever un procedimiento con el que los plásticos de PLA puedan someterse a un reciclaje rápido y, a ser posible, con ahorro energético, presentando los plásticos reciclados y recuperados o el granulado de PLA fabricado con la masa fundida resultante o los objetos fabricado con él, a ser posible un elevado grado de viscosidad y, en particular, una viscosidad que sea comparable con los valores de viscosidad del material a reciclar. El valor de la viscosidad del regranulado debe elevarse.

15 Además, es cometido de la invención prever un procedimiento con el que los plásticos de PLA muy sucios o contaminados o muy estampados se puedan tratar sin influir negativamente en las propiedades mecánicas del plástico y/o en las propiedades de su masa fundida. Los plásticos reciclados y recuperados o bien la masa fundida de plástico obtenida o bien el granulado fabricado con la masa fundida deben ser aptos para los alimentos, es decir, cumplir las normas técnicas sobre alimentos y ser aptos para el uso en comestibles o estar certificados conforme al documento europeo ILSI o la FDA. Por lo tanto, las sustancias nocivas, productos de migración o contaminantes contenidos en el material a reciclar deben desprenderse, a ser posible en su mayor parte, mediante el procedimiento.

Estos cometidos se resuelven con las características distintivas de la reivindicación 1.

20 Según la invención, está previsto en primer lugar que el material plástico de ácido poliláctico (PLA) se caliente a una temperatura de entre 65° y 120° C, preferentemente de entre 90° y 110° C. Cuando el material plástico está presente en forma de finas películas, fibras o napas, en particular de un grosor de entre 100 µm y 2 mm, además está previsto que la mezcla se efectúe a una velocidad periférica de la punta agitadora más exterior de la herramienta de mezcla o de trituración de entre 15 y 58 m/s, preferentemente de entre 35 y 47 m/s, y permanezca en el reactor durante un tiempo medio de permanencia de entre 3 y 60 min, en particular de entre 10 y 25 min, y que el tratamiento se realice a presión ambiente. Cuando el material plástico se encuentra en forma de copos de envases triturados o gránulos, está previsto que la mezcla se efectúe a una velocidad periférica de la punta agitadora más exterior de la herramienta de mezcla o de trituración de entre 1 y 35 m/s, preferentemente de entre 3 y 20 m/s, y permanezca en el reactor durante un tiempo medio de permanencia de entre 10 y 100 min, en particular de entre 20 y 70 min y que el tratamiento se efectúe aplicando un vacío ≤ 150 mbar, preferentemente ≤ 50 mbar, en particular ≤ 20 mbar, particularmente de entre 0,1 y 2 mbar.

La cristalización, el secado, la purificación o descontaminación, y dado el caso también el aumento de la viscosidad, se efectúan ventajosamente de forma simultánea, en particular en un único paso conjunto del procedimiento. El tratamiento se produce, por lo tanto, de forma rápida y, sin embargo, no dañina.

35 De este modo se puede, por ejemplo, secar tanto PLA cristalizado como no cristalizado en cualquier forma pretriturada o forma con capacidad de corrimiento en cualquier proporción de mezcla en un paso conjunto y, si es necesario, cristalizarlo y, si se desea, conducirlo directamente a un extrusor en el que se fundirá el material.

40 Para el procedimiento conforme a la invención, es ventajoso el movimiento suave pero constante del material de PLA descrito en la reivindicación 1. Con ello se evita la formación de grumos o el pegado del material en la gama crítica de temperatura, hasta que una cristalización suficiente de la superficie de las partículas evite de por sí el aglutinado de las partículas. Además, el movimiento permite una temperatura superior del proceso. En el recipiente de tratamiento, con el movimiento suave y constante, además de impedir el pegado, se garantiza simultáneamente que la temperatura en el recipiente sea o se mantenga suficientemente alta y que cada partícula se caliente o se mantenga a la temperatura correspondiente de forma no dañina. Al mismo tiempo, con el movimiento se favorece un desprendimiento de las moléculas migratorias de la superficie de las partículas. Para ello, se utilizan preferentemente herramientas a distintos niveles en los procesos continuos o bien herramientas mezcladoras en los procesos discontinuos.

Se consiguen configuraciones ventajosas del procedimiento, entre otros, mediante las características de las reivindicaciones subordinadas:

50 Se logra un mejor secado del material plástico mediante, por ejemplo, un dispositivo auxiliar de vacío. Un procedimiento realizado de este modo requiere, gracias a la aplicación de vacío, también una aplicación de energía claramente inferior a los sistemas comparables.

El vacío acoplado favorece el proceso de difusión de las impurezas del material y se encarga también de una evacuación de las mismas.

55 Además, el vacío protege las partículas de polímero o copos calientes de los efectos oxidantes o de daños, con lo que también se puede conseguir una mayor viscosidad en comparación con otros sistemas de instalaciones. En principio, también sería posible la descontaminación con cualquier gas inerte. Sin embargo, esto conlleva costes claramente más elevados.

El secado se favorece mediante un cierto y ventajoso tiempo de permanencia mínimo del material a la temperatura ajustada y, dado el caso, con el vacío seleccionado.

No son necesarios un complicado y costoso presecado externo convencional ni una cristalización del material tratado, así como tampoco el uso de aditivos químicos y/o una condensación a estado sólido.

5 La mercancía de entrada a tratar suele ser sobre todo envases de la industria alimenticia como, p. ej., botellas de leche, tarrinas de yogur, etc. Estos envases se liberan en un primer paso de las impurezas comunes más gruesas en instalaciones previas colectoras, clasificadoras, trituradoras y de lavado. Sin embargo, permanecen las impurezas más pequeñas que están difundidas por la capa exterior del envase.

10 A tal fin, los copos lavados y secados se someten al proceso de purificación conforme a la invención a temperaturas más elevadas y, dado el caso, con aplicación de vacío, jugando también un papel en la descontaminación el tiempo de permanencia en el reactor bajo las condiciones ajustadas del procedimiento. Los parámetros del procedimiento se orientan por la inerticidad y las propiedades químicas y físicas del correspondiente polímero.

15 No es decisiva la forma en que la temperatura se lleva al material. Esto se puede realizar en un proceso previo o en el recipiente de tratamiento. Sin embargo, esto sucede preferentemente mediante las propias herramientas mezcladoras en rotación.

Puesto que los productos de migración se encuentran en la capa marginal de las partículas de polímero, las vías de difusión se acortan drásticamente en comparación con un proceso de extrusión con desgasificación consecutiva de la masa fundida.

20 En principio, el procedimiento según la invención puede realizarse en un proceso discontinuo o continuo. Preferentemente, solo es necesario asegurarse de que los parámetros técnicos del procedimiento, como la temperatura, el tiempo de permanencia y el vacío, se mantengan durante todo el tiempo. El proceso continuo ha demostrado ser especialmente ventajoso para garantizar un desarrollo uniforme de la producción.

25 Además, también puede ser una ventaja que el material se lleve, en un proceso previo, a una temperatura próxima a la temperatura del proceso. Esto es especialmente aplicable a los polímeros de baja inerticidad y/o largo tiempo de difusión.

Al eliminar la contaminación, se evitan además también los olores molestos.

El tiempo de permanencia garantiza que se efectúe una purificación mínima del material, y se orienta por distintos criterios, en particular por la velocidad de difusión de los productos de migración en el polímero y por la temperatura de reblandecimiento o de fusión del polímero.

30 El tiempo de permanencia puede ser muy largo. Para no fundir el material con las temperaturas que imperan en el reactor, puede ser de utilidad dirigir las partículas directamente a un proceso de extrusión con desgasificación de la masa fundida.

35 Es ventajoso que el extrusor esté directamente acoplado al recipiente, llegando preferentemente el vacío hasta la zona de fusión y, simultáneamente, introduciendo toda la energía almacenada posible en los copos dentro del extrusor o fundiendo el extrusor subsiguiente bajo vacío.

Para evitar que se pierda energía en los pasos de transporte entre el recipiente de tratamiento y el extrusor, se pueden tomar medidas como, p. ej., dispositivos de transporte, aislamientos, vacío adicional en la zona de fusión, etc.

En la zona de fusión del extrusor y en la subsiguiente desgasificación de la masa fundida se eliminan los últimos componentes volátiles a una temperatura superior bajo vacío.

40 Por último, la masa fundida se puede dirigir, en función de las necesidades, a un dispositivo de filtrado, a un dispositivo de granulación o a un paso subsiguiente de producción para fabricar un producto final o un producto semiacabado.

45 El proceso conforme a la invención para el pretratamiento, reprocesamiento o reciclaje de material sintético termoplástico de PLA en todas sus configuraciones ventajosas se efectúa, normalmente, en un recipiente colector o reactor. El material plástico a tratar se introduce en este recipiente colector o reactor y se trata bajo mezcla o movimiento continuos y/o trituración a temperatura más elevada.

50 Para mezclar y calentar el material plástico, en el reactor hay al menos una herramienta trituradora o mezcladora, dado el caso en varios niveles superpuestos, que gira alrededor de un eje vertical, con cantos de trabajo que Trituran y/o mezclan el material. Mediante estas herramientas de trituración o de mezcla, se carga el material polímero de energía mecánica, con lo que se produce un calentamiento y una mezcla y movimiento simultáneos del material polímero. El calentamiento se produce mediante la transformación de la energía mecánica aplicada.

Dicho tipo de reactores se emplea también en la práctica y se conoce, por ejemplo, como “EREMA Kunststoff Recycling System PC” (sistema EREMA de reciclaje de plástico PC) o como “ein- oder zweistufige VACUREMA-Anlagen” (instalaciones VACUREMA de una o dos fases).

5 El reprocesamiento se efectúa a una temperatura por debajo de la temperatura de fusión y, preferentemente, por encima de la temperatura de transición vítrea del material plástico, al tiempo que el material polímero se mueve y mezcla uniforme y constantemente. Con ello, el material plástico se cristaliza, seca y purifica en un solo paso.

10 También se pueden emplear mezclas de PLA con otros materiales plásticos como, por ejemplo, polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE), polipropileno (PP), policarbonato (PC), poliestireno (PS), polietileno naftalato (PEN), poliamida (PA), poliimida (PI), polihidroxialcaonato (PHA), copolímeros de estireno como, por ejemplo, acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), estireno acrilonitrilo (SAN), polimetacrilato de metilo (PMMA) y/o bioplásticos, en particular a base de almidón o mezclas de almidón termoplástico y plástico.

15 El material plástico de PLA se presenta normalmente en forma de granulado al menos parcialmente cristalizado o no cristalizado o bien amorfo, como mercancía nueva o como regenerado. Pero también puede estar en forma de residuos de películas triturados más bien amorfos, en especial de aplicaciones de embutición profunda, con un grosor de en particular entre 100 µm y 2 mm, en forma de finos residuos de películas de instalaciones de estiraje con un grosor de en particular entre 5 µm – 100 µm y/o en forma de residuos de fibras o napas. Además, el material plástico puede presentarse en forma de residuos de botellas o residuos de fundición inyectada.

20 Para material polímero fragmentado, sobre todo en forma de gránulos, copos o similares, el procedimiento se realiza preferentemente en un reactor VACUREMA de una fase. Un reactor de este tipo presenta las características enunciadas arriba y puede someterse a vacío.

Para material polímero en forma de películas, fibras o napas finas, el procedimiento se efectúa preferentemente en un reactor EREMA PC de una fase. En este caso, basta a menudo con que el procedimiento se realice bajo presión ambiente, es decir, sin vacío. El reactor presenta también las características enunciadas arriba.

25 El procedimiento también se puede realizar en dos fases. Por ejemplo, se puede alimentar una mezcla de granulado o copos cristalizados y no cristalizados a modo de material a purificar en el secador de cristalización de un reactor VACUREMA de dos fases. El secador de cristalización antepuesto está provisto de herramientas de trituración o de mezcla que giran en torno a un eje vertical y que están dotadas de cantos de trabajo que Trituran y/o mezclan el material. Mediante estas herramientas de trituración o de mezcla, el material se carga con energía mecánica, con lo que se produce un precalentamiento del material y, simultáneamente, una mezcla y movimiento del material. A continuación, el material precalentado, presecado y precristalizado se somete al tratamiento principal.

35 Para poder realizar el procedimiento conforme a la invención de forma ventajosa se puede, por ejemplo, emplear un dispositivo que presente un recipiente para el material plástico a procesar, en el que se introduzca el material a través de un orificio de introducción y del que se saque el material a través de al menos un tornillo sinfín conectado a la pared lateral del recipiente, estando dotada la zona de la base del recipiente de al menos una herramienta que gira alrededor de un eje vertical con cantos de trabajo que Trituran o bien mezclan el material, y el orificio de alimentación del tornillo sinfín está situado al menos aproximadamente a la altura de la herramienta y, preferentemente, está provisto de al menos una tubería conectada al recipiente para crear el vacío o bien para introducir gas en el interior del recipiente. Un dispositivo tal se ha puesto en práctica, por ejemplo, como reactor VACUREMA o como reactor EREMA PC.

40 Este tipo de realización del procedimiento es en general satisfactorio, también en el procesamiento de aquellos tipos de plásticos que son sensibles al oxígeno atmosférico y/o a la humedad, ya que con la evacuación del recipiente o bien mediante la introducción de un gas protector en el interior del recipiente se puede proteger el material plástico de estas influencias perjudiciales.

45 Sin embargo, se ha comprobado que, en algunos casos, el grado de homogeneización del material plástico evacuado mediante el tornillo sinfín no es suficiente, en particular en lo relativo al grado de secado deseado de estos materiales plásticos, los cuales deben estar completamente secos para evitar la degradación ya antes de la plastificación.

50 Las películas de mayor espesor requieren un mayor esfuerzo de secado, que aumenta con el grosor, con lo que, para dicho tipo de material, se necesitan procesos de secado especiales, p. ej., con aire deshidrogenado, en secadores especiales. Estos secadores trabajan, además, en una gama de temperatura que solo admite el material cristalizado: el material amorfo se volvería pegajoso y, con ello, se aglutinaría.

55 Esto significa que el proceso de secado debe ir precedido de un proceso de cristalización. Pero si el material a procesar se somete a la herramienta dentro del recipiente durante mucho tiempo, existe el peligro, especialmente en funcionamiento continuo del dispositivo, de que las distintas partículas de plástico sean captadas muy pronto por el tornillo sinfín de descarga, pero otras partículas de plástico muy tarde. Las partículas de plástico captadas pronto pueden estar aún relativamente frías y, por lo tanto, no suficientemente pretratadas, con lo que se producen

inhomogeneidades en el material llevado por el tornillo sinfín a la herramienta conectada a continuación, p. ej., un cabezal extrusor.

Para evitar esto y mejorar sustancialmente la homogeneidad del material descargado, el procedimiento conforme a la invención puede efectuarse en otro dispositivo, en el que al orificio de introducción del recipiente principal está conectado el orificio de descarga de al menos otro recipiente más, el cual también está dotado de al menos una herramienta en la zona de la base, la cual gira en torno a un eje vertical. Por lo tanto, hay dos o más recipientes colocados en serie y el material plástico a procesar debe pasar por esta serie de recipientes por orden. En el primer recipiente se crea ya material pretriturado, precalentado, presecado y precompactado y, con ello, prehomogeneizado, el cual pasa al siguiente recipiente. Con ello se asegura que ningún material sin tratar, es decir, frío, no compactado, no triturado o inhomogéneo, pase directamente al tornillo sinfín de descarga y, a través de este, al extrusor o similar conectado.

En este caso, estas ventajas también se garantizan cuando en el segundo y/o un siguiente recipiente se produce el tratamiento de vacío o de gas protector en el material sintético termoplástico. La sección de rebose es en general reducida y la compensación de presión se estrangula fuertemente mediante el transporte de material. Además, el torbellino de mezcla formado en el recipiente antepuesto cubre el orificio de descarga de este recipiente y, por lo tanto, produce también un cierto grado de estanqueización.

Las proporciones son especialmente ventajosas cuando el orificio de descarga del recipiente adicional, es decir, del recipiente antepuesto, está situado al menos aproximadamente a la altura de la herramienta en este recipiente, es decir, en la zona de la base del recipiente. La herramienta que gira en este recipiente transporta, mediante fuerza centrífuga, al interior del orificio de descarga, de modo que la sección de rebose está siempre bien llena de material.

Conforme a otra configuración ventajosa, el orificio de descarga está conectado con el orificio de introducción mediante un empalme de tubo, en el cual está situado un órgano de cierre. Esto permite conseguir una hermetización completa entre los dos recipientes, con lo que se evitan totalmente las pérdidas de vacío o gas protector. En el caso más sencillo, este órgano de cierre puede ser, conforme a la invención, una válvula corredera que se cierra en cuanto se produce el tratamiento de vacío o de gas en el recipiente acoplado a continuación. No obstante, con ello ya no es posible un funcionamiento completamente continuo. Pero si, conforme a una forma preferente de ejecución de la invención, el órgano de cierre es una esclusa, en particular una esclusa de rueda celular, se mantiene la hermeticidad mencionada entre los dos recipientes y, sin embargo, permite un funcionamiento continuo. Las células de la esclusa también se pueden someter a gas o evacuación de la forma conocida.

El vacío creado en el recipiente acoplado a continuación favorece la aspiración del material a procesar del recipiente antepuesto. Por lo tanto, en dichas instalaciones los recipientes se pueden colocar por regla general a la misma altura. Pero si se quiere mejorar el llenado del recipiente acoplado a continuación mediante la influencia de la fuerza de gravedad, conforme a otra configuración de la invención la disposición puede ser de tal modo que el recipiente antepuesto en la dirección de flujo del material esté más alto que el siguiente recipiente. Este último puede, por lo tanto, cargarse también por la zona central o por la parte superior de su pared lateral y, dado el caso, también desde arriba a través de la tapa.

El procedimiento conforme a la invención puede, como se ha descrito, realizarse también ventajosamente en dos fases en un dispositivo acondicionado convenientemente para este propósito. En esta aplicación del procedimiento, se efectúa un tratamiento de dos fases del material generado o alimentado, si bien en el transcurso del pretratamiento en el dispositivo de pretratamiento no se produce la plastificación del material, pero sí una cristalización y/o una cierta precompactación con secado simultáneo. La precompactación se lleva a cabo mediante la carga mecánica o introducción de energía en el material a la temperatura correspondiente. En particular, el aumento o regulación de la temperatura se produce mediante la carga mecánica sobre el material o mediante la transformación de la energía de rotación de al menos un elemento de mezcla y/o trituración en energía térmica, debido a las pérdidas de fricción generadas.

En el transcurso del tratamiento principal en el dispositivo de tratamiento principal, el material se sigue secando, desintoxicando y, si es necesario, cristalizando a una temperatura más elevada y se mantiene durante un cierto tiempo medio de permanencia bajo alto vacío. Nuevamente, se produce carga mecánica o compactación del material y la introducción de energía mediante al menos un elemento de mezcla o de trituración que, a causa de su rotación, aporta al material la energía térmica correspondiente y lo calienta aún más.

El tratamiento principal, que se efectúa bajo vacío, reduce la humedad residual a un cierto valor medio predeterminado y produce también que las sustancias nocivas volátiles se separen del material.

La temperatura se mantiene en el tratamiento principal por debajo de la temperatura de fusión del material. Sin embargo, debe aspirarse a que la temperatura sea lo más elevada posible.

Tras el tratamiento en el procedimiento de una fase o bien tras el tratamiento principal en el procedimiento de dos fases, se produce preferentemente una plastificación del material descargado mediante un extrusor conectado preferentemente de forma indirecta al dispositivo de tratamiento principal. Debido a la conexión directa y a prueba de vacío, el vacío puede actuar en el dispositivo de tratamiento principal sobre la zona de entrada del extrusor. El extrusor

5 presenta a menudo una zona de plastificación, a la que está conectada una zona de compresión y de retención. A esta zona de retención va conectada normalmente una zona de desgasificación o de evacuación, en la que se aspiran con vacío, particularmente con alto vacío, las sustancias volátiles de la masa fundida. Para ello se puede prever una desgasificación de una o varias fases; también se pueden disponer correlativamente varias zonas de compresión y descompresión con diferentes vacíos. Esto permite volatilizar también los contaminantes persistentes o difícilmente evaporables.

10 Con la correspondiente selección de las temperaturas y de los tiempos de permanencia en el pretratamiento y en el tratamiento principal, se pueden regular el valor de viscosidad de la masa fundida sacada del extrusor y del granulado fabricado con la masa fundida. Mediante tiempos de permanencia correspondientemente largos y temperaturas correspondientemente elevadas en la aplicación de vacío, se ejerce una influencia positiva sobre la viscosidad o bien se produce una repolimerización.

En principio, no es necesario fundir los trozos de plástico reciclado, cristalizado y secado. También se pueden almacenar, enfriar o trasladar mediante dispositivos de transporte a sistemas de extrusión o seguir procesando con otros procesos de transformación manteniendo su estado seco y cristalizado.

15 Puesto que es difícil conseguir el estado cristalizado con los sistemas conocidos en la actualidad, también se puede renunciar a mantener el estado seco, lo cual conduce, por lo general, a mermas en la calidad en caso de procesamiento directo sin un nuevo secado. Si el material se vuelve a secar, se produce una pérdida de la energía de secado ya invertida.

20 En los documentos EP 123 771, EP 0 390 873, AT 396 900, AT 407 235, AT 407 970, AT 411 682, AT 411 235, AT 413 965, AT 413 673 o AT 501 154 se describen exacta y específicamente *dispositivos apropiados*.

Este tipo de dispositivos también se utiliza en la práctica y se conoce, por ejemplo, como "EREMA Kunststoff Recycling System PC" o como "ein- oder zweistufige VACUREMA-Anlagen".

A continuación, se describen algunos ejemplos de posibles aplicaciones del procedimiento:

Ejemplo 1:

- 25 El ácido poliláctico (PLA) en forma de copos de envases triturados o granulados
- se calienta a una temperatura de entre 65° y 120° C, preferentemente de entre 90° y 110° C,
  - permanece en el reactor durante un tiempo de permanencia medio de entre 10 y 100 min, en particular de entre 20 y 70 min,
  - 30 - estando la velocidad periférica de la punta agitadora más exterior de la herramienta de trituración o de mezcla en una gama de 1 a 35 m/s, preferentemente de entre 3 y 20 m/s,
  - y aplicándose un vacío ≤ 150 mbar, preferentemente ≤ 50 mbar, en particular ≤ 20 mbar, particularmente de entre 0,1 y 2 mbar.

Ejemplo 2:

- 35 El ácido poliláctico (PLA) en forma de finas películas, fibras o napas
- se calienta a una temperatura de entre 65° y 120° C, preferentemente de entre 90° y 110° C,
  - permanece en el reactor durante un tiempo de permanencia medio de entre 3 y 60 min, en particular de entre 10 y 25 min,
  - encontrándose la velocidad periférica de la punta agitadora más exterior de la herramienta de trituración o de mezcla en una gama de 15 a 58 m/s, preferentemente de entre 35 y 47 m/s,
  - 40 - y efectuándose el tratamiento a presión ambiente.



**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para el pretratamiento y reprocesamiento de material sintético termoplástico a reciclar en forma de ácido poliláctico (PLA), encontrándose el material plástico en forma de gránulos, copos de envases triturados, fibras o residuos de napas con un espesor de entre 100  $\mu\text{m}$  y 2 mm, y/o en forma de finos residuos de copos de instalaciones de estiraje con un grosor de entre 5  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , calentándose el material plástico a procesar en al menos un recipiente colector o reactor bajo continua mezcla y, dado el caso, trituración, a una temperatura por debajo de la temperatura de fusión del material plástico y cristalizándose, secándose y/o purificándose con ello, utilizándose para la mezcla y calentamiento del material plástico al menos una herramienta de mezcla o de trituración que gira en torno a un eje, con cantos de trabajo que mezclan y/o Trituran el material plástico, produciéndose el calentamiento en particular mediante la carga con energía mecánica, caracterizado por que el material plástico de ácido poliláctico (PLA) se calienta a una temperatura de entre 65° y 120° C, preferentemente de entre 90° y 110° C, y por que el material plástico, cuando se encuentra en forma de finas películas, fibras o napas, en particular con un grosor de entre 100  $\mu\text{m}$  y 2 mm, se mezcla a una velocidad periférica de la punta agitadora más exterior de la herramienta de mezcla o de trituración de entre 15 y 58 m/s, preferentemente de entre 35 y 47 m/s, y permanece en el tratamiento durante un tiempo medio de permanencia de entre 3 y 60 min, en particular de entre 10 y 25 min, y el tratamiento se realiza a presión ambiente, y por que el material plástico, cuando se encuentra en forma de copos de envases triturados o gránulos, se mezcla a una velocidad periférica de la punta agitadora más exterior de la herramienta de mezcla o de trituración de entre 1 y 35 m/s, preferentemente de entre 3 y 20 m/s, y permanece en el reactor durante un tiempo medio de permanencia de entre 10 y 100 min, en particular de entre 20 y 70 min, y el tratamiento se efectúa aplicando un vacío  $\leq$  150 mbar, preferentemente  $\leq$  50 mbar, en particular  $\leq$  20 mbar, particularmente de entre 0,1 y 2 mbar.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el material plástico se calienta a una temperatura por encima de la temperatura de transición vítrea.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la herramienta de mezcla o de trituración puede girar en torno a un eje vertical y, dado el caso, está dispuesta en varios niveles superpuestos.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones de la 1 a la 3, caracterizado por que el procedimiento se efectúa con o sin presecado y/o con o sin precristalización del material plástico.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones de la 1 a la 4, caracterizado por que el procedimiento se lleva a cabo en una fase en un solo reactor o bien por que el material plástico se calienta, seca, cristaliza y purifica en un solo paso de trabajo, en particular en un único reactor.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones de la 1 a la 5, caracterizado por que el procedimiento se realiza en varias fases, en particular en dos fases, colocándose dos o más recipientes colectores o reactores en serie y/o en paralelo y por que el material a procesar pasa por estos recipientes sucesivamente por orden.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que las condiciones del procedimiento conforme a las reivindicaciones de la 1 a la 4 se aplican en al menos un recipiente, en particular en el primero en ser alimentado o bien el utilizado para el pretratamiento.
8. Procedimiento según la reivindicación 6 o 7, caracterizado por que el material plástico, en particular polímeros con baja inerticidad y/o largo tiempo de difusión, se lleva en un pretratamiento antepuesto a una cierta temperatura, en particular a una cercana a la temperatura de proceso del tratamiento principal.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones de la 6 a la 8, caracterizado por que el material plástico se somete en la primera fase a un pretratamiento, en particular bajo condiciones de vacío, mediante carga con energía mecánica y, con ello, se calienta y, a una temperatura más elevada, se seca y, dado el caso, se cristaliza simultáneamente, y por que, a continuación, en una segunda fase precedente a una eventual plastificación o fusión, se produce un tratamiento principal del material plástico en el que el material plástico, en particular bajo condiciones de vacío, se vuelve a secar y a cristalizar más mediante la aplicación de energía mecánica en movimiento, efectuándose este tratamiento principal en particular a una temperatura más elevada que la del pretratamiento.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones de la 6 a la 9, caracterizado por que el material plástico se somete a una pretrituración y/o un lavado y/o un presecado antes del pretratamiento.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones de la 6 a la 10, caracterizado por que la temperatura del tratamiento principal se mantiene por debajo de la temperatura de plastificación o de fusión del material plástico.

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones de la 6 a la 11, caracterizado por que el material plástico se somete al pretratamiento en corriente continua.
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones de la 1 a la 11, caracterizado por que el procedimiento se realiza de forma continua o discontinua o bien como proceso por lotes.
- 5 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones de la 1 a la 13, caracterizado por que el material plástico finalmente se plastifica o funde y, a continuación, se conduce, dado el caso tras un filtrado, en particular bajo condiciones de vacío, a un extrusor o se procesa para convertirlo en granulado.