

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 467 973**

51 Int. Cl.:

**B29B 17/00** (2006.01)

**C08J 11/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2009 E 09765235 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.04.2014 EP 2288483**

54 Título: **Procedimiento para la limpieza, pretratamiento o procesamiento de materiales polímeros**

30 Prioridad:

**17.06.2008 AT 9672008**

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

**13.06.2014**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**FEICHTINGER, KLAUS;  
HACKL, MANFRED y  
WENDELIN, GERHARD**

74 Agente/Representante:

**SANZ-BERMELL MARTÍNEZ, Alejandro**

**ES 2 467 973 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 según el concepto general de la reivindicación 1 así como a una disposición para la realización del procedimiento según la reivindicación 8.

5 Los copos PCR (Post Consumer Recycled = material reciclado postconsumo) de tereftalato de polietileno (PET) generados a partir de botellas de PET lavadas o de piezas de embutición profunda de PET representan cada vez más una importante fuente de materia prima y de mercancía para la producción de productos de PET. Los copos de PET se utilizan en mayores cantidades para la producción de películas planas de PET y botellas de PET. La película plana de PET se suele utilizar para su transformación en productos de embutición profunda. Para la producción de este tipo de productos, se pueden emplear tanto mezclas de material nuevo y copos PCR de PET como un 100 % de copos. Puesto que el objetivo es utilizar los productos finales, como las botellas de PET o piezas de embutición profunda de PET, también para su aplicación en alimentos, existen diversos métodos para hacer que los copos o masa fundida sean aptos para su uso en contacto con alimentos. Esto se puede conseguir, por ejemplo, con las instalaciones Vacurema®.

15 Debido a una legislación más estricta y al aumento de los requisitos cualitativos de los clientes, el uso de copos no aptos para la aplicación en contacto con alimentos para la producción de piezas aptas para el uso con alimentos es imposible o muy difícil, incluso en una capa intermedia (A-B-A). Por lo tanto, ya no basta con emplear, por ejemplo en piezas de embutición profunda, una capa de material nuevo apto para el contacto con alimentos en el exterior a modo de barrera para capas no aptas para los alimentos, sino que se deben realizar los correspondientes análisis de migración para garantizar esto también en la producción.

20 Al mismo tiempo, existen muchos sistemas de producción, en particular instalaciones de película plana e instalaciones de moldeo por inyección de preformas, que no pueden llevar a cabo los pasos de limpieza necesarios para los copos PCR. Sin embargo, existen sistemas que pueden hacer frente a esta situación.

Además, la situación económica hace necesaria la aplicación de copos PCR. No obstante, no siempre sale a cuenta económicamente dotar a cada sistema de extrusión o sistema de moldeo por inyección de los sistemas de limpieza arriba indicados. Por ejemplo, las instalaciones pueden ser demasiado pequeñas, la flexibilidad demasiado escasa o no es posible una gestión suficiente de la calidad. De ahí que se deriven otras dos posibilidades de aplicación:

30 Variante 1: Aplicación como sistema central de limpieza para uno o varios sistemas de extrusión, sistemas de moldeo por inyección, etc., para la producción de copos aptos para los alimentos a partir de copos PCR. Estos copos se pueden depositar en un silo intermedio o repartirlos directamente entre varias instalaciones al mismo tiempo.

Variante 2: Integración del sistema de limpieza en una instalación de lavado para copos PCR a modo de paso adicional de limpieza para producir copos PCR aptos para el uso alimentario. Entonces, estos copos PCR se podrían poner directamente a la venta.

35 En principio, los procedimientos abajo indicados se pueden emplear en todo tipo de poliésteres, como por ejemplo PBT (tereftalato de polibutileno), PTT (tereftalato de politrimetileno), PEN (polietileno 2, 6-naftalato), en los correspondientes tipos de PET modificados o copoliésteres, así como también en distintos polímeros de cristal líquido aromáticos. Además de estos materiales arriba indicados, también se pueden emplear materiales del ámbito de las poliamidas (PA), policarbonatos (PC) y materiales de origen biogénico como el ácido poliláctico (PLA).

40 Sin embargo, actualmente, además de los envases de PET, ya únicamente tienen relevancia económica las botellas de PC (botellas de leche en los EE. UU. y Australia). No obstante, la cantidad de envases de PLA aumenta constantemente y se puede prever que en el futuro se produzcan ciclos de reciclaje significativos con este material. En este caso, estos materiales también se pueden procesar con este procedimiento de limpieza. Por regla general, hay que adaptar las temperaturas y los tiempos de permanencia al polímero.

45 Otro flujo de materiales que también existe en la actualidad y que se puede emplear para el envasado de alimentos lo forman el ámbito de las poliolefinas y los poliestirenos, y aquí en particular el HDPE (polietileno de alta densidad), el PP (polipropileno) y el PS (poliestireno). De estos materiales se crean cuerpos huecos o piezas de embutición profunda, en los que se envasan alimentos como la leche, el yogur, etc. Otro de sus usos son las bolsas de LDPE (polietileno de baja densidad), parcialmente relleno con materiales de carga, en las que por ejemplo se envasa leche. Estos materiales están sometidos a menudo a una economía circular y el objetivo es volver a llevar estos materiales a las aplicaciones para alimentos. También en este caso, como ya se ha descrito arriba, es necesario lavar los envases y a continuación eliminar las posibles sustancias migratorias. El sistema de limpieza, como se ha descrito antes, se puede integrar como un sistema de limpieza adicional en una instalación de lavado convencional. Los productos de embutición profunda de PP y PS, como las tarrinas de yogur y las botellas de HDPE (botellas de leche en los EE. UU. y en Australia) y cada vez más y más botellas de PP, representan hoy en día los flujos de materiales más destacados.

55 En principio, existe la posibilidad de colocar dos o más recipientes de procesamiento en serie o dos o más recipientes de procesamiento en servicio en paralelo.

Puesto que no hay ningún acoplamiento directo entre el sistema de limpieza y los sistemas de extrusión, existen dos formas de realizar el proceso. Con estos sistemas se puede llevar a cabo un servicio continuo o un servicio discontinuo. La presente descripción se realiza a modo de ejemplo sobre la base de copos de PET; sin embargo, también es aplicable de la forma pertinente a todos los demás materiales cambiando las temperaturas y ciclos o bien los tiempos de espera.

#### Variante 1: Servicio continuo

En un servicio continuo, los copos PCR se introducen a través de un sistema de esclusa (sistemas de válvula corredera, sistemas de esclusa de rueda celular, etc.) en un recipiente evacuado o por el que pasa un flujo de gas inerte. Mediante la energía mecánica aplicada, el material lentamente se calienta, se seca, se cristaliza y descontamina. La energía introducida se controla a través de la velocidad de rotación de las herramientas. Como elementos de retroinformación se utilizan sensores de temperatura dispuestos en el recipiente, los cuales miden la temperatura alcanzada. El material se extrae del recipiente de forma continua, estando previsto un tramo de transferencia que garantiza en caso de funcionamiento con vacío que el vacío se conserve dentro del recipiente. Los copos de PCR se desplazan lentamente de arriba abajo a través del recipiente y se calientan y descontaminan. Si es necesario, por ejemplo en el caso del poliéster, se puede aumentar la viscosidad. En caso de que se emplee un gas inerte, conviene desde el punto de vista económico emplear también un sistema de esclusa para mantener la pérdida de gas inerte lo más baja posible. Conviene desde el punto de vista económico que el gas se conduzca por un circuito y procesarlo nuevamente para su aplicación en el recipiente. En caso de que haya varias herramientas dispuestas unas sobre otras, el gas inerte se puede introducir en flujo transversal en cada nivel de herramientas o, en caso de que se desee una compensación de energía de abajo a arriba, introducirlo en el flujo de material a contracorriente.

Mediante la temperación de las herramientas, por ejemplo mediante herramientas de mezcla calefactadas, se puede influir adicionalmente en el material, si bien la temperación de las herramientas que pueden funcionar a distintos niveles, al menos en un nivel, se puede producir por separado en cada nivel. Para este fin, se introduce a través del árbol de accionamiento un agente de regulación de la temperatura. Se puede aplicar en serie en los distintos niveles de las herramientas, haciéndolo fluir en primer lugar en el nivel más bajo de herramientas. En general, se trata de conseguir un equilibrio térmico entre los niveles y, en la mayoría de los casos de aplicación, el nivel inferior de herramientas se enfría ligeramente. El agente calentado se lleva a los niveles superiores de herramientas y transfiere calor al material, que ahí está más frío. En cada nivel, el flujo se aplica en las herramientas en paralelo, a fin de crear en cada nivel las mismas condiciones de temperatura. En cualquier caso, se necesita realizar el proceso a través del árbol hacia afuera y las correspondientes bombas y tanques de almacenamiento y, dado el caso, una refrigeración de retorno contra el aire o agua o demás agentes.

En todos los métodos de influencia, se emplea el par de torsión del accionamiento o bien, aún más importante, la distribución de la temperatura del material, como magnitud de control para una posible regulación o realización manual del proceso.

El reactor funciona bajo vacío y el volumen a aspirar viene determinado básicamente por la cantidad de material, la humedad aportada interior y exterior y por las sustancias tóxicas a limpiar.

Por norma, para un proceso de descontaminación debería alcanzarse un vacío con una presión inferior a los 100 mbar, en particular inferior a 25 mbar, preferentemente inferior a 10 mbar. Se debe conseguir aquí que la temperatura del material en la zona de abajo esté por encima de los 130° C, en particular por encima de los 150° C, preferentemente por encima de los 180° C. El tiempo medio de permanencia en el recipiente debe ser aquí de más de 15 min, en particular de más de 30 min, en particular superior a 40 min, preferentemente superior a 60 min.

En caso de que deba lograrse adicionalmente un aumento de la viscosidad, deberán alcanzarse presiones de menos de 10 mbar, en particular inferiores a 5 mbar, en particular de menos de 1 o 2 mbar, y temperaturas de más de 190° C, en particular superiores a 200° C, preferentemente por encima de los 220° C, mientras que el tiempo medio de permanencia en el recipiente debe ser de más de 40 min, en particular de más de 60 min, en particular de más de 80 min, en especial superior a 100 minutos.

La capacidad de aspiración de vacío con una humedad de entrada de los copos de PCR < 1 % y con una presión de unos 3 mbar debe estar entre 2 m<sup>3</sup>/kg y 8 m<sup>3</sup>/kg de material.

En caso de uso de un gas inerte, se puede reducir los costes haciendo que el gas se conduzca por un circuito, aumentar la calidad (viscosidad) de los copos producidos mediante un presecado del gas y evitar un enfriamiento de los copos mediante el calentamiento del gas. La aplicación de energía para el calentamiento de los copos no se efectúa a través del gas inerte, al contrario que en muchos otros procedimientos. Con ello se reduce considerablemente la cantidad de gas inerte, que únicamente se utiliza para extraer la humedad liberada o las sustancias tóxicas. Sin embargo, la cantidad viene determinada básicamente por la humedad aportada. La gama oscila entre aprox. 0,002 m<sup>3</sup>/kg/h y 0,1 m<sup>3</sup>/kg/h. El punto de rocío del gas debería estar en una gama de entre -10° C y -60° C, preferentemente por debajo de -30° C.

#### Variante 2: Servicio discontinuo

5 En este tipo de funcionamiento, se introduce una cantidad definida de los copos PCR prelavados, secados y generalmente con una humedad residual  $< 1\%$  en un recipiente, como se ha descrito antes, con herramientas en rotación. Bajo vacío o en un flujo de gas inerte, el material, en particular mediante la aportación de energía mecánica, se calienta, se cristaliza y se purifica para su uso en alimentos. Aquí existe la posibilidad de adaptar correspondientemente los parámetros del proceso en función de los distintos parámetros del material, como la humedad inicial, la limpieza deseada y también los parámetros del material deseados en el material de salida, como un aumento de la viscosidad límite de los copos PCR.

Por lo tanto, es posible adaptar tanto el tiempo de permanencia y la temperatura como también el vacío o flujo de gas inerte dentro de amplias gamas.

10 No obstante, en cualquier caso deben realizarse los siguientes pasos procedimentales:

- 1) Llenado con material
- 2) Calentamiento, secado y cristalización del material
- 3) Tiempo de espera o tiempo de descontaminación o tiempo de aumento de la viscosidad
- 4) Opción: enfriamiento dentro del recipiente
- 15 5) Descarga del material

Ejemplo preferente de un proceso de limpieza:

20 Como material de partida se emplean copos PCR prelavados con una humedad inicial  $< 0,7\%$  y con una temperatura del material de unos  $20^\circ\text{C}$ . La cantidad de material por lote se introduce en el recipiente de reacción en un tiempo de aprox.  $t =$  entre 5 y 10 min bajo atmósfera. Entonces se aplica el vacío o se conduce a través del material el gas inerte preferentemente seco y, bajo ciertas circunstancias, calentado. Mediante las herramientas, se introduce rápidamente energía en el material. La aportación de energía se controla aquí con la variación de la velocidad de rotación de las herramientas y también a través de las posibles herramientas regulables. En este proceso de calentamiento a unos  $180^\circ\text{C}$ , el material se seca y cristaliza. El vacío o bien el flujo de gas inerte extrae la humedad liberada y las sustancias tóxicas. Cuando se alcanza una temperatura de más de  $180^\circ\text{C}$ , se produce un tiempo de espera a fin de lograr que el material sea apto para el uso en alimentos. La temperatura del material se mantiene durante este tiempo a  $T > 180^\circ\text{C}$ . Esto se consigue sobre todo mediante la variación de la velocidad de rotación.

30 En principio, en este proceso se pueden cambiar los parámetros del proceso. Por ejemplo, se puede admitir un menor vacío mediante el aumento del tiempo de permanencia a una cierta temperatura o conseguir a través de una temperatura de procesamiento más elevada un tiempo de permanencia más corto para la limpieza.

En el caso de la limpieza con vacío, para conseguir copos PCR aptos para su uso en alimentos deberán cumplirse ventajosamente los siguientes parámetros:

- Presión durante el tiempo de espera:  $< 100\text{ mbar}$ , mejor  $< 50\text{ mbar}$ , mejor  $< 10\text{ mbar}$
- Tiempo de espera:  $> 5\text{ minutos}$ , mejor  $> 10\text{ minutos}$ , mejor  $20\text{ minutos}$ , mejor  $30\text{ minutos}$
- 35 - Temperatura durante el tiempo de espera:  $> 130^\circ\text{C}$ , mejor  $> 150^\circ\text{C}$ , mejor  $> 180^\circ\text{C}$ , mejor  $> 190^\circ\text{C}$

En el caso del lavado con gas inerte, se deberán llevar a cabo cambios del volumen del recipiente al menos 2 o 3 veces por hora, mejor 4 o 5 veces por hora, mejor 10 veces por hora. Las temperaturas o el tiempo de espera se mantienen básicamente iguales. Únicamente se cambia el vacío por gas inerte, o bien se puede mantener una presión del gas inerte reducida en comparación con la atmósfera.

40 En caso de que además del proceso de limpieza se desee un aumento de la viscosidad límite, esto se puede conseguir mediante el aumento de la temperatura del proceso, mediante la prolongación del tiempo del proceso o bien mediante la disminución del vacío.

45 Deberá alcanzarse una temperatura superior a  $180^\circ\text{C}$ , mejor  $> 200^\circ\text{C}$ , mejor  $> 220^\circ\text{C}$ . El vacío debería ser inferior a  $50\text{ mbar}$ , mejor inferior a  $10\text{ mbar}$ , mejor inferior a  $1\text{ mbar}$ , mejor inferior a  $0,5\text{ mbar}$ , mejor inferior a  $0,1\text{ mbar}$ . El tiempo de espera será de al menos 40 min, mejor 60 min, mejor 90 min, mejor 120 min, si bien el tiempo en sentido ascendente representa más bien un límite económico que uno técnico.

También se puede emplear aquí como agente de evacuación del agua o glicol de etileno liberados un gas inerte seco (p. ej., punto de rocío  $> -40^\circ\text{C}$ ).

Otro ejemplo de una aplicación en el tratamiento de un material con humedad elevada:

50 Los copos de PCR presentan una humedad exterior más elevada, p. ej., de entre el 2 y 3 %. La humedad interior asciende a aprox. entre 2.000 y 3.000 ppm. En el proceso de calentamiento, únicamente se aplica al recipiente un vacío reducido, a fin de transportar de forma eficiente fuera del recipiente la cantidad de vapor de agua que se genera. Además, se puede introducir una cantidad definida de aire o de gas inerte, en una magnitud de aprox. entre  $1$  y  $2\text{ m}^3/\text{h}$ , mejor entre  $3$  y  $5\text{ m}^3/\text{h}$ , mejor de  $10\text{ m}^3/\text{h}$ , de tal modo que la humedad pueda ser aspirada (barrido). En

lugar del vacío, también se puede emplear en esta fase un ventilador extractor potente con la correspondiente entrada de aire adicional. El objetivo es sacar lo más rápido posible del recipiente la cantidad de humedad exterior que se evapora.

5 Únicamente cuando la humedad se ha reducido fuertemente en el material, se conecta un vacío más elevado a fin de minimizar la humedad interior de los copos PCR. La eventual alimentación de agentes se reduce hasta 0 m<sup>3</sup>/h. Esto se puede detectar o bien en la temperatura del material dentro del recipiente (se mantendrá en torno a los 100° C mientras se evaporen cantidades considerables de humedad exterior) o la humedad también se puede medir en el flujo de gas de salida y aumentar el vacío por debajo de un cierto valor umbral. Con eso se asegura que el sistema de bombas de vacío funcione siempre dentro de la gama de aspiración o rendimiento más eficiente. También se puede medir la corriente del motor de las bombas de vacío y, a través de estas bombas o bombas previas, regular su velocidad de rotación y aumentar correspondientemente el volumen de aspiración, de modo que cuando se reduzca la humedad esto vaya acompañado de un aumento del vacío en el reactor.

10 Por supuesto, un proceso de este tipo conlleva una prolongación del tiempo por lote. Sin embargo, se cuenta aquí con un medio eficaz para contrarrestar la humedad inicial del material, sobre todo cuando las correspondientes señales de retorno sobre la humedad en el flujo de gas de salida o sobre las corrientes de las bombas de vacío se procesan en los circuitos de mando y de regulación. Si se integra un sistema como este en una instalación de lavado, bajo ciertas circunstancias se podría prescindir de un costoso secado final o minimizarlo correspondientemente.

15 Una vez alcanzada la temperatura necesaria o el vacío necesario, comienza el correspondiente tiempo de espera que sea necesario para la descontaminación o para un aumento de la viscosidad. Durante el tiempo de espera, se puede realizar una detección de las sustancias tóxicas mediante el análisis de los gases de salida y también llevar a cabo diversos procesos. O bien se interrumpe el proceso y se emplea el material para su aplicación en un ámbito no alimentario o se prolonga el tiempo por lote hasta que ya no se detecte nada.

Dispositivos o medidas acompañantes para el proceso continuo o el proceso discontinuo de ambos procesos:

25 Tras la limpieza o aumento de la viscosidad, los copos PCR no son conducidos necesariamente directamente a otro tratamiento. Por este motivo, los copos se suelen depositar en un almacén intermedio como silos, *big bags*, etc. Al final del ciclo de limpieza, los copos están calientes. Si los copos no se conducen directamente a un tratamiento mediante otro proceso térmico en el que se puede aprovechar la energía interna de los copos, p. ej., una extrusión, entonces hay que enfriar los copos antes de que puedan depositarse en un almacén intermedio. El calor que se reduce durante este proceso se evacua del agente refrigerante y, normalmente, se perdería sin haber sido aprovechado.

30 El **objeto** de esta invención es, por lo tanto, crear un procedimiento y una disposición, con el/la que los materiales polímeros puedan sean tratados y, en particular, puedan ser descontaminados, de una forma eficiente y rentable.

35 Este cometido se resuelve en el caso del procedimiento mediante las características distintivas de la reivindicación 1 y, en el caso de la disposición, mediante las características distintivas de la reivindicación 8.

40 El procedimiento según la invención se refiere, por consiguiente, a un procedimiento para la limpieza, pretratamiento o procesamiento de materiales polímeros, en particular de residuos de plástico en forma de copos, en el que, al menos en un recipiente colector, compresor de corte o reactor, en particular bajo vacío o un gas inerte, bajo constante mezcla o movimiento y, dado el caso, trituración, manteniendo siempre la capacidad de corrimiento y el estado fragmentado, los materiales polímeros a tratar se calientan a una temperatura por debajo de la temperatura de fusión, preferentemente por encima de la temperatura de transición vítrea del material polímero, y con ello se cristalizan, secan y/o limpian o descontaminan al mismo tiempo, en particular en un solo paso.

45 El procedimiento según la invención se caracteriza por que los materiales polímeros calientes se enfrían a continuación, en particular a la temperatura ambiente, pudiéndose introducir o reconducir la energía térmica emitida o liberada durante su refrigeración nuevamente al proceso en otro punto, en particular uno anterior. De este modo, el material se puede tratar de forma eficiente, económica y ahorrando energía.

En las reivindicaciones dependientes se encuentran otras configuraciones ventajosas del procedimiento:

50 Conforme a un perfeccionamiento ventajoso, resulta ventajoso que los materiales polímeros sean sometidos antes de su tratamiento en el reactor a un lavado, secado y/o precristalización previos. Esto aumenta la calidad del producto final. Puesto que en estos pasos también se requiere energía, también se puede emplear para ellos la energía recuperada. Resulta ventajoso emplear nuevamente en otro punto la energía obtenida a partir del agente refrigerante, p. ej., para el precalentamiento de los copos PCR. Esta energía se puede utilizar entonces de formas distintas, en función de cada caso de aplicación. La energía recuperada asciende a al menos el 20 % del contenido energético de los copos, mejor a un 40 %, mejor a entre el 50 y 60 %. Por lo tanto, con ello se puede aumentar considerablemente la rentabilidad de un sistema de este tipo.

En este contexto, es ventajoso que durante el enfriamiento de los materiales polímeros, la energía térmica emitida o liberada se utilice para el calentamiento directo o indirecto o bien inmediato o mediato, en particular de los materiales polímeros aún sin tratar, directamente en el reactor o antes de la introducción de los materiales polímeros en el reactor, preferentemente en el transcurso del lavado, del secado y/o de la cristalización.

- 5 Se llevan a cabo distintos procesos de enfriado en función de los requisitos de calidad final. Por norma, el PET es sensible a la influencia del oxígeno y de la humedad y esa sensibilidad aumenta cuanto más caliente está el polímero. Puesto que los copos presentan una elevada superficie en comparación a su volumen, por este motivo son, en estado caliente, susceptibles a amarillear debido al oxígeno y/o a perder viscosidad debido a la humedad del aire ambiente. Por lo tanto, hay que tener en cuenta este estado durante el enfriamiento y el transporte posterior.
- 10 Cuanto más calientes estén los copos y cuanto más altos sean los requisitos cualitativos que se esperan de los copos, más complicado será este paso del proceso.

Se puede escoger entre las siguientes posibilidades según el tipo de aplicación o en función de la calidad final a alcanzar:

Alta viscosidad, elevado grado de exactitud del color:

- 15 En este caso, la evacuación o el enfriamiento se realiza con gas inerte seco. Si la temperatura de los copos cae por debajo de unos 130° C, mejor 110° C, mejor 100° C, no se espera ya ninguna influencia negativa de consideración en el material y se puede cambiar al aire normal como agente de refrigeración, almacenamiento y transporte. En cualquier caso, el gas inerte se conduce dentro de un circuito y se recupera la energía almacenada.

20 Alta viscosidad, sin problemas de color:

En este caso, el aire secado puede bastar como agente de refrigeración. El aire debería secarse con un punto de rocío de -10° C, mejor -20° C, mejor -40° C.

- 25 El punto de rocío como medida de la temperatura ambiente es una temperatura derivada, no existente realmente, y como tal por lo general menor o igual a la temperatura real del aire. En caso de que ambas sean iguales, entonces el aire está saturado de vapor de agua. El punto de rocío sirve como medida de la humedad porque depende del contenido de vapor de agua del aire. En caso de que el aire saturado de vapor de agua se enfríe, se produce condensación, lo que se manifiesta en forma de empañaduras, niebla, rocío o bien en general en precipitación. Cuanto mayor sea la diferencia entre la temperatura y el punto de rocío, más seco estará el aire.

Solo descontaminación (no hay requisitos especiales en cuanto a color y viscosidad):

- 30 En este caso, puede bastar con un enfriamiento con aire sobresecado o aire normal. En el sobresecado del aire, se debe alcanzar un punto de rocío de aprox. 10° C, mejor 5° C, aún mejor 0° C.

Este enfriamiento puede realizarse en el caso del proceso discontinuo también en el reactor. Este proceso generalmente no será rentable, ya que se bloquea un caro equipo mediante procesos que también pueden realizarse a través de dispositivos más baratos.

- 35 Puede resultar más rentable emplear para el enfriamiento un recipiente acoplado a continuación, cuyas herramientas de mezcla y/o camisa puedan enfriarse intensamente y que esté sometido a vacío. Con esto se asegura la minimización de un daño por oxidación o por humedad. En el caso de un proceso continuo, el material se debe alimentar a través de un sistema de exclusión. En el caso de un proceso discontinuo, se puede prescindir de este tipo de alimentación. Al final del proceso discontinuo, el material se transporta con la ayuda de un tornillo sinfín de descarga al recipiente refrigerante independiente. Entonces se cierra el recipiente refrigerante y se separa del recipiente de tratamiento (vacío).

En lugar del vacío, también se puede llenar el recipiente de gas inerte. Lo ideal es que este gas esté secado y puede ser, p. ej., N<sub>2</sub>. En este caso, se mejora la transmisión de calor mediante el agente en comparación con el vacío.

- 45 El recipiente refrigerante presenta ventajosamente un mecanismo de agitación de rotación muy lenta, que puede estar provisto de refrigeración. Las paredes también están, dado el caso, refrigeradas y la energía de los copos se transfiere a las piezas enfriadas bajo una agitación lenta. Como refrigerante se pueden emplear agentes gaseosos o líquidos.

- 50 Cuando el enfriamiento de los materiales polímeros se efectúa bajo vacío, es ventajoso que el enfriamiento se produzca a través del contacto directo de los materiales polímeros con una pared del reactor, del recipiente refrigerante y/o un dispositivo de mezcla y de agitación.

El procedimiento según la invención puede realizarse, como se ha descrito al principio, de forma continua o discontinua o bien por lotes.

La disposición según la invención para la limpieza, pretratamiento o procesamiento de los materiales polímeros, en particular de residuos de plástico en forma de copos, o bien para la realización del procedimiento según la invención, consta de al menos un recipiente colector, compresor de corte o reactor adecuado para la aplicación de un vacío y/o para la mezcla o barrido con un gas inerte, del tipo en sí ya conocido del estado de la técnica, con un dispositivo en

5 sí ya conocido de mezcla y de agitación y, dado el caso, un dispositivo de trituración para los materiales polímeros. El dispositivo de mezcla y de agitación mueve el material o lo pone en rotación, lo mezcla, calienta o tritura, dado el caso, y mantiene la capacidad de corrimiento o estado fragmentado del material.

Además, la disposición comprende, dado el caso, al menos un dispositivo de lavado, un dispositivo de secado, un dispositivo de precristalización y/o un dispositivo de almacenamiento de los materiales polímeros anteconectado al reactor, medios para el calentamiento de los materiales polímeros en el reactor, en particular a una temperatura por debajo de la temperatura de fusión, preferentemente por encima de la temperatura de transición vítrea, del material polímero, medios o al menos un dispositivo para el enfriamiento de los materiales polímeros calientes, así como medios para recoger y transferir la energía térmica emitida o liberada durante su enfriamiento a otro punto de la disposición, en particular antepuesto, o a un dispositivo acoplado operativamente a este, para el calentamiento

10 directo o indirecto o bien inmediato o mediato de los materiales polímeros, en particular en el dispositivo de lavado, el dispositivo de secado, el dispositivo de precristalización, el dispositivo de almacenamiento y/o en el propio reactor. Con una disposición como esta, el procedimiento se puede llevar a cabo de forma eficiente y ahorrando energía.

Es ventajoso que los medios o dispositivos para el enfriamiento de los materiales polímeros calientes estén conectados a continuación del reactor y que para ello esté previsto preferentemente un recipiente refrigerante aparte, preferentemente evacuable, que esté conectado a continuación del reactor en particular a través de un tornillo sinfín de descarga no compresor.

20

El reactor se puede emplear ventajosamente a modo de sistema de limpieza en una instalación de lavado. Cuando se emplea en una instalación de lavado, el equipo de limpieza adicional se aplica tras el secado de los copos. Una vez realizado un lavado en frío y/o lavado en caliente y/o un lavado con las correspondientes sustancias de lavado o de limpieza, los copos PCR se llevan a un secado mecánico y/o térmico. La energía recuperada durante el enfriamiento se puede emplear ahora para el calentamiento del agua para el lavado en caliente o para la generación del aire calentado para un secado térmico de los copos PCR o, como a continuación, la energía se emplea para el calentamiento de los copos.

25

En la fig. 1 está representado un sistema o disposición de este tipo, en el/la que un reactor 1 o un Multi Purpose Reactor (reactor multifunción) está integrado en un instalación global y en el/la que la energía térmica se recicla ventajosamente. Conforme al diagrama de bloques de la fig. 1, la disposición global abarca una instalación de lavado en la que los copos se someten a una limpieza básica. Este tipo de instalaciones de lavado se conoce del estado de la técnica. A continuación, los copos van a parar de la instalación de lavado al cristizador o al silo de calentamiento con una humedad de aprox. entre 3.000 y 10.000 ppm. Allí se someten a un secado y, dado el caso, a un precristalización a una temperatura más elevada. El aumento de la temperatura se efectúa, por ejemplo, mediante aire caliente a una temperatura de entre 160 y 170° C. Los materiales polímeros permanecen en este silo de calentamiento durante un tiempo de permanencia de entre 1 y 4 horas aproximadamente. A continuación, los copos se introducen a través de un sistema de transporte por succión en un reactor o reactor multifunción 1. Se trata aquí de un compresor de corte convencional, tal y como se conocen del estado de la técnica. En el compresor de corte 1 está dispuesta una herramienta de mezcla y de agitación 4 alojada de forma giratoria, que mezcla y mantiene fragmentados los materiales polímeros en al menos dos niveles. La temperatura en el reactor 1 se ajusta y mantiene a aproximadamente entre 190° y 210° C. Los materiales polímeros se mantienen en este reactor 1 durante un tiempo medio de permanencia de aprox. entre 1 y 2 horas. El tratamiento se efectúa bajo vacío. Es esencial que los copos nunca pierdan su capacidad de corrimiento y que el material se ablande al máximo dentro del reactor 1 pero que jamás llegue a fundirse. Con la aplicación de vacío o también de un gas inerte, se produce la deseada eliminación de las sustancias migratorias y la descontaminación. A continuación, el material se descarga del reactor 1 de forma discontinua por lotes de entre 15 y 20 kg a través de sistemas de exclusa. El material presenta aquí una temperatura de unos 190° C. Los copos van a parar a continuación a un silo de enfriamiento o recipiente refrigerante 10 y se mantienen ahí durante un tiempo medio de permanencia de entre 30 minutos y 1 hora aproximadamente. Al hacerlo, se enfrían a aproximadamente entre 20° y 50° C. Este enfriamiento se realiza conforme al presente ejemplo de ejecución mediante aire seco frío, que se introduce en el silo de enfriamiento 10 mediante un ventilador y que pasa a través de los copos. Conforme a una forma de ejecución preferente, también pueden estar previstas herramientas de mezcla 4' que giran lentamente. Los copos ahora enfriados van a parar a una instalación desempolvadora y a continuación se clasifican y embalan. El aire que atraviesa los copos ha recogido la energía térmica y presenta ahora una temperatura de unos 170° C. Esta energía se puede emplear ahora según la invención para llevar el calor a aquellos puntos del procedimiento o de la disposición donde sea necesario. Antes, es ventajoso desempolvar también el aire del proceso.

30

35

40

45

50

55

Según la presente forma de ejecución, el aire caliente se introduce en el silo de calentamiento 21 y sirve ahí para precalentar los copos antes de que sean introducidos en el reactor 1. No obstante, el aire caliente también se puede emplear para calentar el agua de lavado en la instalación de lavado o para el calentamiento del reactor 1.

60

5 Conforme otra forma de ejecución ventajosa, en concreto si se utiliza a modo de unidad independiente, la energía del aire caliente también se puede emplear del modo que se describe a continuación. En este caso, se suministran copos PCR. Por lo tanto, la energía únicamente se puede emplear para calentar los copos. Puesto que los copos PCR presentan una temperatura de al menos entre 150 y 160° C antes del enfriamiento, la energía se puede emplear directamente, es decir, sin bomba de calor, compresión, etc. Para este fin, está dispuesto un reactor aislado del tamaño suficiente antes del reactor de tratamiento 1. Allí se calientan entonces los copos con la ayuda de aire caliente, aire caliente secado y/o gases inertes calientes. También se puede emplear un recipiente por cuya camisa fluya o se aplique por soplado un agente caliente. Unos elementos de agitación, que también pueden estar calefactados, agitan el material para que se pueda alcanzar una transmisión del calor suficiente. Para extraer de forma deliberada la posible humedad liberada (ya se produce una evaporación significativa a partir de los 60° C), el  
10 recipiente puede estar sometido a un ligero vacío o bien un ventilador aspirador se encarga de que haya una ligera presión negativa. También se pueden añadir además aire falso, preferentemente aire caliente y/o seco o sobresecado en pequeñas dosis (véase arriba).

15 En el procesamiento de PET en la masa fundida, se genera acetaldehído como producto de degradación. Sin embargo, no se desea la presencia de esta sustancia, fácilmente volátil, debido a su efecto de alterar el sabor. En el procesamiento de copos PCR con el procedimiento arriba mencionado, el contenido de acetaldehído se reduce claramente por debajo de 1 ppm. Dependiendo de los parámetros del proceso, incluso se reduce por debajo del límite de detección cuando el valor inicial es < 100 ppm y los parámetros del proceso se mantienen en T > 160° C, mejor > 180° C, y t > 10 minutos, mejor 20 minutos, y p < 10 mbar, mejor < 5 mbar.

20

## REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para la limpieza, pretratamiento o procesamiento de materiales polímeros, en particular de residuos de plástico en forma de copos, en el que, al menos en un recipiente colector, compresor de corte o reactor (1), en particular bajo vacío o un gas inerte, bajo constante mezcla o movimiento y, dado el caso, trituración, manteniendo siempre la capacidad de corrimiento y el estado fragmentado, los materiales polímeros a tratar se calientan a una temperatura por debajo de la temperatura de fusión, preferentemente por encima de la temperatura de transición vítrea del material polímero, y con ello se cristalizan, secan y/o limpian o descontaminan al mismo tiempo, en particular en un solo paso, **caracterizado por que** los materiales polímeros calientes se enfrían a continuación, en particular a la temperatura ambiente, pudiéndose reintroducir la energía térmica emitida o liberada durante su refrigeración nuevamente al proceso en un punto anterior del mismo *para el calentamiento directo o indirecto de los materiales polímeros*.
- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** los materiales polímeros se someten antes de su tratamiento en el reactor (1) a un lavado, secado y/o precristalización previos.
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** la energía térmica emitida o liberada durante el enfriamiento de los materiales polímeros se utiliza para el calentamiento directo o indirecto o bien inmediato o mediato de los, en particular aún sin tratar, materiales polímeros directamente en el reactor (1) o antes de la introducción de los materiales polímeros en el reactor (1), preferentemente en el transcurso del lavado, del secado y/o de la cristalización.
- 4.- Procedimiento según una de las reivindicaciones de la 1 a la 3, **caracterizado por que** el enfriamiento de los materiales polímeros se efectúa directamente en el reactor (1) y/o en un recipiente refrigerante (10) aparte conectado a continuación del reactor (1), en particular bajo lenta agitación.
- 5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones de la 1 a la 4, **caracterizado por que** el enfriamiento de los materiales polímeros se realiza con gas inerte seco, con aire seco con un punto de rocío inferior a  $-10^{\circ}\text{C}$ , preferentemente de  $-20^{\circ}\text{C}$ , en particular de  $-40^{\circ}\text{C}$ , o con aire normal con un punto de rocío por debajo de los  $10^{\circ}\text{C}$ , preferentemente de  $5^{\circ}\text{C}$ , en particular de  $0^{\circ}\text{C}$ .
- 6.- Procedimiento según una de las reivindicaciones de la 1 a la 5, **caracterizado por que** el enfriamiento de los materiales polímeros, en particular bajo vacío, se produce mediante el contacto directo de los materiales polímeros con una pared del reactor (1), del recipiente refrigerante (10) y/o un dispositivo de mezcla y de agitación (4, 4').
- 7.- Procedimiento según una de las reivindicaciones de la 1 a la 6, **caracterizado por que** el procedimiento se lleva a cabo de forma continua o discontinua o bien por lotes.
- 8.- Disposición para la limpieza, pretratamiento o procesamiento de materiales polímeros, en particular de residuos de plástico en forma de copos, para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones de la 1 a la 7, que consta de:
- al menos un recipiente colector, compresor de corte o reactor (1) adecuado para la aplicación de un vacío y/o para el barrido con un gas inerte, con un dispositivo de mezcla y de agitación (4) y, dado el caso, un dispositivo de trituración para los materiales polímeros,
  - dado el caso, al menos un dispositivo de lavado (20), un dispositivo de secado (21), un dispositivo de precristalización (21) y/o dispositivo de almacenamiento de los materiales polímeros anteconectado al reactor (1),
  - medios para el calentamiento de los materiales polímeros en el reactor (1), en particular a una temperatura por debajo de la temperatura de fusión, preferentemente por encima de la temperatura de transición vítrea, del material polímero,
  - medios o al menos un dispositivo para el enfriamiento (10) de los materiales polímeros calientes,
  - así como medios para recoger y transferir la energía térmica emitida o liberada durante su enfriamiento a un punto de la disposición antepuesto a los medios o a los dispositivos de enfriamiento (10) o a un dispositivo acoplado operativamente a este, para el calentamiento directo o indirecto o bien inmediato o mediato de los materiales polímeros, en particular en el dispositivo de lavado (20), el dispositivo de secado (21), el dispositivo de precristalización (21), el dispositivo de almacenamiento y/o en el propio reactor (1).
- 9.- Disposición según la reivindicación 8, **caracterizada por que** los medios o el dispositivo para el enfriamiento de los materiales polímeros calientes están conectados a continuación del reactor (1) y por que para ello está previsto preferentemente un recipiente refrigerante (10) aparte, preferentemente evacuable, que está conectado a continuación del reactor (1) en particular a través de un tornillo sinfín de descarga no compresor.

