(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 398 877**

(51) Int. Cl.:

B29B 13/10 (2006.01)
B29B 17/00 (2006.01)
B29C 45/18 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.02.2009** **E 09709877 (6)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2012** **EP 2252440**

(54) Título: **Procedimiento para el moldeo por inyección de material sintético**

(30) Prioridad:

14.02.2008 AT 2452008

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.03.2013

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

HACKL, MANFRED;
FEICHTINGER, KLAUS y
WENDELIN, GERHARD

(74) Agente/Representante:

SANZ-BERMELL MARTÍNEZ, Alejandro

ES 2 398 877 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 conforme al concepto general de la reivindicación 1 así como a un dispositivo según el concepto general de la reivindicación 8.

El moldeo por inyección es, sin duda, el procedimiento más importante para la fabricación de piezas moldeadas. Aproximadamente un 60 % de todas las máquinas transformadoras de plásticos son máquinas de moldeo por inyección (30 % extrusoras, 10 % “exóticas” (máquinas únicas)). En las máquinas de moldeo por inyección, se fabrican piezas moldeadas de desde unos pocos miligramos hasta 30 kg de peso por embolada.

El moldeo por inyección es apto sobre todo para la fabricación de productos en masa, ya que el material de partida (granulado) se puede transformar en la mayoría de casos en una pieza acabada en una sola operación. El proceso posterior de acabado es reducido o puede suprimirse completamente, e incluso las geometrías más complejas pueden realizarse en un solo paso de trabajo. Además, se pueden incorporar materiales de relleno de múltiples tipos, como por ejemplo fibra de vidrio, talco, negro de carbono, virutas metálicas, pigmentos, aditivos polímeros, etc., lo que permite modificar de forma concreta las propiedades de la pieza acabada.

Las propiedades de una pieza acabada vienen determinadas por el material empleado, la conformación y el tipo de realización del tratamiento. En los materiales sintéticos, en particular en los termoplásticos, estas influencias son aún más patentes que en los metales. La selección del plástico “correcto” como material de partida (semicristalino/amorfo) depende en gran medida de su estructura molecular. En el moldeo por inyección, se procesan por lo general casi exclusivamente polímeros termoplásticos. Los termoplásticos se componen de macromoléculas lineales, las cuales están presentes en la pieza acabada estáticamente apelotonadas (amorfas), ordenadas regularmente (cristalinas) o alargadas (orientadas). En la mayoría de los casos, los tres estados se encuentran juntos en una pieza acabada. Debido al peso molecular relativamente alto de todos los plásticos, jamás se alcanzará un estado 100 % cristalino en una pieza acabada; en este contexto, se habla de grado de cristalinidad (relación volumen cristalino/volumen total). El grado de cristalinidad habitual de las piezas moldeadas semicristalinas oscila entre el 50 % y el 80 % y depende, además de de las propiedades específicas del material de partida, sobre todo de la construcción (herramienta) y de los parámetros de procesamiento.

Otro aspecto importante para la correcta selección del material es la temperatura de aplicación posterior de la pieza acabada. Aquí hay que tener en cuenta sobre todo el rango de la temperatura de transición vítrea. Puesto que en algunos tipos de plásticos la temperatura de transición vítrea está dentro del rango de la temperatura ambiente, la cuestión de su uso por encima o por debajo de la temperatura de transición vítrea puede ser muy decisiva, ya que en el rango de la temperatura de transición vítrea muchas propiedades mecánicas cambian “de golpe”.

Los parámetros de procesamiento más importantes en el moldeo por inyección son la temperatura de la materia, la temperatura de la herramienta, el tiempo de llenado del molde o volumen de inyección o la evolución de la presión en la herramienta (presión interna del molde).

El tiempo de llenado del molde y la evolución de la presión en la herramienta determinan de forma decisiva el proceso de llenado del molde y, con ello, las propiedades mecánicas de la pieza acabada. Puesto que la mayoría de plásticos se contrae durante el proceso de enfriamiento, la materia de moldeo se debe someter a una presión posterior hasta alcanzar el punto de sellado (solidificación del bebedero). Una vez alcanzado el punto de sellado, se desconecta la presión posterior. Pero la pieza moldeada permanece un cierto tiempo (tiempo de enfriamiento residual) en la herramienta cerrada. Durante este tiempo de enfriamiento residual, la temperatura de la pieza moldeada cae por debajo de la temperatura de fusión o bien de la temperatura de ablandamiento, con lo que se evita la deformación en la posterior expulsión de la pieza acabada. El tiempo total desde el inicio del llenado de la herramienta hasta el siguiente inicio se denomina tiempo de ciclo.

Las temperaturas de masa y de herramienta a seleccionar son magnitudes que dependen del material y, en la mayoría de los casos, vienen predeterminadas o recomendadas por el fabricante del plástico. Mediante estas se puede influir en las propiedades de la pieza acabada. Por ejemplo, en el PET, la temperatura de la herramienta determina en muy gran medida la estructura cristalina de la pieza acabada: una temperatura de herramienta baja produce un enfriamiento rápido y la pieza acabada es amorfa y transparente, mientras que una temperatura de herramienta alta aumenta el grado de cristalinidad y, con ello, por ejemplo las propiedades mecánicas de la pieza moldeada. Las temperaturas de masa habituales en el procesamiento de plásticos en masa (PP, PE, PS, etc.) están en un rango entre 220° y 280° C; las temperaturas de herramienta, entre 30° y 120° C. Los plásticos de alto rendimiento (PEEK, PPS, LCP, etc.) requieren temperaturas de masa de hasta 480° C y temperaturas de herramienta de hasta 200° C. El moldeo por inyección de termoplásticos es la base de todos los demás procedimientos de moldeo por inyección y, en la actualidad, el método de transformación de plástico más utilizado.

Las máquinas de moldeo por inyección, incluida la máquina de moldeo por inyección empleada en el presente caso, constan por lo general de dos partes: la unidad de inyección o unidad de plastificación, que prepara el plástico

granulado y lo inyecta en la herramienta bajo presión, y la unidad de cierre, que aloja la herramienta (también llamada molde) y la abre y la cierra.

La pieza principal de la unidad de inyección es el árbol de tornillo sinfín, o simplemente tornillo sinfín, insertado en un cilindro o carcasa. El diámetro interior del cilindro es igual al diámetro exterior del tornillo sinfín. El cilindro también se denomina cilindro del husillo. En la parte posterior del cilindro del husillo se encuentra una tolva en la que se introducen los gránulos de plástico. A través de una abertura (el bloque de llenado), los gránulos pasan lentamente al cilindro. El tornillo sinfín, girado mediante un accionamiento, rota dentro del cilindro y transporta los gránulos hacia delante. En el moldeo por inyección de termoplásticos, el cilindro del husillo se calienta desde el exterior mediante cintas calefactoras eléctricas. Gracias a este calor y a la geometría especial del tornillo sinfín, el granulado no solo se transporta sino también se corta y, al hacerlo, el plástico se funde, se plastifica y homogeneiza. En la punta del cilindro del husillo se encuentra una boquilla, que forma la transición a la herramienta.

Durante el proceso de dosificación, la materia de moldeo se transporta generalmente a través de una válvula antirretorno hasta la boquilla y se acumula delante de esta. Para ofrecer suficiente espacio de retención para la materia del moldeo, al tornillo sinfín se le aplica axialmente solo una presión reducida (presión de retención) a fin de que pueda desplazarse en dirección a la tolva de alimentación y se forme así entre la válvula antirretorno y la boquilla una cámara de reserva antepuesta al tornillo sinfín o antecámara del tornillo sinfín, en la que se encuentra el volumen de masa. La presión de retención actúa contra la masa fundida compactando esta y no retrae el tornillo sinfín. La presión que ejerce la masa fundida hace retroceder el tornillo sinfín.

En el proceso de inyección, se ejerce presión axialmente sobre el tornillo sinfín hacia la boquilla, con lo que la válvula antirretorno se bloquea y, de este modo, el volumen de masa se inyecta en la herramienta a través de la boquilla.

La válvula antirretorno es un componente que forma parte de la máquina de inyección por moldeo. Consta básicamente de un anillo de retención, la punta del tornillo sinfín y un anillo de empuje, y está alojada en la punta del tornillo sinfín de dosificación. La calidad de la pieza moldeada por inyección depende en gran medida de su funcionamiento. Durante el proceso de inyección, la válvula antirretorno impide el reflujo de la masa fundida a los pasos de rosca helicoidales. También permite durante la dosificación el flujo de material del espacio del tornillo sinfín al espacio de relleno. Cuando gira el tornillo sinfín de dosificación, este transporta el material plástico a través de la válvula antirretorno abierta al espacio de relleno, y el tornillo sinfín se mueve axialmente hacia atrás al valor ajustado. Durante la inyección, un sistema hidráulico empuja el tornillo sinfín hacia delante. Entonces, el anillo regulador y el anillo de retención bloquean el camino hacia el tornillo sinfín. El material dosificado se presiona al interior del molde sin pérdida de presión ni de cantidad.

Una vez llenado el molde entre el 90 y el 98 %, se conmuta a presión posterior. Al hacerlo, debe quedar masa en el cilindro (relleno de masa residual) pues de lo contrario la presión no puede actuar sobre la masa. La presión posterior se necesita para compensar la contracción del volumen.

En el procesamiento de termoplásticos se utiliza a menudo el tornillo sinfín de tres zonas. El plástico granulado se introduce en la denominada zona de alimentación y se transporta a la siguiente zona, la zona de compresión, donde el material sintético se plastifica y compacta (y, dado el caso, se desgasifica). La masa fundida se homogeneiza a continuación en la zona de dosificación y, finalmente, se presiona a través de la válvula antirretorno frente al tornillo sinfín, el cual, a causa de la creciente presión de retención en el cilindro, se mueve hacia atrás axialmente.

Del estado de la técnica se conocen diferentes procedimientos y dispositivos para el moldeo por inyección.

Por ejemplo, de la DE 198 03 422 A1 se conocen un procedimiento y un dispositivo para el moldeo por transferencia de plásticos reforzados con fibra.

El procedimiento divulgado prevé la alimentación de un material plástico de partida, por ejemplo un material plástico de partida triturado o granulado, a un dispositivo de plastificación compuesto de una carcasa del extrusor y de un tornillo sinfín de extrusor que gira en torno a un eje longitudinal dentro de la carcasa del extrusor, y la plastificación en una unidad de plastificación y el transporte en dirección a una herramienta de moldeo. En la zona del dispositivo de plastificación, se añade material fibroso a la masa de material sintético plastificado y, al proseguir el transporte en el dispositivo de plastificación se mezcla con la masa de material sintético plastificado. A continuación, la masa plastificada que contiene fibra se conduce a un dispositivo de inyección y se inyecta mediante dicho dispositivo de inyección a través de una boquilla de inyección a una herramienta de moldeo formada por al menos dos piezas y, a continuación, se comprime en la herramienta de moldeo hasta formar una pieza moldeada. El material plástico de partida se alimenta al extrusor pasando por un triturador, añadiéndose, dado el caso, aditivos al material de partida en el triturador.

El dispositivo divulgado para realizar el procedimiento presenta un dispositivo de plastificación con una carcasa del extrusor y un tornillo sinfín del extrusor alojado en la carcasa del extrusor de forma giratoria en torno a un eje longitudinal, un dispositivo de dosificación para material fibroso, un dispositivo de inyección con un cilindro de inyección,

un pistón de inyección y una boquilla de inyección, así como una herramienta de moldeo por presión con dos mitades colocadas de modo que pueden moverse una hacia a la otra. Además, al principio del cilindro del extrusor está alojado un triturador que, por un lado, tritura el material plástico de partida y lo calienta mediante el calor de fricción y, por el otro lado, lo lleva al tornillo sinfín del extrusor del cilindro del extrusor.

Este procedimiento y el dispositivo han probado ciertamente su eficacia, pero no son aptos para el tratamiento de mezclas de plástico, en particular mezclas con al menos un componente de poliéster, porque sobre todo el poliéster es sensible a la humedad natural del aire cuando está próximo a su punto de fusión, lo que significa que se acorta la longitud de cadena de las moléculas por degradación hidrolítica, lo que conlleva alteraciones desventajosas de las propiedades del material, como por ejemplo la disminución de la solidez o cambios de color. Estas influencias desventajosas sobre las características del material no son deseables para el producto final a producir.

Otros tipos de plástico, por ejemplo los poliamidas, corren riesgo de oxidación cuando están próximos a o en su punto de fusión, lo que también conlleva las desventajas arriba mencionadas en cuanto a las propiedades del material o del producto final.

Para evitar estas desventajas, de la EP 390 873 se conoce un dispositivo para el tratamiento de material sintético termoplástico. Este dispositivo presenta un recipiente colector que se puede cerrar, al menos esencialmente, de forma estanca al gas desde arriba mediante una esclusa para el material plástico a introducir. El espacio interior del recipiente colector está conectado con al menos un conducto para la evacuación o alimentación de gas protector de este espacio interior, en un punto situado más alto que el nivel máximo de llenado del recipiente colector, estando dicho conducto conectado a una bomba de aspiración para medio gaseoso o a una bomba para gas protector y estando conectado a la esclusa otro conducto que va a la bomba. Un dispositivo de este tipo lo hace posible, sobre todo el secado y calentamiento, sin garantizar reacciones de descomposición del poliéster. El recipiente colector está dotado convenientemente de una cuchilla trituradora, una paleta agitadora o un agitador de paletas, también estanquizados al gas hacia el interior del recipiente. Además, el orificio de alimentación del triturador al cilindro del extrusor también está configurado de forma estanca al gas. Este dispositivo también ha demostrado su eficacia en la práctica.

Para el tratamiento de mezclas de plásticos, en la WO 01/68345 se describe otra posibilidad más, en concreto un procedimiento de moldeo por transferencia para plásticos compuestos, en particular para mezclas de plásticos que presentan al menos un componente de poliéster y al menos un componente modificador, en particular sus reciclados, así como un dispositivo para realizar este procedimiento, que permite el tratamiento de dicho tipo de mezclas de plásticos manteniendo ampliamente las propiedades del material o bien aprovecha las mejoras conocidas de las propiedades del material de dichas mezclas de plásticos en toda su extensión. En particular cuando los puntos de fusión de uno o varios componentes modificadores se acercan a la temperatura de secado del componente de poliéster, imperante en el interior del recipiente colector, se evitan con ello las posibles concreciones o formación de aglomerado en el dispositivo de tratamiento.

El componente termoplástico de poliéster o la mezcla de PET se calienta y seca en su estado de partida en una estación de pretratamiento, de forma análoga a la EP 390 873. A continuación, se introduce el componente de PET calentado y secado en una unidad de plastificación y se mezcla con al menos un componente modificador. La mezcla del componente termoplástico de poliéster y el componente modificador se homogeneiza en la unidad de plastificación y se descarga como masa fundida en una unidad de inyección y, a continuación, se inyecta en una herramienta de moldeo abierta.

Del estado de la técnica, por ejemplo de la WO 2006079128, de la EP 321 742*, de la* EP 1 273 412 *o de la* US 4.222.728, *se conocen diversos procedimientos y dispositivos, en los que, sin embargo, no existe ninguna conexión directa e inmediata de* “force-feeding” *(alimentación forzada) entre el compresor de corte y el dispositivo de moldeo por inyección con tornillo sinfín.*

El tratamiento de un material plástico en una instalación de moldeo por inyección depende básicamente de los distintos parámetros o propiedades del material alimentado a la instalación de moldeo por inyección, en particular de su viscosidad, cristalinidad, degradación molecular, orientación de la capa superficial, posibles anisótropos, etc. En todos estos parámetros influye decisivamente el tipo de preparación o tratamiento del material antes de la plastificación o de la fusión. Pero también el tipo de fusión y el proceso de inyección influyen en la calidad final del producto final. Naturalmente, en este contexto también hay que tener en cuenta los aspectos prácticos y económicos, como los tiempos de ciclo, etc.

En particular cuando los objetos fabricados de este modo no son productos finales, sino productos intermedios que a su vez van a someterse, por ejemplo, a cambios de forma, por ejemplo preformas, resulta ventajoso que estos productos sean de alta calidad.

El cometido de la presente invención es, por lo tanto, crear un procedimiento con el que se puedan transformar plásticos en productos finales o intermedios de alta calidad, por ejemplo en preformas, mediante un procedimiento de

moldeo por inyección, sin dañarlos y de forma eficiente y económica. Además, se pretende crear un dispositivo adecuado para ello.

Este cometido se resuelve de forma ventajosa mediante las características detalladas en la reivindicación 1 y en la reivindicación 8.

Sorprendentemente, se ha demostrado que mediante el procedimiento conforme a la invención y este dispositivo es posible procesar incluso plásticos sensibles o inestables, en particular los higroscópicos, o plásticos con un elevado contenido de humedad, sin dañarlos. Además, también se pueden secar y, dado el caso, cristalizar simultáneamente en un solo paso los plásticos a reciclar, en particular el ácido poliláctico (PLA), independientemente de su tipo, forma y composición. Asimismo, los plásticos se pueden someter a un reciclaje rápido y con el mayor ahorro energético posible, presentando los productos finales u objetos reciclados, recuperados y fabricados mediante moldeo por inyección altos valores de viscosidad, en particular un grado de viscosidad comparable con los valores de viscosidad del material a reciclar. Por otro lado, con este procedimiento también se pueden tratar plásticos muy sucios o contaminados o muy estampados, en particular con sustancias evaporables, 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 los productos de moldeo por inyección fabricados con la masa fundida, son aptos para los alimentos, es decir, cumplen las normas técnicas sobre alimentos, son aptos para su uso con comestibles o están certificados según el documento ILSI o por la FDA. Las sustancias nocivas, los productos de migración o contaminantes contenidos en el material sin tratar se desprenden, a ser posible en su mayor parte, mediante el procedimiento.

Por lo tanto, con el ventajoso procedimiento se pueden conseguir productos, en particular preformas, con propiedades de alta calidad mediante un dispositivo de construcción sencilla y de procesamiento rápido.

El procedimiento conforme a la invención transcurre en dos fases y abarca en primer lugar un pretratamiento o reacondicionamiento del material sintético termoplástico de partida y, a continuación, su posterior tratamiento en un dispositivo de moldeo por inyección (*injection molding*). Dicho de forma simplificada, un recipiente de tratamiento especial en el que se pretrata el material de partida está conectado con una máquina de moldeo por inyección de configuración especial, con lo que únicamente material pretratado de forma especial y de propiedades especiales va a parar a la máquina de moldeo por inyección, donde se funde e inyecta y moldea.

El primer paso de pretratamiento, reacondicionamiento o reciclaje del material sintético termoplástico en todas sus configuraciones ventajosas se realiza 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 movimientos continuos y/o trituración a temperatura más elevada.

Para mezclar y calentar el material plástico, en el reactor hay al menos una herramienta de trituración o de mezcla, 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, el material polímero se carga con energía mecánica, con lo que se efectúa un calentamiento y una mezcla y movimiento simultáneos del material polímero. El calentamiento se produce mediante la transformación de la energía mecánica aplicada.

El movimiento suave pero constante del material polímero resulta ventajoso. Con ello se evita la aglomeración o el pegado del material en el rango crítico de temperatura, hasta que una cristalización suficiente de la superficie de las partículas evita 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 sin dañarlas. Al mismo tiempo, con el movimiento se favorece el 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 de mezcla en procesos discontinuos.

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).

El reacondicionamiento 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.

Como materiales plásticos a tratar se emplean sobre todo ácido poliláctico (PLA), 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, particularmente a base de almidón o mezclas de almidón termoplástico y plástico. También se usan mezclas de estos materiales plásticos como, por ejemplo, PET/PE, PET/PA o PP/PA.

El material plástico se presenta normalmente en forma de granulado al menos parcialmente cristalizado o no cristalizado o bien amorfo, como producto nuevo 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 moldeo por inyección.

Los parámetros exactos del procedimiento, en particular la temperatura, se orientan por la forma y grosor del material y, naturalmente, por el tipo del polímero en sí.

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, a menudo basta con que el procedimiento se realice bajo presión ambiente, es decir, sin vacío. El reactor presenta también las características mencionadas arriba.

El procedimiento también se puede realizar en dos fases. Por ejemplo, se puede alimentar una mezcla de gránulos o copos cristalizados y no cristalizados a modo de material a purificar al 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.

Para poder realizar el primer paso del procedimiento conforme a la invención de forma ventajosa se puede emplear, por ejemplo, un dispositivo que presente un recipiente para el material plástico a procesar, en el que se introduce el material a través de un orificio de introducción y del que se saca 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 en torno a 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 un conducto conectado al recipiente para crear vacío o bien para introducir gas en el interior del recipiente. Un dispositivo de esta índole se ha llevado a la práctica, por ejemplo, como reactor VACUREMA o como reactor EREMA PC.

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.

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 ya antes de la plastificación para evitar la degradación.

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 un rango de temperatura para el que solo está permitido el material cristalizado: el material amorfo se volvería pegajoso y, con ello, se aglutinaría.

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 alimentado a la instalación de moldeo por inyección.

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, están colocados dos o más recipientes en serie, y el material plástico a procesar debe pasar por esta serie de recipientes consecutivamente. 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 o a la instalación de moldeo por inyección y, a través del tornillo sinfín de descarga, al extrusor o similar conectado.

En este caso, estas ventajas también se garantizan cuando en el segundo o bien en un recipiente siguiente se produce un 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 estanquización.

Las condiciones 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 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. Con ello, se consigue una hermetización completa entre los dos recipientes, con lo que se evitan totalmente las pérdidas de vacío o de 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. En dichas instalaciones, los recipientes se pueden colocar, por lo tanto, a la misma altura por regla general. 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.

Como se ha descrito, este primer paso del procedimiento puede realizarse también en dos fases de forma ventajosa 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 de trituración en energía térmica debido a las pérdidas de fricción producidas.

En el transcurso del tratamiento principal en el dispositivo de tratamiento principal, el material se sigue secando, descontaminando 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 una 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.

También se utilizan en la práctica *dispositivos como los descritos en los documentos* EP 123 771, EP 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 y se conocen, por ejemplo, como “EREMA Kunststoff Recycling System PC” o como “ein- oder zweistufige VACUREMA-Anlagen”.

Tras el tratamiento o pretratamiento del material plástico se efectúa a modo de segunda fase del procedimiento conforme a la invención la plastificación del material plástico descargado del recipiente de tratamiento, así como el moldeo por inyección en el dispositivo de moldeo por inyección.

La plastificación se realiza mediante un extrusor de la instalación de moldeo por inyección conectado directamente con el dispositivo de tratamiento principal o con el compresor de corte. Debido a la conexión directa y estanca al vacío, el vacío puede actuar en el dispositivo de tratamiento principal sobre la zona de entrada del extrusor. El extrusor presenta a menudo una zona de plastificación, a la que está conectada una zona de compresión y de retención. A esta zona de retención se puede conectar una zona de desgasificación o de evacuación, en la que se extraen por aspiración 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.

Con la correspondiente selección de las temperaturas y tiempos de permanencia en el pretratamiento y en el tratamiento principal, se puede regular el valor de viscosidad de la masa fundida extraída del extrusor y de los productos de moldeo por inyección fabricados 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.

Las máquinas de moldeo por inyección se conocen como máquinas de moldeo por inyección con émbolo, máquinas de moldeo por inyección con émbolo de tornillo sinfín (o tornillo reciprocante) o máquinas de moldeo por inyección con husillo. Hasta 1956, se utilizaban principalmente máquinas de moldeo por inyección con émbolo. La máquina de moldeo por inyección con émbolo de tornillo sinfín habitual hoy en día se alimenta básicamente con plásticos en forma de gránulos que pasan a través de una tolva a los pasos de rosca helicoidales, y los tritura y corta. El calor por fricción que se genera con ello se encarga, junto con el calor aportado por el cilindro calefactado, de que la masa fundida sea relativamente homogénea. Esta se acumula delante de la punta del tornillo sinfín, el cual retrocede. En la fase de inyección, el tornillo sinfín se somete a presión por la parte posterior hidráulicamente o mediante fuerza mecánica. Con ello, la masa fundida sometida a alta presión (generalmente entre 500 y 2000 bares), a diferencia del moldeo por transferencia, se presiona a través de la válvula antirretorno, la boquilla presionada contra la herramienta de moldeo por inyección, dado el caso un sistema de canal caliente (habitual en las herramientas en serie modernas) y el canal de alimentación a la cavidad moldeadora de la herramienta temperada de moldeo por inyección. Una presión reducida actúa como presión posterior sobre la masa fundida hasta que el punto de inyección (bebedero) se solidifica (congela). Con ello, se compensa ampliamente la contracción del volumen que se produce al enfriarse. Gracias a esta medida, se logra la estabilidad dimensional y la calidad de superficie deseada. A continuación, comienza la rotación del tornillo sinfín. Mientras que, de esta manera, se prepara la masa a inyectar para hacer la próxima pieza, la pieza moldeada puede seguir enfriándose en la herramienta hasta que el alma (núcleo líquido) esté solidificada. La herramienta se abre y expulsa la pieza moldeada acabada.

La plastificación de los gránulos mediante el movimiento giratorio del tornillo sinfín, con la ayuda, dado el caso, de las cintas calefactoras externas, garantiza una distribución muy homogénea de la temperatura. La inyección se efectúa, como ya se ha dicho, mediante el movimiento axial del propio tornillo sinfín. Con ello, el tornillo sinfín actúa también a modo de pistón o émbolo. Resultan ventajosas la alta calidad de las piezas moldeadas, la corta duración del ciclo y la posibilidad de producir piezas moldeadas grandes.

La unidad de cierre debe mantener cerrada la herramienta de moldeo por inyección partida, contrarrestando el efecto de la presión de inyección y la presión posterior. Una vez transcurrido el tiempo de enfriamiento residual, debe abrir el molde y volver a cerrarlo tras la expulsión de la pieza moldeada acabada. La unidad de cierre suele estar dotada de dispositivos auxiliares (expulsores) para eyectar mejor la pieza acabada.

Mediante el mando se ajustan todos los parámetros de procesamiento relevantes. Simultáneamente se encarga de vigilar el proceso completo durante la producción que tiene lugar en modo automático.

El procedimiento de moldeo por inyección se puede dividir básicamente en los siguientes pasos:

- Proceso de dosificación y plastificación
- Inyección y presión posterior hasta el punto de sellado
- Proceso de enfriamiento
- Proceso de eyección

La inyección de la masa fundida se realiza mediante el avance, generalmente hidráulico, del tornillo sinfín, que presenta delante de la boquilla una válvula antirretorno anular, de modo que la masa fundida no puede retroceder a los canales del tornillo sinfín a causa de la contrapresión. Esta velocidad de avance está regulada, lo que produce un flujo determinado de masa fundida o “velocidad de inyección”. La velocidad de inyección normalmente se puede regular en varias etapas con diferentes niveles, lo que forma el “perfil de velocidades de inyección”.

En principio, la masa fundida se inyecta a la mayor velocidad permitida en la cavidad, si bien es necesario mantener la velocidad de inyección dentro de unos límites para evitar dañar el material. Para volúmenes determinados de inyección, se puede hacer un cálculo aproximado del correspondiente tiempo de llenado a partir de la velocidad de inyección ideal, en función de la viscosidad de la masa fundida. Dicho tiempo de llenado viene predeterminado en forma de tabla y se aplica como valor de control en casos concretos.

Esta velocidad de inyección únicamente puede alcanzarse cuando se aplica una presión hidráulica suficiente. La presión hidráulica debe mantenerse lo más baja posible para no dañar las válvulas reguladoras, pero, por supuesto, debe ser suficiente para conseguir la velocidad de inyección predeterminada.

La masa fundida inyectada en el molde se enfría rápidamente en la herramienta y, al hacerlo, experimenta una contracción del volumen que debe compensarse en la mayor medida posible mediante la presión posterior. No obstante, la presión necesaria para ello no debe provocar en el componente tensiones internas innecesariamente altas. También se debe evitar el exceso de inyección conmutando en el momento debido de presión de inyección a presión posterior (cuando el grado de llenado del molde es aprox. del 98 %). Cuando la presión de inyección actúa en su totalidad en la herramienta, se producen fuertes cargas sobre la herramienta y la unidad de cierre, lo que podría producir que el plano de separación se abra un poco debido a la presión interna excesiva, y la masa fundida pase al espacio intermedio (“dosificación excesiva”, formación de “rebabas”).

Mediante el enfriamiento constante de la masa fundida en la herramienta, allí donde las paredes son delgadas, en particular en el punto de alimentación, se produce en algún momento la congelación de la masa fundida, de modo que mediante la presión posterior ya no se puede transportar más masa fundida a la cavidad. En este momento, se puede desconectar la presión posterior.

Cuando el peso de la pieza moldeada ya no varía, se ha alcanzado el punto de sellado, es decir, el tiempo máximo de presión posterior necesario y/o la presión posterior necesaria. Para evitar las tensiones internas, preferentemente no se aplica una presión posterior constante sino un perfil de presiones posteriores, que, partiendo de la presión posterior máxima se reduce en dos o tres etapas.

La masa fundida inyectada se pone a disposición en la antecámara del tornillo sinfín, delante de la válvula antirretorno. En la unidad de inyección se efectúa la plastificación de los gránulos mediante una combinación de convección del calor producido por las paredes calefactadas del cilindro y el calor de la fricción que se crea con el giro del tornillo sinfín. La rotación del tornillo sinfín produce el transporte de la masa en fusión a esta antecámara del tornillo sinfín, retrayéndose el tornillo sinfín mediante la presión generada en la antecámara del tornillo sinfín en la medida en que esta se forma con el transporte.

Al hacerlo, se puede mejorar la homogeneización de la masa fundida aumentando la fricción del tornillo sinfín, por ejemplo bajo el efecto de una contrapresión (“presión de retención”) que se aplica al tornillo sinfín o mediante el aumento de la velocidad de rotación del tornillo sinfín (velocidad periférica).

Una fricción excesiva del tornillo sinfín produce una carga mecánica en la masa fundida que puede provocar la degradación del plástico, por lo que debe limitarse. Como valor de orientación se indica una velocidad perimetral máxima de entre 0,2 y 0,3 m/s. En caso de que la velocidad perimetral no se pueda ajustar directamente en el mando de la máquina, la correspondiente velocidad de rotación del tornillo sinfín puede consultarse en la fig. 14 [sic].

Para favorecer una fusión uniforme se emplea normalmente una presión de 40 a 150 bares. En los tornillos sinfín más cortos (la relación L/D es determinante), la presión de retención seleccionada debe ser algo más alta que en los tornillos sinfín más largos, los cuales permiten de entrada un calentamiento y homogeneización más uniformes. Los tornillos sinfín convencionales tienen una relación L/D de entre 18 y 22.

Para la eyección de la pieza moldeada, esta debe haberse enfriado suficientemente. Las temperaturas de eyección dependen del material y vienen predeterminadas por el fabricante del mismo. En cualquier caso, tras la eyección no debe producirse ninguna deformación posterior o deformación plástica de las piezas, p. ej. debido a los pernos de expulsión.

El tiempo de enfriamiento necesario para ello se compone del tiempo de dosificación y del tiempo de enfriamiento residual. Lo ideal es que el tiempo de dosificación sea suficiente para que se enfríe a la temperatura de eyección. Sin embargo, a menudo se debe prever un tiempo de enfriamiento residual adicional que prolonga correspondientemente el tiempo de ciclo. Para el tiempo de enfriamiento son esenciales la temperatura de la herramienta, la temperatura de la masa durante la inyección, el material de la herramienta (conductividad térmica), el tipo de plástico (conductividad térmica y transmisión del calor) o bien el espesor de pared de la pieza moldeada. En general, lo que más influye es el espesor de pared. Se puede consultar el tiempo de enfriamiento de un material concreto en función del espesor de pared en los diagramas del fabricante del material.

Mediante la presente combinación ventajosa de estos dos pasos del procedimiento especiales o mediante el acoplamiento entre sí de los dos dispositivos especialmente acondicionados, se pueden obtener de forma sencilla productos de alta calidad.

Según la invención, se combina un compresor de corte de funcionamiento continuo con un dispositivo axial de moldeo por inyección con tornillo sinfín de funcionamiento discontinuo, estando el compresor de corte conectado de forma directa, inmediata y sin fase intermedia al dispositivo de moldeo por inyección.

En un tratamiento de material plástico en el que, al igual que en el caso de la presente invención, el material no solo se mezcla de forma suelta sino que también se calienta y, como está previsto en la reivindicación 1, se lleva a un estado reblandecido y pegajoso pero aún fragmentado, el material polímero pretratado de esta manera no se puede introducir a través de una tolva abierta suelto o en flujo libre en la unidad de moldeo por inyección con tornillo sinfín. Precisamente en las instalaciones de moldeo por inyección con tornillo, la alimentación es decisiva, entre otras cosas, para una ejecución óptima del procedimiento, ya que los materiales plásticos pretratados de esta forma presentan una densidad de empaquetamiento elevada en comparación con los copos no pretratados.

Por lo tanto, es necesario insertar o bien introducir a presión el material polímero pretratado y acondicionado en la zona de entrada del dispositivo de moldeo por inyección con tornillo desde el compresor de corte directa e inmediatamente mediante *force-feeding* para alcanzar el grado de llenado deseado. Esto permite, por un lado, procesar incluso plásticos sensibles o inestables, por ejemplo los plásticos higroscópicos o plásticos con un alto contenido de humedad, sin dañarlos y manteniendo su calidad, ya que precisamente en este estado reblandecido y calentado, las partículas de plástico fragmentadas de superficie más elevada son muy propensas a la oxidación o a los procesos de degradación hidrolítica.

Mediante este *force-feeding* o la combinación directa e inmediata o la conexión directa e inmediata del compresor de corte con el dispositivo de moldeo por inyección, el material tratado, debido al movimiento provocado por las herramientas de mezcla en el compresor de corte, se ve forzado hacia el dispositivo de moldeo por inyección, con lo que se consigue un mayor grado de llenado en la zona de entrada de la carcasa de moldeo por inyección, ya que los copos reblandecidos tienen una densidad de empaquetamiento más elevada que los copos sin pretratar. Esto tiene como consecuencia, por un lado, que el tornillo sinfín del aparato de moldeo por inyección pueda ser más corto, con lo que también se acortan los tiempos de ciclo del moldeo por inyección y con lo que, por otro lado, el proceso completo puede tener lugar con mayor rapidez.

Dicho tipo de dispositivos combinados se emplea en la práctica principalmente para la fabricación de botellas nuevas de PET a partir de botellas de PET viejas. El proceso transcurre básicamente de forma que las botellas de PET usadas a reciclar se suministran, dado el caso se someten previamente a un lavado a fondo y, a continuación, se introducen en el compresor de corte. Para eliminar los contaminantes u olores desagradables del material, por un lado, y, por otro lado, mantener la calidad del material de PET, que como es sabido es sensible a la humedad, e incluso, dado el caso, aumentarla aún más mediante el incremento de la viscosidad, es imprescindible realizar el correspondiente reacondicionamiento o tratamiento. Por lo general, no basta con una sencilla mezcla y trituración de las botellas de PET. En el transcurso del tratamiento se aumenta, entre otros, la temperatura, y las partículas de polímero se llevan a un estado reblandecido pero aún fragmentado y se mantienen en este estado durante un tiempo de permanencia determinado. Solo así puede garantizarse que, como mencionado más arriba, el producto final resultante sea apto para el uso alimentario y cumpla los requisitos de calidad.

Sobre todo en la producción en masa de mercancías como las botellas de PET o similares, el tiempo de fabricación a alcanzar por botella es esencial para la eficiencia de la instalación. El tiempo de fabricación de botellas de PET oscila en las instalaciones estándar entre unos 8 y 10 segundos por botella. Este tipo de botellas de PET, como ya se ha mencionado, a menudo se fabrica mediante moldeo por inyección.

Mediante la instalación combinada conforme a la invención, es posible reducir en algo más de 2 segundos el tiempo de fabricación necesario para una botella, lo que significa un ahorro de tiempo de más del 20 %. Sobre todo en la producción en masa, es también esencial que las aceleraciones del proceso sean reducidas, lo que conlleva un sustancial abaratamiento.

En las reivindicaciones subordinadas se describen otras ejecuciones ventajosas del procedimiento, así como configuraciones ventajosas del dispositivo.

Gracias a que el tornillo sinfín inyecta la masa fundida acumulada en un espacio de retención situado ante la boquilla directamente mediante su desplazamiento axial bajo alta presión en el molde de inyección o a que el tornillo sinfín actúa o está configurado a modo de émbolo generador de (alta) presión para la masa fundida, se crea un procedimiento económico y sencillo o bien un dispositivo económico y sencillo.

Puesto que el tornillo sinfín presiona la masa fundida mediante su desplazamiento axial con una presión más baja a un *Shooting pot* (cilindro de inyección) separado espacialmente de la carcasa pero conectado en flujo con esta o

bien se inyecta la masa fundida desde allí mediante un émbolo, en particular un émbolo conectable adicionalmente y de forma independiente del tornillo sinfín, bajo alta presión en un molde de inyección, o bien mediante un dispositivo de este tipo con un *Shooting pot* separado constructivamente, se aumenta el caudal al acortar el tiempo de ciclo.

Gracias a que todos los pasos de procesamiento o bien a que el pretratamiento o tratamiento y/o transferencia y/o el moldeo por inyección del material se efectúan bajo vacío o gas protector, se puede evitar una degradación oxidativa o hidrolítica.

En este contexto, es especialmente ventajoso y de fácil construcción que la carcasa presente un orificio de alimentación con el que esté conectada a un orificio de descarga del recipiente colector, por ejemplo radial o tangencialmente, en particular directamente, preferentemente a prueba de gas o de vacío, estando dispuesto el orificio de descarga preferentemente en la pared lateral del recipiente colector, cerca de la superficie de su base, en particular a la altura de la herramienta de mezcla.

Además resulta ventajoso prever, en particular entre el tornillo sinfín y el molde de inyección, al menos un filtro de masa fundida y/o que el dispositivo de moldeo por inyección con tornillo incluya un sistema de bloqueo del retroceso, en particular en forma de una válvula de retención dispuesta entre el *Shooting pot* y el tornillo sinfín y/o en el canal.

La invención se describe a modo de ejemplo y de forma no excluyente mediante las siguientes formas de ejecución ventajosas:

La fig. 1 muestra una primera forma de ejecución del dispositivo conforme a la invención sin *Shooting pot*

La fig. 2 muestra una segunda forma de ejecución del dispositivo conforme a la invención con *Shooting pot*

El dispositivo conforme a la fig. 1 consta básicamente de un reactor o compresor de corte 1 y de un dispositivo de moldeo por inyección con tornillo 10 conectado a este directamente, en particular de forma estanca al vacío, representado en parte y también descrito anteriormente en detalle. Mediante esta combinación ventajosa, se pueden fabricar preformas de materiales plásticos, por ejemplo de materiales de PET, p. ej., a partir de copos.

Para mezclar y calentar el material plástico, en el reactor 1 - este reactor o compresor de corte 1 y su modo de funcionar ya se han descrito previamente con detalle, por lo que se hace referencia a dicha descripción – está dispuesta de forma giratoria en torno a un eje vertical 8 una herramienta de trituración o de mezcla 12 con cantos de trabajo que ejercen una acción trituradora o de mezcla en el material. Mediante estas herramientas de trituración o mezcla, el material polímero introducido en el compresor de corte 1 se mezcla y se carga con energía mecánica, con lo que se produce un calentamiento, pero no la fusión, y una mezcla y movimiento simultáneos del material polímero. El tratamiento se efectúa bajo vacío. Con ello se asegura tanto el secado de materiales higroscópicos, como por ejemplo el PET, PLA, etc., como también se alcanza una posible cristalización de materiales amorfos, como p. ej. el PS, así como una destoxificación o descontaminación. También se puede aumentar la viscosidad límite mediante la alimentación del reactor 1 con copos de PET presecados, por ejemplo en un sistema de dos fases. Después de este pretratamiento, el material se alimenta al dispositivo de moldeo por inyección con tornillo 10.

El dispositivo de moldeo por inyección conectado al compresor de corte 1 es un denominado dispositivo de moldeo por inyección con tornillo 10. Tanto este como su modo de funcionar se han descrito también previamente en detalle, a lo cual se hace referencia. El dispositivo de moldeo por inyección con tornillo 10 comprende un tornillo sinfín 16 alojado en una carcasa 17. En la fig. 1 está representada una forma de ejecución sin *Shooting pot* 35, y en la fig. 2 una forma de ejecución con *Shooting pot* 35. El orificio de alimentación 27 del tornillo sinfín 16 está situado aproximadamente a la altura de la herramienta de mezcla 12 o bien a la distancia de la herramienta de mezcla 12 con respecto a la base, y está provisto preferentemente de al menos un conducto conectado al compresor de corte 1 para generar vacío o aplicar gas en el interior del recipiente. El orificio de alimentación 27 está conectado tangencialmente, de forma estanca al gas o al vacío y directamente a un orificio de descarga 15 del recipiente colector 1. Además, la carcasa 17 del tornillo sinfín 16 está configurada a prueba de gas en dirección al accionamiento 20. En dirección al molde de inyección, la masa fundida se cierra herméticamente de todos modos.

Las máquinas de moldeo por inyección constan generalmente de dos partes, en concreto de la unidad de inyección o unidad de plastificación, que trata los gránulos de plástico y los inyecta bajo presión en la herramienta, y de la unidad de cierre, que aloja la herramienta y la abre y la cierra. En las figs. 1 y 2, únicamente está representada la unidad de inyección o de plastificación.

El diámetro interior de la carcasa 17 es igual al diámetro exterior del tornillo sinfín 16. El compresor de corte 1 está dispuesto en la zona posterior de la carcasa 17. El tornillo sinfín 16 se acciona mediante un motor 20.

A través del orificio de alimentación 27, el material pretratado, calentado o reblandecido, pero aún fragmentado, va a parar al interior de la carcasa 17. El tornillo sinfín 16 girado por el accionamiento 20 rota dentro de la carcasa 17 y transporta el material hacia delante. En el moldeo por inyección de termoplásticos, la carcasa 17 se calienta, dado el

caso, mediante cintas calefactoras eléctricas desde el exterior. Mediante este calor y la geometría especial del tornillo sinfín 16, los gránulos no solo se transportan sino también se cortan, con lo que el plástico se funde, plastifica y homogeneiza.

En la punta de la carcasa se encuentra una boquilla 25, no representada en la fig. 1, que forma la transición a la herramienta.

Durante el proceso de dosificación, la materia de moldeo fundida generalmente se transporta a través de una válvula antirretorno, en caso de haber una, hasta la boquilla 25 y se acumula delante de ella en un espacio de retención 26. Para ofrecer suficiente espacio de retención 26 para la materia de moldeo, al tornillo sinfín 16 solo se le aplica axialmente una presión reducida (presión de retención), de modo que este se puede desplazar hacia atrás en dirección al compresor de corte 1 o al motor 20 (véanse las flechas), formándose así entre la válvula antirretorno y la boquilla 25 una denominada antecámara del tornillo sinfín 26, en la que se encuentra el volumen de masa. La presión de retención actúa contra la masa fundida compactándola y no retrae el tornillo sinfín 16. La presión que ejerce la masa fundida hace retroceder al tornillo sinfín 16.

En el siguiente proceso de inyección, se presiona el tornillo sinfín 16 axialmente hacia la boquilla 25, con lo que la válvula antirretorno se cierra y así el volumen de masa se inyecta en la herramienta a través de la boquilla 25.

El dispositivo de moldeo por inyección con tornillo 10 funciona, por lo tanto, en proceso discontinuo y, a diferencia de en la fig. 2, no presenta ningún *Shooting pot* 35.

Esta forma de ejecución representa un tipo de construcción simple y barato. Dado el caso, también se pueden prever filtros para filtrar la masa fundida.

En la fig. 2 está representada otra forma de ejecución que garantiza un mayor caudal. En ella, el tornillo sinfín 16 presiona el material fundido fuera de la carcasa 17 a través de un canal 37, dotado, dado el caso, de una válvula de retención, a un *Shooting pot* 35 antepuesto, y desde allí se inyecta mediante un émbolo 36, que actúa independientemente del tornillo sinfín 16, en el molde a través de la boquilla 25 a alta presión.

En este caso, el tiempo de inyección se emplea para generar masa fundida en el tornillo sinfín, con lo que se reducen los tiempos de ciclo.

En ambos casos, el compresor de corte 1 funciona de forma continua y el extrusor de moldeo por inyección 10 de forma discontinua. También se pueden prever dispositivos para filtrar la masa fundida.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el moldeo por inyección de material sintético, en particular termoplástico, en el que el material plástico de partida a tratar, en particular presente en forma de partículas o copos de polímero en estado fragmentado o en forma de partículas, se somete en primer lugar a un pretratamiento o procesamiento, calentándose y ablandándose el material plástico en al menos un compresor de corte (1) que funciona de forma continua bajo constante mezcla o movimiento y, dado el caso, a una trituración a una temperatura por debajo de la temperatura de fusión, preferentemente por encima de la temperatura de transición vítrea, del material plástico, empleándose para la mezcla y calentamiento del material plástico al menos una herramienta de mezcla o de trituración (12), con cantos de trabajo que actúan sobre el material triturándolo y/o mezclándolo, llevándose el así el pretratado y ablandado, pero aún fragmentado, material plástico directa e inmediatamente y sin fase intermedia a un dispositivo de moldeo por inyección con tornillo (10) que funciona de forma discontinua, conectado con el compresor de corte (1) directa e inmediatamente y que presenta un tornillo sinfín (16), que rota en el interior de una carcasa (17) y puede desplazarse dentro de ella axialmente o actuar a modo de émbolo, donde se plastifica y se inyecta para generar una pieza moldeada, por ejemplo una preforma, **caracterizado por que** el material plástico se inserta a presión en la zona de entrada del dispositivo de moldeo por inyección con tornillo (10) mediante *force-feeding* debido al movimiento de la herramienta de mezcla o de trituración (12).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el tornillo sinfín (16), mediante su desplazamiento axial, inyecta bajo alta presión la masa fundida directamente en un molde de inyección o bien por que el tornillo sinfín (16) actúa a modo de émbolo generador de (alta) presión para la masa fundida.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el tornillo sinfín (16) presiona la masa fundida mediante su desplazamiento axial a presión más baja a un *Shooting pot* (35) separado espacialmente de la carcasa (17) pero conectado con esta en flujo, y por que la masa fundida se inyecta desde allí bajo alta presión en un molde de inyección mediante un émbolo (36), en particular un émbolo conectable adicionalmente de forma independiente del tornillo sinfín (16).

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones de la 1 a la 3, **caracterizado por que** todos los pasos de procesamiento o bien el pretratamiento o tratamiento y/o la transferencia y/o el moldeo por inyección del material se efectúan bajo vacío o gas protector.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones de la 1 a la 4, **caracterizado por que** la masa fundida se filtra en el dispositivo de moldeo por inyección con tornillo (10).

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones de la 1 a la 5, **caracterizado por que** el calentamiento se produce mediante la carga del material con energía mecánica a través de la herramienta de mezcla o de trituración (12).

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones de la 1 a la 6, **caracterizado por que** el material plástico, simultáneamente con el calentamiento, se cristaliza, seca y/o purifica y/o se aumenta su viscosidad límite, en particular en un solo paso, dentro del compresor del corte (1).

8. Dispositivo para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones de la 1 a la 7, con al menos un compresor de corte (1), en particular básicamente cilíndrico y que presenta una superficie de base (3) y una pared lateral (2), que funciona en proceso continuo, en el que está dispuesta al menos una herramienta de mezcla o de trituración (12) mediante la cual el material a tratar introducido en el compresor de corte (1) se puede mezclar, calentar, ablandar y, dado el caso, triturar, estando conectado directamente al compresor de corte (1) un dispositivo de moldeo por inyección con tornillo (10) que funciona en proceso discontinuo, presentando el dispositivo de moldeo por inyección con tornillo (10) un tornillo sinfín (16) giratorio dentro de una carcasa (17) para la extracción del material pretratado del compresor de corte (1) y para la subsiguiente plastificación del material, estando alojado dicho tornillo sinfín (16) de forma desplazable axialmente dentro de la carcasa (17) y actuando este como émbolo generador de presión para la masa fundida, **caracterizado por que** la carcasa (17) del dispositivo de moldeo por inyección con tornillo (10) presenta un orificio de alimentación (27) con el que está conectada directa e inmediatamente y sin fase intermedia a un orificio de descarga (15) del compresor de corte (1) y por que la herramienta de mezcla o de trituración (12), el orificio de descarga (15) y el dispositivo de moldeo por inyección con tornillo (10) están dispuestos de tal modo que el material plástico tratado se puede insertar a presión mediante *force-feeding* en el orificio de alimentación (27) del dispositivo de moldeo por inyección con tornillo (10).

9. Dispositivo según la reivindicación 8, **caracterizado por que** la carcasa (17) está conectada radial o tangencialmente, preferentemente de forma estanca al gas o al vacío, al orificio de descarga (15) del compresor de corte (1) mediante el orificio de alimentación (27), estando dispuesto el orificio de descarga (15) preferentemente en la pared lateral (2) del compresor de corte (1), cerca de la superficie de su base (3), en particular a la altura de la herramienta de mezcla o de trituración (12).

10. Dispositivo según la reivindicación 8 o 9, **caracterizado por que** el tornillo sinfín (16), mediante su desplazamiento axial, inyecta directamente y bajo alta presión la masa fundida que se acumula en un espacio de retención (26) delante de la boquilla (25) a un molde de inyección a través de la boquilla (25).

11. Dispositivo según una de las reivindicaciones de la 8 a la 10, **caracterizado por que** está previsto un *Shooting pot* (35) dispuesto a continuación de la carcasa (17), en particular conectado técnicamente en flujo con la carcasa (17) a través de un canal (37), dado el caso separado constructivamente, y por que el tornillo sinfín (16) presiona la masa fundida, en particular mediante su desplazamiento axial, a este *Shooting pot* (35) a baja presión, estando previsto en el *Shooting pot* (35) al menos un émbolo (36) mediante el cual la masa fundida se inyecta desde el *Shooting pot* (35) a alta presión al interior de un molde de inyección.

12. Dispositivo según una de las reivindicaciones de la 8 a la 11, **caracterizado por que** el dispositivo de moldeo por inyección con tornillo (10) comprende al menos un bloqueo de retroceso, en particular en forma de una válvula de retención dispuesta entre el *Shooting pot* (35) y el tornillo sinfín (16) y/o en el canal (37).

13. Dispositivo según una de las reivindicaciones de la 8 a la 12, **caracterizado por que** está dispuesto al menos un filtro de masa fundida, en particular entre el tornillo sinfín (16) y el molde de inyección.

14. Dispositivo según una de las reivindicaciones de la 8 a la 13, **caracterizado por que** la herramienta de mezcla o de trituración (12) puede girar en torno a un eje vertical y/o por que está dispuesta en varios niveles superpuestos.

Fig.1

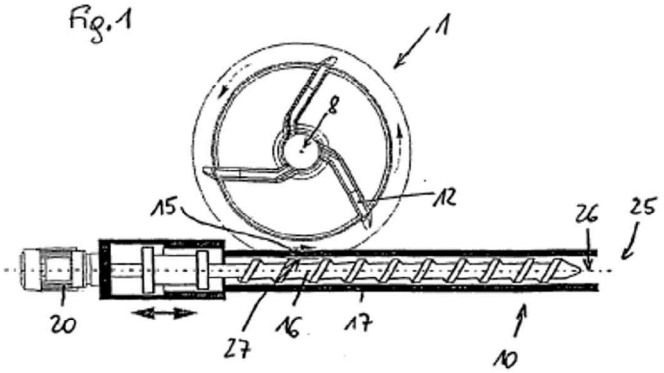
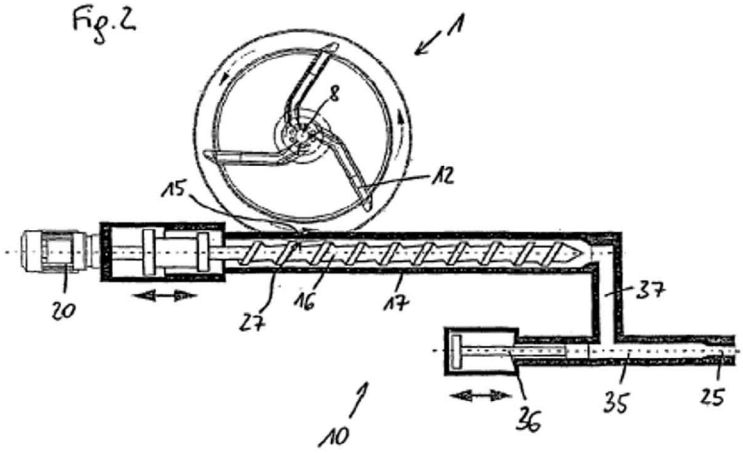
Fig.2