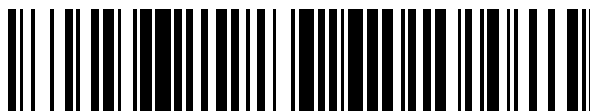


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 761 919**

51 Int. Cl.:

B29C 48/315 (2009.01)

B29C 48/25 (2009.01)

B29C 48/92 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.07.2013 PCT/EP2013/066075**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.02.2014 WO14023625**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2013 E 13744527 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019 EP 2882582**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para el control de un proceso de extrusión**

30 Prioridad:

08.08.2012 DE 102012214110

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

21.05.2020

73 Titular/es:

**POLYMER COMPETENCE CENTER LEOBEN
GMBH (100.0%)
Roseggerstrasse 12
8700 Leoben, AT**

72 Inventor/es:

**LANGECKER, GÜNTER y
GEISSLER, BERND**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 761 919 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

Dispositivo y procedimiento para el control de un proceso de extrusión

5 Campo técnico

La invención se refiere a un procedimiento para controlar un proceso de extrusión, en particular un proceso de espumado por extrusión, un dispositivo de extrusión, un elemento de programa y un medio legible por ordenador.

10 Antecedentes

Por el estado de la técnica, se conoce una pluralidad de equipos de extrusión que son adecuados, por ejemplo, para fabricar láminas u planchas finas mediante un proceso de espumado. Para formar una lámina uniforme, los dispositivos de extrusión presentan una boquilla de ranura ancha, en la que se dispone una denominada barra de restricción para distribuir la masa de extrusión o el fundido de polímero de manera uniforme o para definir una longitud de trayectoria uniforme en todo el ancho de la boquilla de ranura ancha. Dado que se necesitan espumas con diferentes propiedades o hechas de diferentes materiales dependiendo de la aplicación deseada, los equipos de extrusión deben ser adaptados para cada una de estas espumas, por ejemplo, seleccionando la correspondiente boquilla de ranura ancha.

20 El documento EP 1 543 938 A1 desvela una forma de formación de espuma que presenta una entrada, una parte hueca y un canal, estando dispuestos dos cuerpos giratorios, cuya periferia exterior está formada esencialmente en forma de un verdadero círculo en la sección transversal, en una sección final del canal y estando estrechado el extremo del canal por medio de estos cuerpos giratorios para formar una parte de descarga.

25 El documento EP 1 254 755 A1 revela un molde plano y un procedimiento de moldeo usando el mismo, el molde plano que tiene una entrada para el suministro de resina fundida de una extrusora al molde, por lo tanto, una porción receptora y cuerpos giratorios que se forman entre una porción hueca y una salida.

30 El documento JP H10278093 A desvela un regulador de caudal para un cabezal de molde. Las barras reguladoras de caudal se proporcionan de forma giratoria a través de un canal de resina y varían el caudal en dirección axial.

35 El documento DE10 2007 056 121 B3 desvela una boquilla de ranura ancha y una instalación para recubrir con material de recubrimiento termoplástico, presentando la boquilla de ranura ancha dos cuerpos de boquilla que se pueden desplazar y/o pivotar relativamente entre sí por medio de un accionamiento, por lo que la anchura de la boca de la boquilla es ajustable. La salida del material de recubrimiento de la boquilla de ranura ancha se puede cerrar mediante estructuras en el canal de la boquilla.

40 El documento JP H08267535 A desvela un molde de extrusión y un procedimiento para controlar el caudal, estando equipado el molde de extrusión y el procedimiento con un aparato de control de caudal que tiene la forma de un elemento desviador de caudal que se extiende de manera que corta transversalmente el paso de caudal.

45 El documento WO 01/60584 A1 desvela un dispositivo de extrusión que tiene un inductor de flujo dinámico que comprende un elemento móvil, por ejemplo, una barra giratoria, que está dispuesta transversalmente en relación con el flujo de fluido a través de la boca de descarga. A medida que el líquido extrudible pasa a través de la boca de descarga, el movimiento del inductor de flujo dinámico induce la acumulación de contaminantes, evitando así la obstrucción del dispositivo de extrusión.

50 El documento DD 255 129 A1 desvela una herramienta de ranura ancha con un dispositivo de restricción para la fabricación de planchas extruidas anchas tales como láminas, láminas, componentes de neumáticos y protectores de material plástico por extrusión. En la herramienta de ranura ancha están montados rodillos de restricción con cortes de sección circular a lo largo de todo el ancho del contorno y transversalmente con respecto al flujo de material. Los rodillos de restricción constan de al menos dos segmentos que pueden girar de manera independiente entre sí desde el exterior para ajustar diferentes alturas de canal y, por lo tanto, diferentes resistencias de flujo en la cavidad de contorno de la herramienta de ranura ancha.

55 Un ejemplo de un dispositivo de extrusión se conoce, por ejemplo, por el documento WO 01/60584 A1. El dispositivo de extrusión presenta un canal de distribución con una boca de salida y un influenciador de flujo dinámico dispuesto en él. El influenciador de flujo presenta un elemento móvil que está dispuesto transversalmente a la dirección del flujo de un fluido que fluye a través de la boca de salida. A medida que el fluido fluye a través de la boca de salida, el movimiento del influenciador de flujo dinámico evita que el canal de distribución se llene o se obstruya con contaminantes o con fluido.

60 Resumen

65 Puede haber una necesidad de crear un procedimiento para controlar un proceso de extrusión, en particular un

proceso de espumado por extrusión, un dispositivo de extrusión, un elemento de programa y un medio legible por ordenador que permita un control flexible y un uso flexible de los dispositivos de extrusión, en particular los que permiten fabricar, en particular espumar, láminas de diferentes propiedades por medio de un dispositivo de extrusión.

5 La necesidad puede satisfacerse mediante un procedimiento para el control de un proceso de extrusión, en particular un proceso de espumado por extrusión, un dispositivo de extrusión, un elemento de programa y un medio legible por ordenador de acuerdo con las reivindicaciones independientes. Otros ejemplos de realización ejemplares se describen en las reivindicaciones dependientes.

10 De acuerdo con un aspecto ejemplar, se crea un procedimiento para controlar un proceso de extrusión, en particular un proceso de espumado por extrusión, realizándose el procedimiento por medio de un dispositivo de extrusión, presentando el dispositivo de extrusión un canal de extrusión con una boquilla de extrusión que está configurada para extraer una masa de extrusión del dispositivo de extrusión, estando dispuesta una barra de restricción controlable en el canal de extrusión, y una unidad de control, presentando el procedimiento un control del proceso de extrusión por medio del ajuste de un valor de al menos un parámetro de control de proceso del proceso de extrusión mediante el control de un estado de funcionamiento de la barra de restricción controlable.

20 En particular, la boquilla de extrusión puede ser una boquilla de ranura, una boquilla de ranura ancha o una ranura de aguja. Además, la barra de restricción controlable puede presentar una forma cilíndrica, por ejemplo, una forma cilíndrica circular o una forma cilíndrica con una sección transversal ovalada. En particular, el control del estado de funcionamiento puede realizarse de forma continua durante el proceso de extrusión. Alternativamente, el control del estado de funcionamiento puede realizarse una o varias veces a intervalos antes y/o durante el proceso de extrusión.

25 De acuerdo con otro aspecto ejemplar, se crea un dispositivo de extrusión, en particular para un proceso de espumado por extrusión, presentando el dispositivo de extrusión un canal de extrusión con una boquilla de extrusión, una barra de restricción controlable y una unidad de control, estando diseñada la boquilla de extrusión para extraer una masa de extrusión del dispositivo de extrusión, estando dispuesta la barra de restricción controlable en el canal de extrusión y estando diseñada la unidad de control está dispuesta de tal forma que se ajusta un valor de al menos un parámetro de control de proceso de un proceso de extrusión mediante el control de un estado de la barra de restricción controlable.

30 En particular, la barra de restricción controlable también se puede denominar o representar una barra de restricción dinámica. Por ejemplo, la barra de restricción controlable puede presentar un eje que sea excéntrico o céntrico con respecto a la sección transversal de la barra de restricción. Estos ejes también pueden ser desplazables o móviles traslativamente. De este modo, no solo es posible mover las barras de restricción alrededor y/o a lo largo de los ejes, sino también cambiar o desplazar el punto central de movimiento formado por los ejes.

40 De acuerdo con otro aspecto ejemplar, se crea un medio legible por ordenador en el que se guarda un programa de ordenador, estando diseñado el programa de ordenador de tal manera que, cuando se ejecuta en un procesador, controla un procedimiento de acuerdo con un aspecto ejemplar.

45 De acuerdo con otro aspecto ejemplar, se crea un elemento de programa que es así está diseñado de forma que, cuando se ejecuta en un procesador, controla un procedimiento de acuerdo con un aspecto ejemplar.

50 El término "barra de restricción" puede designar en particular una barra, un rodillo o cualquier otro objeto, por ejemplo, también una parte de la pared o un elemento de pared que está dispuesto en el canal de extrusión y/o en la boca de la boquilla de extrusión, por ejemplo, en una boca de boquilla de ranura ancha, y está diseñado para realizar una compensación general de diferencias en las propiedades o características de la masa de extrusión o fundido, por ejemplo, de un polímero, y/o diferencias en la longitud del trayecto que la masa de extrusión debe recorrer a través del dispositivo de extrusión. Por ejemplo, la barra de restricción puede estar formada por medio de un rodillo o puede ser un rodillo que presente una sección transversal circular u ovalada. En particular, la barra de restricción puede montarse en una cazoleta. Por ejemplo, la cazoleta puede ser una cazoleta de una carcasa, formando la carcasa el canal de extrusión o secciones del canal de extrusión, o estando dispuesto el canal de extrusión dentro de la carcasa.

60 El término "parámetros de control de proceso" puede referirse en particular a algunos o a todos los parámetros que determinan o al menos influyen en un curso del proceso de extrusión o influyen en las propiedades del producto final del proceso de extrusión. Los parámetros de control de proceso pueden referirse en particular a los parámetros en el dispositivo de extrusión o en la herramienta. En particular, los parámetros de control de proceso pueden referirse a parámetros que pueden controlarse activamente y que influyen en las propiedades morfológicas del producto final, por ejemplo, en el número o la densidad de las burbujas de gas que están presentes en el producto final. Ejemplos de parámetros de control de proceso son, por ejemplo, la temperatura, la presión, las deformaciones por dilatación y/o cizallamiento, la velocidad y su curso temporal o local, así como el tiempo, y se refieren en particular a las magnitudes en la masa de extrusión o el fundido. Los valores de estos parámetros o variables de control de proceso

influyen a su vez en los parámetros del proceso de extrusión. Ejemplos de tales parámetros, que se ven influenciados por la selección o el ajuste de los parámetros de control de proceso, pueden ser la tasa de nucleación de burbujas, es decir, la velocidad a la que se forman nuevos núcleos de burbuja que sirven como núcleos para el crecimiento de nuevas burbujas, en la masa de extrusión, la llamada presión de solución de un agente espumante para el proceso de extrusión, es decir, la presión a la que el agente espumante pasa a la solución o, si no se alcanza la presión de solución, comienza a desgasificarse de la masa de extrusión, o la llamada velocidad de crecimiento celular, es decir, la velocidad a la que crecen las células de gas en la masa de extrusión. En particular, los parámetros de control de proceso deben distinguirse de la simple limpieza o mantenimiento del canal de extrusión o de la boquilla de extrusión. Esta limpieza pura del canal de extrusión no implica ninguna influencia o ajuste específicos de los parámetros de control de proceso que se llevan a cabo con el objetivo de provocar un cambio en los parámetros del proceso de extrusión. En particular, el término "control" puede entenderse como una influencia dirigida, que puede diferenciarse, por ejemplo, de una influencia aleatoria.

El término "estado de funcionamiento de la barra de restricción" puede referirse en particular al estado de funcionamiento de la barra de restricción en relación con variables físicas del estado de funcionamiento, como la temperatura o el movimiento, por ejemplo, la velocidad y/o la dirección del movimiento de la barra de restricción controlable.

Por lo tanto, se puede distinguir un estado de funcionamiento de la barra de restricción, en particular, de una forma o disposición puramente geométrica de la barra de restricción, por ejemplo, al retraer o extender una barra de restricción. Mientras que con un cambio del estado de funcionamiento de la barra de restricción no puede cambiar la forma geométrica, sino solo las características físicas, con un cambio de la barra de restricción no se cambia ningún estado de funcionamiento, sino solo la disposición geométrica o la forma.

En particular, la barra de restricción controlable puede presentar una forma cilíndrica o cilíndrica circular, o una forma de cilindro con una sección transversal ovalada.

Al controlar el estado de funcionamiento de la barra de restricción controlable, puede ser posible fabricar o espumar una pluralidad de productos diferentes con una sola extrusora o un único dispositivo de extrusión. En particular, mediante una sola boquilla de extrusión, puede ser posible generar o espumar diferentes productos finales espumados, por ejemplo, láminas o planchas, que se diferencien, por ejemplo, en términos de densidad de burbuja y/o tamaño de burbuja y/o distribución del tamaño de burbuja, densidad de la espuma, distribución de la densidad de la espuma a lo largo de un grosor de la lámina o plancha. Además, los cambios en las propiedades de la masa de extrusión pueden compensarse o equilibrarse mediante un control modificado, por ejemplo, cambiando valores de los parámetros de control de proceso, de tal modo que se puedan utilizar diferentes masas de extrusión sin cambiar o adaptar unidades o elementos del dispositivo de extrusión. También puede ser posible influir en la tasa de caída de la presión en el canal de extrusión antes y/o después de la barra de restricción por medio de la barra de restricción controlable. Por lo tanto, puede ser posible lograr una expansión abrupta (explosiva) de la masa de extrusión o del fundido, es decir, un cambio de presión temporal o un gradiente de presión temporal. Tal gradiente de presión temporal o la progresión del gradiente de presión temporal puede, a su vez, hacer que el proceso de extrusión o proceso de formación de espuma se vea afectado.

Por lo tanto, puede ser posible cambiar la producción de una manera sencilla y flexible sin tener que reemplazar para ello elementos o unidades del dispositivo de extrusión. En particular, esta flexibilidad puede obtenerse utilizando la barra de restricción controlable para conseguir deformaciones por dilatación o cizallamiento en la masa de extrusión que, por ejemplo, afecten a la tasa de generación de burbujas de gas o a la tasa de nucleación que, a su vez, afecten al número de burbujas o a la densidad de las burbujas en la masa de extrusión y, por consiguiente, en el producto espumado final, intermedio semielaborado.

El cambio se puede realizar simplemente cambiando parámetros de control de proceso a través del control. De este modo, también se pueden formar zonas con diferentes propiedades o características morfológicas dentro de un producto final o producto intermedio. También puede ser posible evitar las denominadas construcciones de boquillas perforadas, como se conocen en el estado de la técnica, para definir longitudes de recorrido de la masa de extrusión, de modo que se puedan conseguir superficies más lisas o uniformes de las láminas o planchas. Además, el procedimiento puede ser aplicable a una pluralidad de procesos de extrusión o procesos espumado como, por ejemplo, el espumado químico o el espumado físico de polímeros. Dependiendo de la aplicación deseada para las láminas o planchas de espuma fabricadas, el procedimiento puede permitir que las láminas o planchas fabricadas presenten diferentes estructuras de burbujas, diferentes densidades de espuma, es decir, peso por unidad de volumen, diferentes densidades de burbujas, es decir, el número de burbujas por unidad de volumen, diferente distribución del tamaño de las burbujas, diferente distribución de la densidad de la espuma a lo largo del grosor de la lámina o plancha, y/o una distribución asimétrica de la densidad, por ejemplo, una densidad de espuma más baja con los poros abiertos, por un lado, y poros cerrados con una densidad de burbujas o con densidad de espuma más alta, por el otro lado. En particular, por medio del procedimiento pueden alcanzarse densidades de burbuja entre 10^6 y 10^{12} , en particular entre 10^7 y 10^{11} , por ejemplo, en el orden de $5 \cdot 10^8$ a $1 \cdot 10^{10}$ o $7 \cdot 10^8$ a $2 \cdot 10^9$.

Una idea central de un aspecto ejemplar puede ser que, por medio de una barra de restricción controlable que

presenta estados de funcionamiento o estados que pueden controlarse mediante una unidad de control, es posible influir, controlar o regular un control de proceso de un proceso de extrusión, en particular un proceso de espumado por extrusión, de forma sencilla y flexible. Esto puede permitir que, por medio de un único dispositivo de extrusión, en particular por medio de una sola boquilla de extrusión o herramienta, se pueda fabricar una pluralidad de diferentes productos semiacabados o productos acabados. Por ejemplo, por medio del control del estado de funcionamiento de la barra de restricción, puede ser posible controlar, regular o influir en parámetros de control de proceso y, por tanto, en parámetros del proceso de extrusión como, por ejemplo, la tasa de nucleación.

A continuación, se describen otros ejemplos de realización ejemplares del procedimiento para el control de un proceso de extrusión que, sin embargo, también se refieren al dispositivo de extrusión, al medio legible por ordenador y al elemento de programa.

De acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar de un procedimiento para el control de un proceso de extrusión, el parámetro de control de proceso influye, regula o controla una tasa de nucleación y/o una presión de solución y/o una tasa de crecimiento celular. En otras palabras, controlando el estado de funcionamiento de la barra de restricción controlable, se puede controlar un parámetro de control de proceso que a su vez influye en uno o varios parámetros como, por ejemplo, la tasa de nucleación, la presión de la solución y/o la tasa de crecimiento celular.

En particular, la barra de restricción controlable puede utilizarse para controlar o regular la tasa de nucleación. En otras palabras, el control del proceso de extrusión puede presentar un control de la tasa de nucleación. La tasa de nucleación puede ser un parámetro adecuado que se ve influenciado por medio de un parámetro de control de proceso que puede ser influenciado de forma adecuada y/o efectiva por medio de un estado de funcionamiento de la barra de restricción, por un lado, e influye en el proceso de extrusión, por otro. Por ejemplo, la tasa de nucleación puede estar influenciada por medio de una deformación por dilatación y cizallamiento que se introduce en la masa de extrusión o fundido por medio de la barra de restricción controlable o dinámica. Expresado en términos más ilustrativos, tal deformación por cizallamiento o por dilatación representa una perturbación de una masa de extrusión o fundido homogéneo. En otras palabras, al cambiar o controlar un parámetro de control de proceso, por ejemplo, una distribución de la velocidad de la masa de extrusión o del fundido o una deformación por dilatación y cizallamiento en el fundido, la tasa de nucleación puede verse influida por una introducción dirigida de una perturbación o un desequilibrio termodinámico en la masa de extrusión o el fundido. Estas perturbaciones pueden ser causadas, por ejemplo, por medio de deformaciones por dilatación o cizallamiento, por medio de agregados, por ejemplo, en su superficie, por medio de agentes químicos espumantes, que provocan el desarrollo de un gas a través de reacciones químicas, o por medio de sustancias y/o procesos similares.

De acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar de un procedimiento para el control de un proceso de extrusión, el control del proceso de extrusión se realiza mediante el ajuste de un movimiento de la barra de restricción controlable.

En particular, el estado de funcionamiento de la barra de restricción puede ser, por tanto, el estado de movimiento de la barra de restricción y el valor del parámetro de control del proceso puede ser un valor de velocidad y/o un valor que indique la dirección del movimiento de la barra de restricción. Alternativa o adicionalmente, el estado de funcionamiento puede ser supervisado o también determinado por medio de una medición de fuerza y/o par. Por ejemplo, se puede realizar una medición de fuerza y/o par en la barra de restricción para inferir o determinar el estado de funcionamiento de la barra de restricción por medio de los resultados de esta medición.

En particular, el control del movimiento de la barra de restricción controlable puede realizarse de forma continua durante el proceso de extrusión. Por lo tanto, puede ser posible influir o regular durante el proceso de extrusión este mismo de tal modo que, por ejemplo, se puedan formar zonas con diferentes propiedades o características morfológicas dentro de un producto final o producto intermedio. El estado de movimiento de la barra de restricción puede estar influenciado, por ejemplo, por medio de uno o más motores o actuadores que muevan o accionen la barra de restricción rotativa y/o traslativamente, es decir, por ejemplo, a lo largo de su eje longitudinal.

De acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar de un procedimiento para el control de un proceso de extrusión, el movimiento de la barra de restricción controlable es un movimiento de rotación y/o un movimiento de traslación. En particular, el control puede referirse a la velocidad y/o a la dirección del movimiento.

En particular, puede ser posible inducir una deformación por dilatación en la masa de extrusión por medio de un movimiento de rotación, mientras que puede ser posible lograr una deformación por cizallamiento por medio de un movimiento traslativo o axial. Por lo tanto, con un movimiento de rotación y axial combinado, puede ser posible inducir o provocar deformaciones tanto por dilatación como por cizallamiento en la masa de extrusión. En particular, una selección específica del movimiento de rotación y/o del movimiento de traslación puede permitir una selección específica de la magnitud de las deformaciones por dilatación y cizallamiento.

La barra de restricción controlable puede presentar, en particular, elementos rotatorios o rotativos o puede constituir en sí misma un elemento rotatorio, es decir, ser rotatoria en su conjunto. El término "giratorio" puede significar, en particular, que el correspondiente elemento, que se designa como rotatorio, puede realizar una rotación de más de

360°, es decir, más de una vuelta completa, en particular, un número prácticamente ilimitado de vueltas. Por tanto, el término "rotatorio" o de "rotabilidad" de un elemento puede diferenciarse de un movimiento de ida y vuelta del elemento restringido a menos de una vuelta completa. El movimiento de traslación se realiza de acuerdo con la invención a lo largo del eje longitudinal de la barra de restricción. De esta manera, el movimiento de traslación se realiza de forma transversal, perpendicular o esencialmente perpendicular a la dirección de movimiento de la masa de extrusión o a la dirección de extrusión.

De acuerdo con el procedimiento para el control de un proceso de extrusión, el movimiento es un movimiento oscilante.

En particular, el movimiento oscilante puede ser un movimiento cíclico que se repite. Por ejemplo, el movimiento oscilante puede ser un movimiento de traslación o axial de vaivén, o un movimiento de rotación de ida y vuelta. De esta manera, es posible que los procesos de dilatación, compresión y/o cizallamiento cíclicos se induzcan en la masa de extrusión o el fundido. Como alternativa a un movimiento oscilante, el movimiento puede ser un movimiento continuo, en particular un movimiento de rotación continuo.

De acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar de un procedimiento para el control de un proceso de extrusión, el movimiento se realiza con respecto a un eje de la barra de restricción que está dispuesto central o excéntricamente con respecto a la barra de restricción.

En particular, el eje puede ir, por tanto, a lo largo un eje de simetría, por ejemplo, un cilindro circular o un cilindro de sección transversal ovalada, o puede estar dispuesto de manera desplazada con respecto al eje de simetría.

De acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar de un procedimiento para el control de un proceso de extrusión, la barra de restricción está dispuesta en una expansión o lumen del canal de extrusión, realizándose el movimiento con respecto a un eje de la barra de restricción que está dispuesto central o excéntricamente con respecto a un eje central de la expansión o lumen. Expresado alternativamente, el eje de rotación de la barra de restricción y el eje central o eje de simetría de la expansión, por ejemplo, un eje central de una expansión cilíndrica circular, puede ser excéntricos o estar desplazados entre sí. Por lo tanto, puede haber un montaje excéntrico o desplazado de la barra de restricción con respecto al eje central de la expansión cilíndrica circular.

En particular, la expansión puede estar configurada por medio de una carcasa de una o varias piezas que presente una entalladura que forme la expansión, en la que a su vez esté dispuesta la barra de restricción. Por ejemplo, una parte de la carcasa puede formar una cazoleta en la que esté previsto un alojamiento para la barra de restricción.

Mediante una disposición excéntrica del eje de movimiento o eje rotación con respecto a un eje de simetría de la barra de restricción y/o con respecto a un eje central o de simetría de la expansión, puede ser posible realizar una diferencia de presión o una sollicitación de presión de la masa de extrusión que pueda conducir a una deformación por dilatación. En particular, un eje de movimiento excéntrico, ya sea con respecto al eje de simetría de la expansión o con respecto al eje de simetría de la barra de restricción, puede permitir que se induzcan procesos de dilatación o cizallamiento en la masa de extrusión, ya que el movimiento de la barra de restricción, que es, por ejemplo, un rodillo, provoca un estrechamiento cíclico o estacionario de un espacio libre del canal de extrusión en un canal de extrusión con una sección transversal constante en diferentes lados de la barra de restricción. Una ventaja particular de un montaje excéntrico puede ser que se puede lograr un flujo continuo con deformaciones por dilatación y por cizallamiento pronunciadas en la masa de extrusión por medio de un montaje excéntrico. Alternativamente, en el caso del montaje céntrico, se pueden generar deformaciones por dilatación y/o cizallamiento, por ejemplo, por medio de una barra de restricción que presente una sección transversal no simétrica en puntos, por ejemplo, una sección transversal ovalada.

De acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar de un procedimiento para el control de un proceso de extrusión, el estado de funcionamiento de la barra de restricción controlable es uno de los que pertenecen al grupo que se compone de: una velocidad de rotación de la barra de restricción, una dirección de rotación de la barra de restricción, una velocidad de traslación de la barra de restricción, una dirección de traslación de la barra de restricción y una temperatura de la barra de restricción.

Al controlar un estado de funcionamiento, por ejemplo, la velocidad de rotación y/o la dirección de rotación de la barra de restricción, puede ser posible influenciar o ajustar de manera efectiva parámetros de control de proceso como, por ejemplo, una velocidad o su curso temporal o local. Esto puede a su vez permitir una influencia efectiva o el ajuste de parámetros tales como la tasa de formación de burbujas o la tasa de nucleación, que influyen en las propiedades morfológicas, tales como la densidad de la burbuja, en el producto espumado o en el producto semiacabado.

De acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar de un procedimiento para el control de un proceso de extrusión, se puede controlar la temperatura de la barra de restricción.

En particular, la barra de restricción puede ser calefactable y/o refrigerable. Por ejemplo, un equipo de calefacción o

un equipo de refrigeración pueden estar dispuestos en la barra de restricción.

Mediante el control de la temperatura, puede ser posible posibilitar el control de la temperatura de la barra de restricción, lo que a su vez influye en parámetros de control de proceso, por ejemplo, por medio de un cambio de la presión de solución o de la velocidad de difusión en la masa de extrusión o el fundido. Por ejemplo, la temperatura en la superficie de la barra de restricción afecta a una temperatura en la masa de extrusión o fundido, lo que puede tener un efecto en la formación de burbujas o en el crecimiento de las burbujas. Por lo tanto, puede ser posible lograr características morfológicas específicas deseadas, hechas a medida, del producto final o del producto semiacabado. Por ejemplo, la formación de poros abiertos o cerrados también puede obtenerse mediante el control de la temperatura. En particular, los poros abiertos pueden lograrse mediante rotura o explosión de las superficies de las burbujas. Esta rotura puede ser controlable o influenciada en este sentido, por ejemplo, por medio del control de la temperatura. Por ejemplo, el crecimiento de burbuja y, por lo tanto, la probabilidad de rotura de la superficie de la burbuja, depende de la viscosidad de la masa de extrusión o fundido, que a su vez es una función de la temperatura en el fundido.

De acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar de un procedimiento para el control de un proceso de extrusión, el dispositivo de extrusión presenta una segunda barra de restricción.

En particular, puede estar prevista una pluralidad o multiplicidad de barras de restricción, pudiendo estar configuradas una, varias o todas ellas como barras de restricción controlables. Mediante la previsión de una segunda barra de restricción, se puede conseguir una mayor influencia en los parámetros de control de proceso, en particular cuando las dos barras de restricción se controlan independientemente una de otra. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que una sola barra de restricción controlable es suficiente para posibilitar un control del proceso de extrusión.

De acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar de un procedimiento para controlar un proceso de extrusión, la segunda barra de restricción realiza un movimiento que es igual a un movimiento de la barra de restricción controlable.

Por ejemplo, la segunda barra de restricción puede tener un movimiento de rotación o un movimiento de rotación en una primera dirección de rotación con una primera velocidad de rotación que sean iguales a la dirección de rotación y a la velocidad de rotación de la barra de restricción controlable.

De acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar de un procedimiento para controlar un proceso de extrusión, la segunda barra de restricción realiza un movimiento que es diferente del movimiento de la barra de restricción controlable. Con tal movimiento diferente de dos o más barras de restricción puede ser posible, en particular, causar deformaciones por dilatación específicas.

Por ejemplo, el movimiento de la segunda barra de restricción puede ser un movimiento de rotación que se realice en un primer sentido de rotación a una primera velocidad de rotación, mientras que la barra de restricción controlable realiza un movimiento en un segundo sentido de rotación opuesto y/o a una velocidad de rotación diferente.

A continuación, se describen ejemplos de realización ejemplares del dispositivo de extrusión. Sin embargo, los diseños también se cumplen para el procedimiento para el control de un proceso de extrusión, el medio legible por ordenador y el elemento de programa.

De acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar del dispositivo de extrusión, la barra de restricción controlable presenta en una superficie y/o una entalladura, dentro de la cual está dispuesta la barra de restricción controlable, una profundización con forma espiral.

En particular, la profundización con forma de espiral puede estar dispuesta a lo largo de una extensión longitudinal de la barra de restricción, por ejemplo, de un rodillo, y/o a lo largo de la extensión longitudinal de la entalladura. La profundización con forma de espiral está dispuesta o configurada preferentemente a lo largo de la extensión longitudinal de la profundización o de una cazoleta de la barra de restricción. Tal profundización en forma de espiral, en particular a lo largo de la extensión longitudinal de la entalladura, en relación con la rotación del rodillo, puede hacer posible un proceso de transporte de una parte de la masa de extrusión a lo largo del rodillo, es decir, transversalmente a la dirección de movimiento de la masa de extrusión. De esta manera, puede ser posible eliminar la suciedad o la materia extraña que se asentaría en el área de la barra de restricción. Por ejemplo, la profundización con forma de espiral puede estar configurada en una superficie de la profundización en el dispositivo de extrusión por medio de un perfil de dientes de sierra. Alternativamente, la profundización con forma de espiral puede estar configurada por una o más ranuras o fosos simples que estén formados en la superficie de la profundización o cazoleta. Además, una superficie de entalladura configurada por medio de un perfil en forma de dientes de sierra o por medio de una ranura puede lograr o reforzar en particular un efecto lubricante hidrodinámico, siendo evacuado lateralmente el lubricante consumido por medio de la profundización con forma de espiral, por ejemplo, fundido modificado por aplastamiento.

De acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar del dispositivo de extrusión, el canal de extrusión presenta una expansión longitudinal, variando una sección transversal del canal de extrusión a lo largo de la expansión longitudinal.

5 La expansión longitudinal del canal de extrusión es en este sentido la expansión a lo largo de la cual la masa de extrusión o fundido se mueve en el dispositivo de extrusión durante el proceso de extrusión o espumado. En particular, la sección transversal del canal de extrusión puede estrecharse, encogerse o el canal de extrusión puede presentar una sección transversal libre que se modifique cónicamente. Tal cambio en la sección transversal libre del canal de extrusión puede hacer posible inducir procesos de dilatación o cizallamiento en la masa de extrusión o en el polímero durante un movimiento de la masa de extrusión a lo largo del canal de extrusión. Esto significa que la masa de extrusión ya puede estar sujeta a deformación por dilatación y/o por cizallamiento a lo largo de su movimiento a través del canal de extrusión debido al cambio en la sección transversal. Las deformaciones por dilatación introducidas de esta manera pueden reducir la cantidad de agentes nucleantes, agregados y/o gas espumante que son necesarios para alcanzar densidades iguales o densidades de burbuja en el producto final, por ejemplo, una lámina o plancha. Por ejemplo, tal estrechamiento o reducción de la sección transversal libre del canal de extrusión también puede lograrse por medio de un montaje o disposición excéntrica de la barra de restricción con respecto a la entalladura o la expansión en el que está dispuesta la barra de restricción.

20 De acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar del dispositivo de extrusión, el dispositivo de extrusión también presenta un dispositivo de control de la temperatura.

En particular, el dispositivo de control de temperatura puede ser un dispositivo de refrigeración y/o calefacción que esté previsto, por ejemplo, en la barra de restricción controlable. Mediante la previsión de un dispositivo de control de la temperatura, puede ser posible influir en la temperatura de la masa de extrusión o fundido en una gran área.

25 De acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar del dispositivo de extrusión, la barra de restricción controlable y/o una entalladura dentro de la cual está dispuesta la barra de restricción controlable, presenta una superficie estructurada, en particular con un perfil similar al de los dientes de sierra. Por ejemplo, los dientes de sierra pueden presentar un ángulo de entre 0 y 7 grados, en particular de entre 1 y 3 grados.

30 De manera particularmente preferente, la superficie estructurada se configura en este sentido en la superficie de la barra de restricción controlable. El término "superficie estructurada" puede significar, en particular, que la superficie de la barra de restricción controlable y/o la entalladura en la que está dispuesta la barra de restricción controlable presenta una rugosidad que se sitúa por encima de un valor umbral que se puede predefinir. Esto significa que la superficie no es lisa, sino que se forman deliberadamente irregularidades, que se distribuyen de manera uniforme o desigual, en la superficie. Estas pueden estar configuradas, por ejemplo, por medio de salientes o hendiduras en la superficie de la barra de restricción. Una superficie estructurada de este tipo, por ejemplo, un perfil de la barra de restricción en forma de dientes de sierra, escamas o estrías, puede ser adecuada para arrastrar la masa de extrusión o el fundido, que tiende a deslizarse por la pared, con una barra de restricción móvil. Además, una superficie estructurada de este tipo puede permitir, reforzar o mejorar la lubricación hidrodinámica, ya que la superficie estructurada o las estructuras de la superficie pueden transportar consigo parte del fundido como lubricante. Por ejemplo, también una estructura de dientes de sierra o un perfil de dientes de sierra en la barra de restricción puede impedir o al menos reducir en la intensidad un movimiento de deslizamiento (deslizamiento por la pared) de la masa de extrusión o fundido a lo largo de la superficie de la barra de restricción. De este modo, el perfil en forma de dientes de sierra actúa ilustrativamente como zapata. Por ejemplo, las ranuras de dientes de sierra pueden estar distribuidas uniformemente o dispuestas de forma homogénea en la superficie de la barra de restricción o también pueden configurar un perfil con forma de espiral mediante el cual pueda ser posible la evacuación lateral de material, por ejemplo, de parte de la masa fundida. En su conjunto, es posible influir de forma en particular eficaz en las condiciones físicas o en los parámetros de control de proceso en la masa fundida por medio de una superficie estructurada de la barra de restricción.

De acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar del dispositivo de extrusión, el dispositivo de extrusión presenta una pluralidad de boquillas de extrusión.

55 En particular, las boquillas de extrusión pueden estar dispuestas unas sobre otras. Por lo tanto, puede ser posible fabricar o espumar una lámina o plancha multicapa, pudiendo estar configurada opcionalmente cada capa de manera diferente, por ejemplo, en sus propiedades morfológicas. En particular, cada una de las boquillas de extrusión puede generar una capa de la lámina o plancha. Por ejemplo, una capa puede formarse con poros abiertos, mientras que una segunda capa puede formarse con burbujas o poros cerrados. También se pueden conseguir diferentes tamaños de poros o burbujas por medio de un control.

60 Cada una de las boquillas de extrusión puede estar conectada a este respecto con un canal de extrusión propio. Alternativa o adicionalmente, también se pueden conectar varias boquillas de extrusión con un canal de extrusión común. De acuerdo con un ejemplo de realización, puede estar configurado un canal de extrusión adicional con una boquilla de extrusión adicional, pudiendo estar dispuesta una barra de restricción controlable adicional en el canal de extrusión adicional. Por lo tanto, puede ser posible fabricar de manera sencilla una lámina o una plancha con dos

capas de propiedades diferentes, incluso cuando se utiliza una única masa de extrusión o fundido. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, para obtener diferentes capas con diferentes propiedades, no es necesario que estén configurados varios canales de extrusión y/o varias barras de restricción controlables.

5 De acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar, el dispositivo de extrusión también presenta una unidad de sensor que está diseñada para determinar un estado de funcionamiento de la barra de restricción controlable.

10 Por ejemplo, puede estar previsto un sensor de temperatura y/o un sensor de par y/o un sensor para determinar la velocidad de rotación o el número de rotaciones. Mediante estos sensores o unidades de sensor se puede supervisar el estado de funcionamiento de la barra de restricción controlable, lo que permite garantizar la calidad. Además, los resultados de la medición de la unidad de sensor también se pueden utilizar para controlar la barra de restricción controlable. Por lo tanto, la unidad de control también puede diseñarse como una unidad de regulación que realice un control o regulación basado en valores medidos o reales.

15 Por ejemplo, midiendo el par y el número de revoluciones mediante sensores, puede ser posible determinar hasta qué punto se dispone de energía adicional para generar deformaciones por cizallamiento y/o por dilatación. Esto significa que puede ser posible determinar cuánta energía adicional de cizallamiento se introduce. Esta información puede utilizarse para el control o la regulación posterior por medio de la unidad de control o de una unidad de regulación. Con una regulación de este tipo por medio de una unidad de control diseñada como unidad de regulación, es posible controlar los valores reales con respecto al estado de funcionamiento de la barra de restricción y, por tanto, adaptarlos a los valores de referencia deseados o ajustarlos a los mismos. En particular, esto puede permitir un control o regulación flexible del estado de funcionamiento de la barra de restricción y, por lo tanto, también del proceso de extrusión y, en consecuencia, de la calidad del producto generado o fabricado mediante el proceso de extrusión.

20 En resumen, de acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar, se puede utilizar un procedimiento para controlar un proceso de extrusión mediante el cual se pueden fabricar, en particular, planchas de plástico o láminas de plástico espumadas con diferentes propiedades de estructura de espuma. Para ello, el dispositivo de extrusión presenta una barra de restricción controlable o dinámica mediante la cual los valores o magnitudes de los parámetros de control de proceso pueden ser influidos por una unidad de control sin tener que cambiar para ello la geometría del dispositivo de extrusión, por ejemplo, una boquilla de extrusión o una boquilla de ranura ancha. En particular, el procedimiento es adecuado para la fabricación de planchas de plástico o láminas de plástico espumadas.

25 Por medio de una barra de restricción controlable o dinámica, puede ser posible, en particular, explotar las dependencias que existen, por ejemplo, entre la tasa de nucleación y la dilatación en el fundido o entre la presión de desgasificación y la deformación por cizallamiento. El curso temporal de la presión o el cambio de presión temporal que experimenta el fundido cuando atraviesa el canal de extrusión también puede ser aprovechable. Por ejemplo, una rápida reducción de la presión de fundido, es decir, un flujo más rápido de la masa fundida a través del dispositivo de extrusión, da como resultado una mayor tasa de nucleación y, por lo tanto, una estructura celular más fina que en el caso de que la masa fundida fluya a través o atravesase el dispositivo de extrusión más lentamente.

30 Otras ventajas y características de la presente invención se desprenden de la siguiente descripción ejemplar de formas de realización actualmente preferentes. Las figuras individuales en el dibujo de esta solicitud deben considerarse únicamente esquemáticas.

Breve descripción de las figuras

35 La figura 1 muestra esquemáticamente un dispositivo de extrusión.

40 La figura 2 muestra esquemáticamente la estructura de una boquilla de ranura ancha.

La figura 3 muestra esquemáticamente las condiciones en un canal de extrusión con forma de orificio.

45 La figura 4 muestra esquemáticamente una disposición de barras de restricción de acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar de la invención.

50 La figura 5 muestra esquemáticamente una boquilla de extrusión de acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar.

55 La figura 6 muestra esquemáticamente otra disposición de barras de restricción de acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar.

60 La figura 7 muestra esquemáticamente una disposición excéntrica de la barra de restricción de acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar.

65

Descripción detallada

5 Debe observarse que las características o componentes de diferentes ejemplos de realización que son idénticos o al menos funcionalmente idénticos a las características o componentes correspondientes del ejemplo de realización están provistos de las mismas referencias o de referencias que difieren únicamente en su primer dígito de la referencia de una característica correspondiente (funcionalmente) o de un componente correspondiente (funcionalmente). Para evitar repeticiones innecesarias, las características o componentes que ya se han explicado utilizando un ejemplo de realización descrito anteriormente no se explican en detalle más adelante.

10 Cabe señalar también que los ejemplos de realización que se describen a continuación son únicamente una selección limitada de posibles variantes de ejecución. En particular, es posible combinar las características de los ejemplos de realización individuales de manera adecuada, de tal modo que, con las variantes de realización descritas explícitamente en el presente documento, para el experto puede ser considerado como obvio un gran número de ejemplos de realización diferentes.

15 De manera introductoria, a continuación, se vuelven a tratar brevemente las condiciones básicas para la extrusión de láminas o planchas.

20 En particular, entra en consideración el espumado físico o la extrusión de masas de extrusión como, por ejemplo, polímeros. Sin embargo, el procedimiento descrito a continuación de utilización de una barra de restricción controlable o dinámica también puede ser implementado para un espumado químico. En el espumado físico, un gas, por ejemplo, CO₂ o N₂, que sirve como agente espumante, se mezcla en el proceso de extrusión en primer lugar en el fundido de polímero presurizado en estado supercrítico. En este sentido, el gas se disuelve en un proceso de mezcla dependiente del tiempo y del recorrido y forma una fase con el fundido. Antes de la conformación en una boquilla de extrusión, por ejemplo, una boquilla de ranura ancha, o en una herramienta, la masa fundida preparada se enfría hasta tal punto que, por un lado, sigue siendo suficientemente fluida en la herramienta y, por otro lado, ya presenta una alta viscosidad fuera de la boquilla de extrusión.

30 Por debajo de la presión de solución crítica del gas en el área de descarga de la boquilla, se forman las primeras burbujas de gas en los núcleos de nucleación en el fundido. El crecimiento del número y tamaño de las burbujas de gas en el área de descarga de la boquilla sigue el equilibrio termodinámico de ambas fases o está influenciado por el tiempo, el cambio sustancial de presión, la temperatura y la velocidad de difusión del gas disuelto en el fundido.

35 Las variables que influyen de manera importante en espumado físico son, en particular, la matriz de polímero, es decir, en particular si el plástico resultante es un plástico amorfo o parcialmente cristalino, el agente espumante o gas de soplado, los agregados como el talco, que sirven simultáneamente como nucleadores de burbujas de gas, y los auxiliares de nucleación, es decir en particular, los aditivos químicos que permiten la formación de gases en forma de núcleos durante la descomposición, las propiedades del polímero, como la viscosidad de cizallamiento y dilatación, la difusión de los gases espumantes en el polímero, las variables o parámetros de control de proceso como, por ejemplo, la temperatura, la presión, la velocidad y el tiempo, en la masa de extrusión y en el dispositivo de extrusión o la herramienta, así como la geometría de la herramienta.

45 En particular, la nucleación y, por tanto, la formación de la estructura de la espuma en el proceso, no solo se ven influenciadas por las variables de influencia dependientes del material y de los agregados, sino que también se ven influenciadas decisivamente por parámetros de control de proceso en el dispositivo de extrusión o en la herramienta. Los siguientes parámetros son particularmente importantes para la nucleación:

- 50 1. La tasa de nucleación de la burbuja, que es una función del cambio de presión temporal del fundido de polímero, así como de deformaciones por cizallamiento y dilatación en la boquilla de extrusión o en la boca de la boquilla.
2. La presión de la solución del agente espumante, que es una función de la viscosidad de la masa de extrusión o del polímero, que a su vez es una función de la velocidad de cizallamiento, la temperatura y la presión externa.
- 55 3. La tasa de crecimiento celular, que es una función de la difusión del agente espumante, la temperatura, la viscosidad y la tasa de deformación.

60 Por ejemplo, estos tres parámetros pueden ser influenciados por una barra de restricción controlable y opcionalmente con control de temperatura, que presenta uno o más rodillos que rotan u oscilan continuamente en el área de la boca de la boquilla de ranura ancha, mientras que una barra de restricción estática convencional no permite una optimización directa del proceso. El control permite llevar a cabo una optimización del proceso y/o un aseguramiento de la calidad, por ejemplo, aprovechando los datos de los sensores que escanean de forma sensorial la barra de restricción controlable. Por ejemplo, se puede realizar una medición de par o una medición de temperatura en la barra de restricción, cuyos resultados se utilizan o se tienen en cuenta para el control de la barra de restricción. La dirección de rotación de la barra de restricción dinámica puede efectuarse en y en contra de una dirección de flujo de la masa de extrusión o del polímero, pudiéndose modificar de manera específica la presión y la deformación en la masa fundida. Los movimientos oscilantes de la barra de restricción controlable o dinámica pueden tener lugar en dirección circunferencial y/o axial. El inicio de los procesos de dilatación y cizallamiento puede

5 producirse, en particular, por un estrechamiento de la ranura de cizallamiento, una sección transversal ovalada de la barra de restricción o por un rodillo montado excéntricamente con respecto a un contorno exterior del canal de extrusión. Las deformaciones por dilatación introducidas en el fundido de esta manera pueden reducir ventajosamente la proporción de agentes auxiliares para la nucleación y de gas espumante manteniendo las mismas densidades de espuma.

10 A continuación, se describen con más detalle las figuras. La figura 1 muestra la estructura esquemática de un dispositivo de extrusión 100, que presenta un accionamiento 101, una zona de fusión 102 con una entrada 103 para una masa de extrusión, por ejemplo, un polímero y los agregados necesarios, una zona de mezcla 104 con una entrada 105 para inyectar el agente espumante, por ejemplo, CO₂ o N₂, una zona de enfriamiento 106 y una herramienta 107 para la formación original de un producto semiacabado por medio de una boquilla de ranura ancha. También se muestra esquemáticamente una unidad aguas abajo 108, con la que se pueden realizar conformados posteriores.

15 En concreto, por ejemplo, se acciona un husillo mediante el accionamiento 101 que sirve para homogeneizar los materiales alimentados a través de la entrada 103 y fundidos en la zona de fusión 102 y para aumentar la presión. A continuación, el fundido de polímero se mezcla con el agente espumante en la zona de mezcla y se transfiere a un sistema monofásico. La zona de enfriamiento 106 se utiliza para homogeneizar y enfriar aún más el sistema monofásico y para aumentar la presión por encima de la presión de alimentación de la herramienta. Un segundo husillo puede utilizarse opcionalmente para aumentar la presión. En la herramienta 107, el polímero o fundido de polímero se transforma en un producto semiacabado, por ejemplo, utilizando una boquilla de ranura ancha. El producto semielaborado primario formado se transporta a continuación a la unidad aguas abajo 108, en la que puede tener lugar una nueva conformación.

25 La figura 2 muestra esquemáticamente la estructura de una boquilla de ranura ancha 210. En particular, la figura 2 muestra una alimentación de masa fundida 211, que forma parte de un canal de extrusión del dispositivo de extrusión 100. A la alimentación de masa fundida 211 le sigue un canal de distribución 212 que sirve para distribuir la masa fundida en la boquilla de ranura ancha 210 por una gran área de la anchura total. Además, la figura 2 muestra esquemáticamente una barra de restricción 213 que se extiende a lo ancho de la boquilla de ranura ancha 210. Para la ilustración se muestra una sección transversal de la boquilla de ranura ancha 210 a lo largo de la línea A-A en el área derecha de la figura 2. En este bosquejo, la barra de restricciones solo se muestra esquemáticamente.

35 La figura 3 muestra esquemáticamente las condiciones en un canal de extrusión 320. En particular, la figura 3 muestra el canal de extrusión 320 de un dispositivo de extrusión 100 y las condiciones de la masa de extrusión o del fundido de polímero en el canal de extrusión. Para la ilustración, se ha dibujado un elemento de volumen 321, que se estira con un estrechamiento del canal de extrusión, lo que se indica con un elemento de volumen 322. Además, se muestra esquemáticamente la intensidad del cizallamiento del fundido de polímero a través de la altura del canal 323. Simplificado, la intensidad del cizallamiento es proporcional a una diferencia de velocidad diferencial entre regiones de fluido adyacentes. Esta es más alta en el área del borde, donde la velocidad es más baja debido a la fricción de la masa de extrusión contra la pared del canal de extrusión. Si la presión en la masa de extrusión cae por debajo de un valor de presión crítica P_{kr} , comienza la formación de núcleos de burbujas de gas que sirven como núcleos de nucleación. Las burbujas de gas mostradas esquemáticamente y ampliadas están provistas en la figura 3 con la referencia 324. En particular, el crecimiento de las burbujas tiene lugar en la zona central del canal de extrusión, ya que en esta zona existe tanto un bajo cizallamiento como una temperatura básicamente más elevada.

50 La sección inferior de la figura 3 muestra esquemáticamente la curva de presión a lo largo de la longitud l del canal de extrusión, como se representa en la sección superior de la figura 3. La presión p disminuye a lo largo del curso del canal de extrusión hasta llegar a cero en la zona de salida de la boquilla de extrusión. En este lugar es donde se produce esencialmente el crecimiento de las burbujas, cuyos núcleos pueden formarse previamente de diversas maneras, como se ha descrito anteriormente.

55 La figura 4 muestra esquemáticamente una disposición de las barras de restricción de acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar de la invención. En particular, la figura 4 muestra una disposición de barras de restricción que tiene dos rodillos 430, 431 como barras de restricción controlables, que, con respecto a la dirección del flujo de la masa de extrusión están dispuestos uno detrás del otro en un canal de extrusión 420. Los dos rodillos 430 y 431 tienen diámetros diferentes d_1 y d_2 y están dispuestos en una entalladura 433. La entalladura 433 presenta un perfil de dientes de sierra 432 en su superficie. El perfil con forma de dientes de sierra puede estar dispuesto por completo o en toda la anchura de la entalladura, o también solo en zonas parciales de la entalladura, y tiene un efecto lubricante. El perfil en forma de dientes de sierra 432 puede estar configurado, en particular, con forma de espiral o formar una profundización con forma de espiral por medio de la cual las partes de la masa de extrusión o fundido que han actuado como lubricante pueden ser evacuadas lateralmente. Adicionalmente, la superficie de una o de ambas barras de restricción controlables puede estar configurada con un perfil de dientes de sierra que forme una superficie de zapata. Mediante el perfil con forma de dientes de sierra, en particular de la barra de restricción, se arrastra la masa de extrusión o el fundido de polímero, en particular en el caso de los polímeros deslizantes, de modo que se forma un flujo de arrastre. Los rodillos 430 y 431 están montados de manera giratoria y móvil a lo largo

de un eje y pueden ser controlados por separado por medio de una unidad de control, por medio de lo cual se controlan los estados de funcionamiento de los rodillos con el fin de ajustar valores de al menos un parámetro de control de proceso. Una correspondiente dirección de rotación de los rodillos puede ser controlada por separado o en conjunto. Opcionalmente, los rodillos también se pueden regular térmicamente, por ejemplo, conectándolos o equipándolos con un dispositivo de refrigeración. Dependiendo del control por medio de la unidad de control, los rodillos pueden funcionar en la misma dirección o en la dirección opuesta y/o a diferentes velocidades. Los rodillos también se pueden mover axialmente. Todos los movimientos pueden ser en este sentido oscilantes o continuos.

Dependiendo de los estados de funcionamiento de los rodillos ajustados por la unidad de control, se forman diferentes formaciones de cizallamiento y deformación en la masa de extrusión, que pueden utilizarse para controlar un proceso de extrusión.

La figura 5 muestra esquemáticamente una boquilla de extrusión de acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar. En particular, la figura 5 muestra una boquilla de extrusión 540 con una salida de masa de extrusión o fundido tangencial. En la boquilla de extrusión, la masa fundida es arrastrada y desviada en su dirección de flujo por medio de la rotación de una barra de restricción controlable o de un rodillo controlable 541, de tal modo que es posible la salida de la masa fundida en cualquier dirección deseada de una manera simple y eficiente. En particular, el canal de extrusión 542, que está formado por medio de un intersticio entre la barra de restricción y la pared del canal de extrusión, puede ser tan estrecho que la masa fundida solo pueda abandonar o salir de la boquilla de extrusión por medio de la rotación de la barra de restricción a través del canal de extrusión. Esto fuerza un flujo de arrastre, que puede ser fácilmente controlado por el control del rodillo de restricción o del rodillo.

La figura 6 muestra esquemáticamente otra disposición de barras de restricción de acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar. En particular, la figura 6 muestra un ejemplo de realización en el que están previstas dos barras de restricción controlables 650 y 651 en forma de rodillos que pueden ser controlados independientemente el uno del otro o conjuntamente. Los rodillos 650 y 651 están dispuestos en los correspondientes casquillos de desgaste cerámicos 652 y 653, que sirven tanto para reducir el desgaste como para proporcionar aislamiento térmico. Este aislamiento térmico es en particular ventajoso en los casos en los que los propios rodillos están configurados de manera térmicamente controlable, por ejemplo, refrigerables. Como estados de funcionamiento de los rodillos, que pueden ser controlados se pueden mencionar en particular la dirección de rotación y el número de revoluciones de los rodillos, que determinan el grado de alivio de presión tras los rodillos.

En el ejemplo de realización de la figura 6, los dos rodillos no están dispuestos uno detrás del otro en la dirección del flujo de la masa fundida, como en el ejemplo de la figura 4, sino que se encuentran uno frente al otro en relación con la dirección de flujo de la masa fundida. Los dos rodillos forman así una disposición en forma de calandria en la zona de salida de la boquilla de ranura ancha. Así, la masa fundida fluye entre los dos rodillos, entre los cuales está configurado un intersticio 654 que forma el canal de extrusión en el área de los rodillos. Dependiendo de la configuración de los rodillos y de su montaje, también es posible cambiar el intersticio entre los dos rodillos, es decir, ampliarlo o reducirlo. Esto significa que las barras de restricción controlables se pueden montar en ejes móviles.

La figura 7 muestra esquemáticamente una disposición simplificada de barra de restricción excéntrica de acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar. En particular, la figura 7 muestra una parte de una boquilla de extrusión y de un canal de extrusión 760 con un lado de entrada 761 y un lado de salida 762 en el que está dispuesta una barra de restricción excéntrica 763 en forma de rodillo. La barra de restricción está montada de forma giratoria en torno a un eje 765 que coincide con el eje central o eje de simetría de la barra de restricción cilíndrica circular. Sin embargo, el eje de rotación 765 está dispuesto de forma excéntrica con respecto al eje central o eje de simetría 764 de un lumen cilíndrico circular o de una expansión cilíndrico circular 767 en la que está dispuesta la barra de restricción 763, de tal modo que el ejemplo de realización de la figura 7 muestra una disposición de barra de restricción excéntrica. Para mayor claridad, la figura 7 muestra la excentricidad a , que indica la distancia entre el punto central 765 del rodillo o eje de rotación y el punto central 764 de la expansión 767. La disposición excéntrica de la barra de restricción reduce la sección transversal libre del canal dentro de la expansión 767 desde el lado de entrada hasta el lado de salida. Para mayor claridad, la sección transversal libre en el lado de entrada está marcada con δ_E y en el lado de salida con δ_A . En particular, en el ejemplo de realización de la figura 7, se cumple: $\delta_E = 2a + \delta_A$. La barra de restricción realiza un movimiento alrededor de su eje de rotación 765, montado excéntricamente o no coaxialmente con respecto al punto central 764 de la expansión 767, cuando la barra de restricción realiza una rotación, lo que se indica con la flecha 766 de la figura 7. Además, el diámetro de la barra de restricción 763 se muestra como r_1 y el diámetro de la expansión cilíndrica circular 767 se muestra como r_2 en la figura 7.

El movimiento de la barra de restricción provoca para la masa de extrusión o el fundido en el canal de extrusión dentro de la expansión cilíndrica circular 767 un cambio local en la sección transversal libre a través de la cual puede pasar el fundido, provocando deformaciones por dilatación y cizallamiento en el fundido.

En particular, puede ser ventajoso si la barra de restricción está configurada esencialmente como un cilindro circular o presenta una forma cilíndrica. En la superficie del cilindro pueden estar dispuestas o configuradas estructuras superficiales o elementos. Por otro lado, el lado interno de la expansión 767 preferentemente no presenta estructuras, pero está configurado esencialmente con una superficie lisa. En particular, la expansión puede tener en

la sección transversal una estructura circular (véase la figura 7) o la forma de una o más secciones elípticas. De este modo, se puede conseguir un canal cónico que, junto con la rotación de la barra de restricción, influye de forma específica en las deformaciones por dilatación y cizallamiento de la masa fundida a su paso por el canal cónico. Es ventajoso que un lado de cojinete de la expansión, es decir, un lado sobre el que descansa o se desplaza la barra de restricción (véase la sección inferior de la figura 7), presente una forma que se adapte al contorno de la barra de restricción, de modo que sea posible un buen alojamiento de la barra de restricción. El lado opuesto, que puede describirse como el lado del intersticio de cizallamiento y está configurado en el canal para el paso de la masa fundida, está configurado preferentemente de tal manera que la sección transversal libre disminuya continuamente desde el lado de entrada hasta el lado de salida. También hay que tener en cuenta que se realiza ventajosamente una transición entre el lado de entrada 761 hacia la expansión y una transición entre la expansión y el lado de salida 762 de tal manera que las condiciones de flujo en la transición cambian de la forma más continua posible y no se producen cambios bruscos de las mismas. En este contexto, la figura 7 solo puede considerarse como un esbozo esquemático. Por ejemplo, los radios en la zona de transición y/o las secciones transversales en la zona de transición pueden seleccionarse de tal manera que sea posible tal transición continua de las condiciones de flujo.

En resumen, se crea un procedimiento para controlar un proceso de extrusión de acuerdo con un ejemplo de realización ejemplar en el que se influye en los parámetros de control de proceso por medio de una barra de restricción controlable o dinámica que está dispuesta en un canal de extrusión de un dispositivo de extrusión. En particular, la barra de restricción controlable puede estar configurada por medio de al menos un rodillo que sea a la vez rotatorio y desplazable axialmente. Mediante el control del movimiento y un control de temperatura opcional, se pueden ajustar los estados de funcionamiento o las variables de influencia del al menos un rodillo. Las variables que influyen en la barra de restricción controlable son el diámetro del rodillo, el intersticio de rodillo, intersticios de rodillo cónicos o en reducción, el ángulo de contacto de rodillo o la longitud de intersticio, la velocidad, el ángulo de rotación y la frecuencia de oscilación de un movimiento oscilante. Las dimensiones externas de la barra de restricción dinámica se pueden diseñar preferentemente de antemano para un campo de trabajo definido mediante cálculos reológicos y termodinámicos. El montaje de los rodillos se puede realizar por medio de una instalación de los rodillos por medio de una superficie de zapata y drenaje lateral. Las ranuras de dientes de sierra con un pequeño ángulo de ataque o depresiones se incorporan en forma de espiral en una cavidad de la carcasa del dispositivo de extrusión para que la fuga pueda fluir lateralmente. Otra opción de montaje es la utilización de casquillos cerámicos (p. ej. ZrO_2) que, además de sus propiedades de deslizamiento, también proporcionan aislamiento térmico hacia la carcasa de la herramienta.

Al controlar los estados de funcionamiento de la barra de restricción controlable, puede ser posible ajustar caídas de presión definidas a lo largo del tiempo con diferentes caudales y polímeros con una misma y única boquilla. Además, puede ser posible influir en la distribución de la tensión de cizallamiento y dilatación por medio de la altura del intersticio entre boquillas, así como en una deformación más uniforme de la masa fundida en el ancho de la boquilla. Se pueden lograr superficies más uniformes de las planchas o láminas evitando diseños de boquillas perforadas. Existe un control de temperatura adicional a través de la superficie del rodillo con el que se puede influir localmente en el crecimiento de la burbuja, por ejemplo, en el área del borde del canal de extrusión. Además, el proceso es más flexible, en particular con polímeros semicristalinos, en la dirección de estructuras de espuma hechas a medida con diferentes polímeros.

De este modo se crea claramente un procedimiento para controlar un proceso de extrusión, en particular un proceso de espumado por extrusión en el área de la conformación un producto semiacabado, mediante uno o más elementos de pared móviles que encierran el canal de flujo. En este sentido, los elementos de pared pueden estar formados por barras de restricción controlables. Por medio de los elementos de pared móviles, el flujo de presión natural, es decir, el flujo de presión que se produciría en la herramienta sin la presencia de los elementos de pared móviles (por ejemplo, las barras de restricción) en la herramienta, puede cambiarse en la herramienta de tal manera que, en función del producto, se produzcan deformaciones por dilatación y cizallamiento en la zona de conformación. Las deformaciones por dilatación y cizallamiento, por medio de la sección transversal de flujo de la boquilla de extrusión, pueden hacer que la termodinámica de la nucleación y, por lo tanto, la formación de la fase gaseosa sean influenciadas de tal modo, con una misma y única boquilla de extrusión o dispositivo de extrusión, se puedan ajustar o generar diversas propiedades de la espuma de polímero específicas del producto.

Una unidad de control comprende preferentemente elementos de pared móviles o controla tales elementos de pared móviles que pueden moverse en todas las direcciones espaciales, pero en particular pueden llevar a cabo un movimiento de rotación y un movimiento axial a lo largo del eje longitudinal. El control o la regulación de los elementos de pared móviles pueden utilizarse para influir o controlar los estados del proceso para las tasas de nucleación por unidad de tiempo y volumen. La influencia puede ser causada por caídas de presión temporales de la mezcla de polímeros o de la masa fundida en el área de la boca de la boquilla, es decir, en el área de salida de la boquilla de extrusión, así como por deformaciones adicionales por dilatación y cizallamiento. Las deformaciones por dilatación y cizallamiento se deben en este sentido, en particular, a la convergencia de la geometría del canal de extrusión, es decir, a la conicidad del canal de extrusión, y a la velocidad de movimiento de los elementos de pared.

Además, hay que señalar que "presentar" no excluye ningún otro elemento o etapa y "uno" o "una" no excluye ninguna pluralidad. Cabe señalar también que las características o etapas que se han descrito con referencia a

cualquiera de las formas de realización anteriores también pueden utilizarse en combinación con otras características o etapas de otras formas de realización descritas anteriormente. Las referencias en las reivindicaciones no deben considerarse de manera restrictiva.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para controlar un proceso de espumado por extrusión que se realiza por medio de un dispositivo de extrusión (100), presentando el dispositivo de extrusión un canal de extrusión (320) con una boquilla de extrusión (540) que está diseñada para extraer una masa de extrusión del dispositivo de extrusión, estando dispuesta una barra de restricción controlable (430, 431, 541, 651, 650) en el canal de extrusión (320), y una unidad de control, presentando el procedimiento:
- control del proceso de extrusión mediante el establecimiento de un valor de al menos un parámetro de control de proceso del proceso de extrusión por medio del control del estado de funcionamiento de la barra de restricción controlable (430, 431, 541, 651,650), realizándose el control del proceso de extrusión mediante el ajuste de un movimiento de la barra de restricción controlable (430, 431, 541, 651, 650), caracterizado por que el movimiento de la barra de restricción controlable (430, 431, 541, 651, 650) es un movimiento de rotación oscilante y/o un movimiento axial de traslación a lo largo de un eje longitudinal de la barra de restricción, realizándose el movimiento de traslación transversalmente a la dirección de extrusión.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, influyendo el parámetro de control de proceso en una tasa de nucleación y/o una presión de la solución y/o una velocidad de crecimiento celular.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, siendo oscilatorio el movimiento de traslación.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, estando dispuesta la barra de restricción (430, 431, 541, 651, 650) en una expansión (767) del canal de extrusión (320) y realizándose el movimiento con respecto a un eje de la barra de restricción (430, 431, 541, 651, 650) que está dispuesto central o excéntricamente con respecto a un eje central de la expansión (767).
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, siendo el estado de funcionamiento de la barra de restricción controlable (430, 431, 541, 651, 650) uno de los que componen el siguiente grupo:
- velocidad de rotación de la barra de restricción;
dirección de rotación de la barra de restricción;
velocidad de traslación de la barra de restricción;
dirección de traslación de la barra de restricción; y
temperatura de la barra de restricción.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, presentando el dispositivo de extrusión una segunda barra de restricción (431, 541, 651).
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, realizando la segunda barra de restricción (431, 651) un movimiento que es igual a un movimiento de la barra de restricción controlable (430, 650) o realizando la segunda barra de restricción un movimiento que es diferente de un movimiento de la barra de restricción controlable.
8. Dispositivo de extrusión (100) para un proceso de espumado por extrusión, presentando el dispositivo de extrusión:
- un canal de extrusión (320) con una boquilla de extrusión (540);
una barra de restricción controlable (430, 431, 541, 651, 650); y
una unidad de control;
estando diseñada la boquilla de extrusión (540) para extraer una masa de extrusión del dispositivo de extrusión;
estando dispuesta la barra de restricción controlable (430, 431, 541, 651, 650) en el canal de extrusión; y
caracterizado por que la unidad de control está diseñada de tal manera que un valor de al menos un parámetro de control de proceso de un proceso de extrusión es ajustable por medio del control de un estado de funcionamiento de la barra de restricción controlable (430, 431, 541, 651, 650), realizándose el control del proceso de extrusión mediante el ajuste de un movimiento de la barra de restricción controlable (430, 431, 541, 651, 650), siendo el movimiento de la barra de restricción controlable (430, 431, 541, 651, 650) un movimiento de rotación oscilante y/o un movimiento de traslación axial a lo largo de un eje longitudinal de la barra de restricción, realizándose el movimiento de traslación transversalmente a la dirección de extrusión.
9. Dispositivo de extrusión de acuerdo con la reivindicación 8, presentando la barra de restricción controlable (430, 431, 541, 651, 650) y/o una entalladura (432, 433) dentro de la cual está dispuesta la barra de restricción controlable una profundización con forma de espiral.

10. Dispositivo de extrusión de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 o 9, presentando la barra de restricción controlable (430, 431, 541, 651, 650) y/o una entalladura (432, 433) dentro de la cual está dispuesta la barra de restricción controlable (430, 431, 541, 651, 650) una superficie estructurada, en particular con un perfil similar a dientes de sierra.

5 11. Dispositivo de extrusión de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 10, presentando el dispositivo de extrusión una pluralidad de boquillas de extrusión.

10 12. Dispositivo de extrusión de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 11 que presenta, además, una unidad de sensor que está diseñada para determinar un estado de funcionamiento de la barra de restricción controlable.

15 13. Medio legible por ordenador en el que se guarda un programa de ordenador, estando diseñado el programa de ordenador de tal modo que, cuando se ejecuta en un procesador, controla un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7.

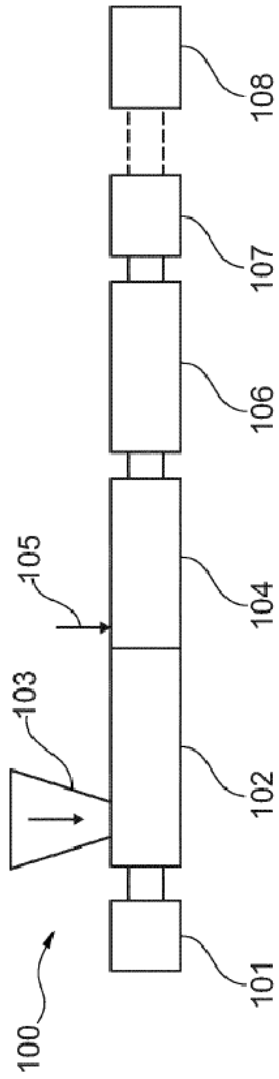


Fig. 1

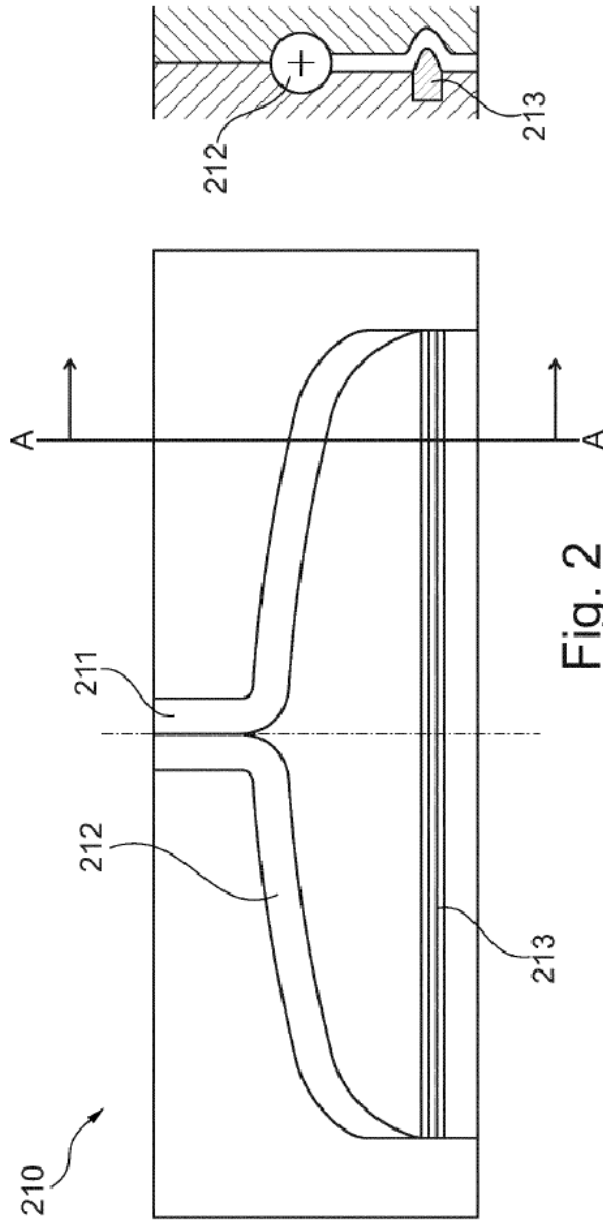


Fig. 2

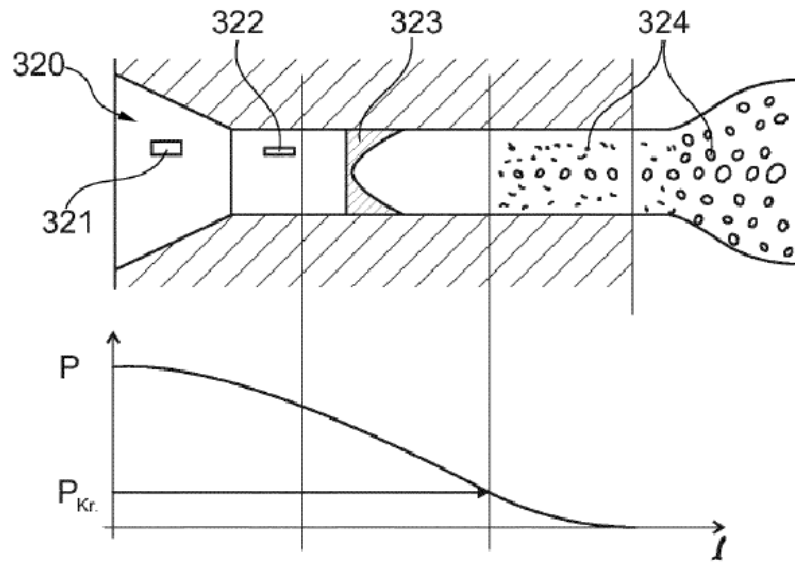


Fig. 3

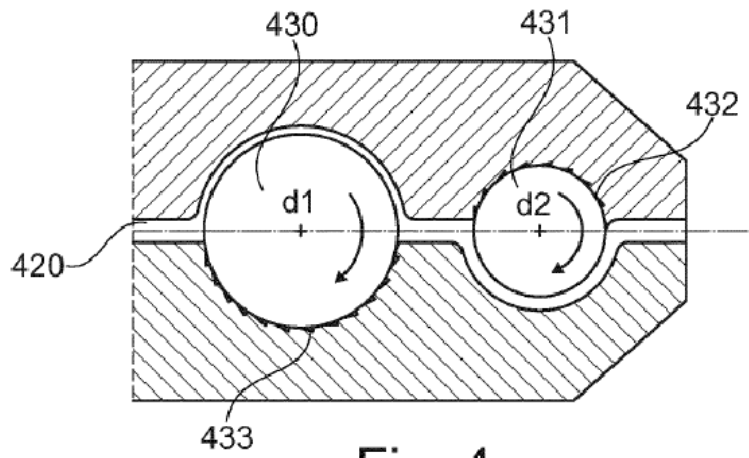


Fig. 4

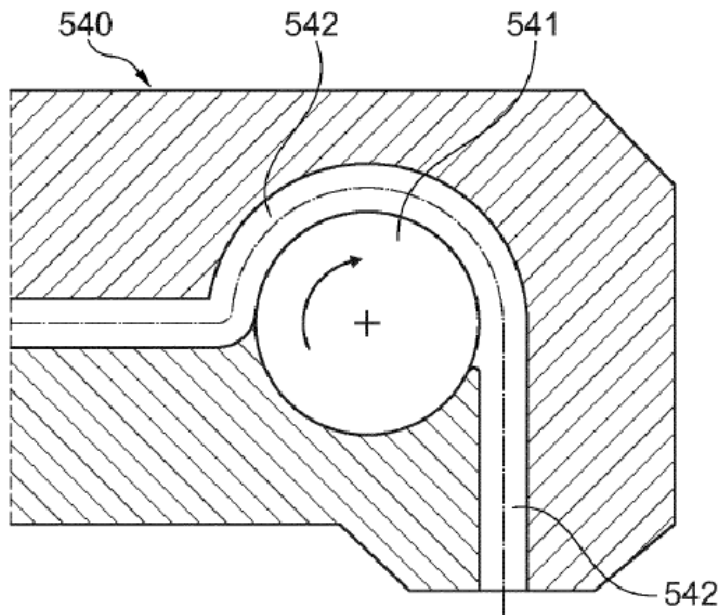


Fig. 5

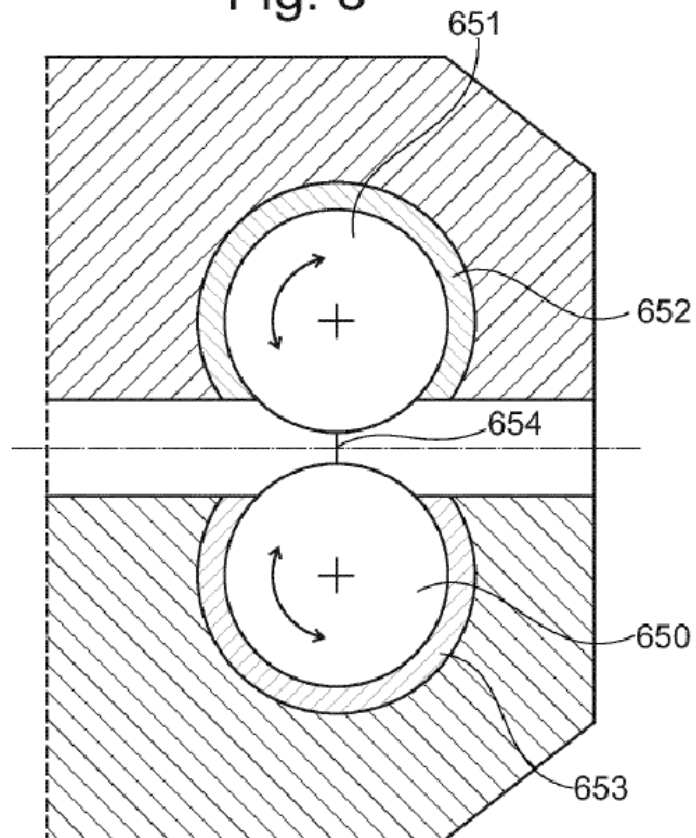


Fig. 6

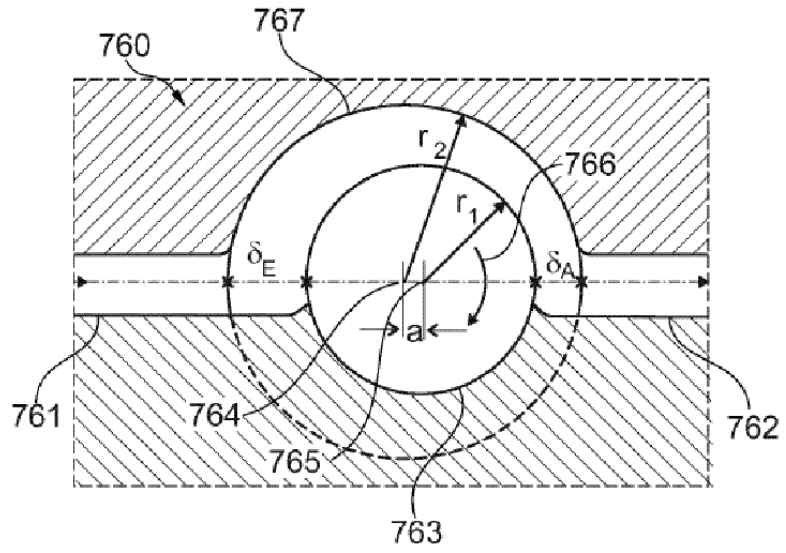


Fig. 7