

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 694 599**

21 Número de solicitud: 201730821

51 Int. Cl.:

**B29C 64/209** (2007.01)  
**B29C 47/54** (2006.01)  
**B33Y 30/00** (2015.01)  
**B33Y 40/00** (2015.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**21.06.2017**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**21.12.2018**

71 Solicitantes:

**SARACHO ROTAECHE, Luis (60.0%)**  
**C/HERMINIO MADINABEITIA, 22 6ºDCHA**  
**01006 VITORIA (Araba/Álava) ES y**  
**OPTIMUS 3D, S.L. (40.0%)**

72 Inventor/es:

**SARACHO ROTAECHE, Luis**

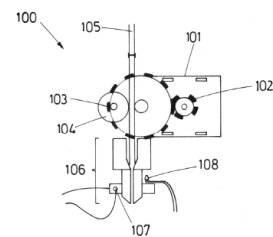
74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

54 Título: **EXTRUSOR VIBRATORIO Y PROCEDIMIENTO DE EXTRUSIÓN VIBRATORIO PARA IMPRESORA 3D**

57 Resumen:

La invención describe un extrusor (1) vibratorio para impresora 3D que comprende un conducto (2) axial de impresión dotado de una boquilla (3) delantera para la inyección de un material de impresión. Este extrusor (1) además comprende: un pistón (4) configurado para desplazarse a lo largo del conducto (2), para comprimir material de impresión alojado en dicho conducto (2) contra la boquilla (3) e impulsar dicho material de impresión una vez fundido hacia la boquilla (3) delantera para provocar su inyección a través de dicha boquilla (3); y un transductor (5) de vibraciones configurado para provocar una vibración axial relativa entre el pistón (4) y la boquilla (3) delantera, para provocar la fusión del material de impresión cercano a la boquilla (3) como consecuencia del calentamiento localizado generado por la interacción entre dicho material de impresión en contacto con el pistón (4) y unas paredes de dicha boquilla (3).



**FIG.1**  
TÉCNICA ANTERIOR

ES 2 694 599 A1

## **DESCRIPCIÓN**

Extrusor vibratorio y procedimiento de extrusión vibratorio para impresora 3D

### **5 OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención pertenece de manera general al campo de la impresión tridimensional, y más particularmente a los sistemas de calentamiento empleados para fundir el material de impresión.

10

Un primer objeto de la presente invención es un nuevo extrusor diseñado para calentar el material de impresión de una impresora 3D mediante vibraciones.

15

Un segundo objeto de la presente invención es un nuevo procedimiento de extrusión llevado a cabo por un extrusor vibratorio del tipo descrito anteriormente.

### **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

20

La impresión 3D es un grupo de tecnologías de fabricación por adición donde un objeto tridimensional es creado mediante la superposición de capas sucesivas de un material de impresión. El material de impresión se proporciona a la impresora 3D en estado sólido, normalmente en forma de filamento, y es necesario fundirlo a través de la aplicación de calor para permitir su inyección a través de un extrusor de la impresora 3D.

25

Actualmente, para fundir el material de impresión el extrusor utiliza un calentador basado en una resistencia. A modo de ejemplo, la Fig. 1 muestra un esquema simplificado de un extrusor (100) de este tipo donde se aprecian las diferentes partes que lo conforman. Un motor paso a paso (101) mueve una rueda dentada pequeña (102) que, a su vez, engrana con una rueda dentada grande (103). La rueda dentada grande (103) hace girar un rodamiento (104) que provoca el desplazamiento axial de un filamento (105) de material de impresión. El filamento (105) es así desplazado en dirección axial hacia una zona caliente (106) donde su extremo es calentado mediante un calentador (107) normalmente basado en una resistencia. Un sensor de temperatura (108), como un termopar, mide la temperatura a la que se calienta el filamento (105).

35

Esta configuración requiere de un complicado equilibrio en la aplicación del calor por parte

de la resistencia (107), ya que debe conseguirse que el extremo inferior del filamento (105) se funda completamente pero al mismo tiempo mantener la porción intermedia del filamento (105), impulsada por el rodamiento (104), en estado sólido. En efecto, cuando el rodamiento (104) impulsa el filamento (105) en dirección axial, la porción de filamento (105) por debajo del rodamiento (104) queda sometida a un esfuerzo de compresión: cada porción del filamento (105) “empuja” la porción del mismo situada inmediatamente debajo para hacer llegar el extremo inferior del filamento (105) a la zona caliente (106). Esto requiere necesariamente que la porción intermedia del filamento (105) se mantenga en estado sólido, por lo que durante el funcionamiento normal de este extrusor (100) la acción de la resistencia (107) únicamente debe fundir el extremo inferior del filamento (105). Un importante inconveniente de esta configuración es que, si la porción intermedia del filamento (105) se reblandece como consecuencia de un desequilibrio en la aplicación de calor por parte de la resistencia (107), se producen importantes problemas en la alimentación del filamento (105) en forma de atascos de material que obligan a detener la impresión.

Otro importante inconveniente de esta configuración consiste en la limitada capacidad de la resistencia (107) para modificar rápidamente la temperatura que se transmite al filamento (105). En efecto, la resistencia (107) que provoca la fusión del filamento (105) presenta una inercia térmica alta que impide llevar a cabo cambios rápidos de temperatura. La modificación de la temperatura del filamento (105) es esencial para permitir un control preciso del grosor de impresión: cuando más caliente está el extremo del filamento (105), más fluido se vuelve, y por tanto más delgada es la línea impresa. Por tanto, el uso de una resistencia (107) como elemento de calentamiento del extrusor (100) limita la velocidad de la impresora 3D de realizar cambios de grosor durante el proceso de impresión.

25

## **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN**

El novedoso extrusor para impresora 3D descrito en este documento soluciona los problemas anteriores gracias principalmente a que se modifica el mecanismo de calentamiento del extremo inferior del material de impresión, ya sea en forma de filamento o de gránulos, sustituyéndose el calentamiento mediante resistencia por un calentamiento mediante vibración. El calentamiento mediante vibración presenta diversas ventajas sobre la resistencia, siendo las más relevantes en este contexto la capacidad de proporcionar un calor mucho más localizado y la capacidad de modificar la cantidad de calor aportado muy rápidamente. La disposición de un elemento de aplicación de vibraciones en el extrusor adicionalmente provoca importantes cambios en su configuración, sustituyéndose la

35

alimentación del material de impresión necesariamente en forma de filamento impulsado por un motor paso a paso por la alimentación del material de impresión a través de un pistón. Esto presenta la ventaja adicional de permitir la alimentación del material de impresión no sólo en forma de filamento, sino también en forma de gránulos o similares.

5

Nótese que este nuevo extrusor no sólo es aplicable en el campo de la impresión 3D, sino que podría tener muchas otras aplicaciones. En efecto, la aplicación de una vibración permite que este dispositivo inyecte cualquier tipo de material de impresión que se encuentre en forma fluida o pulverulenta. Por ejemplo, el extrusor de la presente invención podría constituir el inyector de una impresora 2D cuyo material de impresión estuviese en forma de polvo, como por ejemplo polvo de metal o similares. El extrusor de la invención también podría servir para la impresión, ya sea en 3D o en 2D, de materiales de impresión que requieran un paso posterior de endurecido. Este paso posterior podría llevarse a cabo con otro dispositivo asociado al extrusor de la invención. También podría aplicarse este nuevo extrusor a campos diferentes de la impresión, ya que serviría para inyectar cualquier material fluido o pulverulento.

10

15

Por tanto, en este documento, el término “*material de impresión*” debe interpretarse de manera genérica como cualquier material, normalmente en forma de fluido o de polvo, adecuado para ser inyectado mediante el dispositivo de la invención. Es decir, el material de impresión no está limitado a un material específicamente pensado para su impresión mediante una impresora 2D o 3D.

20

En este documento, el término “*vibración*” hace referencia a un movimiento mecánico alternativo a una frecuencia que depende del material de impresión que se desee inyectar. Por ejemplo, como se describirá con mayor detalle más adelante en este documento, la frecuencia de la vibración puede ser ultrasónica (mayor de 20 kHz) para la fusión de los materiales plásticos habitualmente utilizados en la impresión 3D convencional. Alternativamente, pueden utilizarse frecuencias menores para la expulsión, con o sin fusión, de otros materiales de impresión. Por ejemplo, frecuencias en el entorno de 5 kHz podrían ser suficientes para la extrusión y generación de la forma inicial de materiales cerámicos en crudo, como los empleados en la fabricación de prótesis dentales. También se podrían utilizar frecuencias aún más bajas para hacer fluir materiales en forma de polvo que no necesiten ser fundidos inicialmente y se endurezcan en un proceso posterior.

30

En este documento, el término “*axial*” hace referencia a la dirección principal del extrusor a

lo largo de la cual se realiza la impresión.

En este documento, el término “*delantero*” hace referencia al extremo del extrusor según la dirección axial más cercano al punto donde se produce la inyección del material, mientras que el término “*trasero*” hace referencia a un extremo opuesto al delantero.

Un primer aspecto de la presente invención está dirigido a un extrusor vibratorio para impresora 3D que comprende fundamentalmente: un conducto axial, un pistón, y un transductor de vibración. A continuación, se define cada uno de dichos elementos con mayor detalle:

a) Conducto axial

Se trata de un conducto axial dotado de una boquilla delantera para la inyección de un material de impresión. Este conducto axial puede implementarse a través de una o varias piezas interconectadas y dotadas de un orificio axial que las atraviesa. Estas piezas pueden estar hechas de un material tal como acero o similar. El diámetro del conducto axial puede ser similar al diámetro de los conductos utilizados en extrusores convencionales actuales, como por ejemplo de entre 1,75 mm y 3,00 mm.

Por otra parte, la boquilla puede en principio implementarse de diferentes modos siempre que tenga un orificio de extremo delantero que implique una reducción en el diámetro del conducto axial. Por ejemplo, la boquilla delantera puede tener una forma esencialmente cónica, de modo que el material de impresión fundido es impulsado hacia dicho orificio delantero y finalmente inyectado a través del mismo. En cualquier caso, es necesario remarcar que, en este contexto, las paredes interiores de la boquilla estarán inclinadas hacia dentro con relación a la dirección vertical. Además, el orificio delantero de la boquilla es muy pequeño con relación al tamaño de la pieza o piezas de material de impresión en estado sólido que se alimenta al extrusor, y por tanto dicha pieza o piezas de material de impresión no caben por dicho orificio si no son previamente fundidas.

b) Pistón

El pistón está configurado para desplazarse a lo largo del conducto axial de impresión con el propósito de comprimir material de impresión alojado en dicho

conducto axial contra la boquilla delantera y de impulsar dicho material de impresión, una vez fundido, hacia la boquilla delantera para provocar su inyección a través de dicha boquilla delantera.

5 Por tanto, aunque no se describe de manera explícita en el presente documento, el pistón está mecánicamente acoplado a un medio de accionamiento capaz de hacerlo avanzar y retroceder de una manera controlada a lo largo del conducto axial del extrusor de la invención. Este medio de accionamiento estará además en comunicación con un medio de control adecuado para gestionar adecuadamente la  
10 velocidad de avance y retroceso del pistón en cada momento según se describirá más adelante en este documento.

c) Transductor de vibraciones

15 Se trata de un transductor de vibraciones configurado para provocar una vibración axial relativa entre el pistón y la boquilla delantera. Esta vibración axial relativa provoca la fusión del material de impresión cercano a la boquilla delantera como consecuencia del calentamiento localizado generado por la interacción entre dicho material de impresión en contacto con el pistón y unas paredes de dicha boquilla  
20 delantera, que como se ha comentado con anterioridad están inclinadas hacia dentro con relación a la dirección axial del extrusor.

En principio, el transductor de vibraciones puede ser de cualquier tipo conocido en la técnica siempre que pueda llevar a cabo la función descrita en este documento. Por  
25 ejemplo, puede utilizarse un transductor piezoeléctrico o sonotrodo formado por un generador de vibración y un conjunto mecánico de amplificación de amplitudes, siendo aceptables en función del diseño amplitudes entre 8 y 120 micras. La vibración generada por el transductor compacta primero el material de impresión y, una vez compactado, provoca la fusión del material de impresión que está en  
30 contacto con la boquilla.

Un rango de frecuencias típico para fundir los materiales normalmente empleados en las impresoras 3D sería de 20 kHz hasta 145 kHz. En cualquier caso, es importante señalar que este nuevo extrusor podría utilizarse para la inyección de otro tipo de  
35 materiales. Por ejemplo, podría utilizarse una impresora 3D para la realización de prótesis dentales, en cuyo caso el material empleado sería cerámica. En este caso,

bastaría con una frecuencia mucho más baja, por ejemplo de 5 kHz o más. Por tanto, el rango de frecuencias de la vibración aplicada no está restringido, y se selecciona en función de las características del material que se desea fundir.

5 En cuando a la disposición del transductor de vibraciones para generar la vibración axial relativa descrita, pueden mencionarse tres configuraciones principales:

10 c1) En una primera configuración, el transductor de vibraciones puede estar configurado para provocar la vibración axial de una porción del extrusor que comprende el conducto axial de impresión y la boquilla, estando dicha porción del extrusor mecánicamente aislada del pistón. Esta porción del extrusor puede estar formada por una única pieza, o bien por un conjunto de piezas conectadas entra sí para conformar el conducto axial y la boquilla. Naturalmente, en este caso el transductor de vibraciones estaría  
15 mecánicamente aislado del pistón. En principio, el transductor podría acoplarse a cualquier parte de dicha porción del extrusor, aunque preferentemente se acopla a un extremo trasero de dicha porción del extrusor. Más preferentemente, el transductor de vibraciones comprende un orificio axial para el paso del pistón.

20 c2) En una segunda configuración, el transductor de vibraciones puede estar configurado para aplicar la vibración axial al pistón, estando dicho pistón mecánicamente aislado de una porción del extrusor que comprende el conducto axial de impresión y la boquilla. En este caso, el transductor de vibraciones estaría fijado o acoplado al pistón y mecánicamente aislado de la  
25 mencionada porción del extrusor donde se encuentra el conducto axial y la boquilla.

30 c3) En una tercera configuración, el extrusor comprende un segundo transductor de vibraciones, donde el transductor de vibraciones está configurado para aplicar una vibración axial al pistón y el segundo transductor de vibraciones está configurado para aplicar una vibración axial a la porción del extrusor que comprende el conducto axial de impresión y la boquilla. Como en las configuraciones anteriores, dicho pistón está mecánicamente  
35 aislado de la porción del extrusor que comprende el conducto axial de impresión y la boquilla. Esta configuración proporciona una mayor flexibilidad

a la hora de controlar las frecuencias de vibración de los elementos que componen el extrusor, pudiendo jugarse con la combinación de dos frecuencias diferentes aplicadas a elementos diferentes del extrusor.

- 5 En este contexto, la expresión “*mecánicamente aislado*” hace referencia a un aislamiento mecánico en dirección axial en el sentido de que la vibración de un elemento que vibra (bien el pistón o bien la porción del extrusor que comprende el conducto axial y la boquilla) no se transmite al elemento que no vibra.
- 10 Por tanto, el funcionamiento de un extrusor de este tipo sería fundamentalmente el siguiente. Puesto que el pistón está en contacto con el material de impresión alojado en el conducto, el movimiento en dirección axial de dicho material de impresión está determinado por el movimiento en dirección axial del pistón: si el pistón vibra en dirección axial, el material de impresión del conducto también lo hará; si el pistón está inmóvil, el material de impresión del conducto también lo estará. Por tanto, inicialmente el pistón avanza hasta comprimir el material de impresión, aún en estado sólido, contra la boquilla delantera y, a continuación, se produce una vibración axial relativa entre el pistón y dicha boquilla. Como consecuencia, se producirá también una vibración axial relativa entre el material de impresión alojado en el conducto, que aún está en estado sólido, y la boquilla. Esa vibración axial relativa entre material de impresión alojado en el conducto y la boquilla provoca la compresión y descompresión alternativa del material de impresión adyacente a la boquilla contra las paredes interiores de la boquilla. Esta compresión y descompresión alternativa, y el rozamiento asociado, tendrán el efecto de generar una gran cantidad de calor muy localizado en la zona de la boquilla. Nótese que, aunque existirá también una vibración axial relativa entre el resto del material de impresión alojado en el conducto y las paredes laterales del propio conducto, en este caso no se producirá una cantidad apreciable de calor dado que las paredes laterales del conducto presentan una dirección axial. Es decir, no se producirá ninguna compresión o descompresión ni tampoco un rozamiento apreciable, y por tanto el calor generado en la zona de las paredes laterales del conducto será ínfima en comparación con el generado en la zona de la boquilla. En definitiva, el calor generado en la boquilla provocará la fusión del material de impresión situado en esa zona. Un posterior desplazamiento axial hacia adelante del pistón impulsará dicho material de impresión en estado líquido para inyectarlo a través de la boquilla.
- 35 Esta configuración resuelve los problemas descritos anteriormente con relación a extrusores donde el calentamiento se lleva a cabo mediante una resistencia. En primer lugar, se evita el



problema relativo al reblandecimiento del filamento, ya que el mecanismo de alimentación basado en pistón resuelve completamente este problema. Es más, el uso de un pistón permite alimentar el material de impresión al extrusor no sólo en forma de filamento sino también en forma de gránulos o granza. En segundo lugar, la configuración de este documento permite generar el calor para fundir el material de impresión de una manera extremadamente localizada en la zona de la boquilla. Esto no solo mejora el rendimiento energético del dispositivo sino que evita los inconvenientes relativos al calentamiento del cuerpo del extrusor que se producían en las configuraciones convencionales. En tercer lugar, un adecuado control de la vibración aplicada permite modificar de una manera extremadamente rápida la cantidad de calor generado en la boquilla. Esto permite modificar muy rápidamente la temperatura del material de impresión fundido ubicado en la zona de la boquilla, por lo que es posible cambiar el grosor de la impresión en muy poco tiempo.

En una realización preferida más de la invención, el extrusor comprende además un conducto lateral en comunicación con el conducto axial para la alimentación del material de impresión. Este conducto lateral se une al conducto axial en algún punto adecuado situado por debajo de la carrera del extremo delantero del pistón, y permite introducir el material de impresión en el tramo de conducto a lo largo el cual se desplaza el extremo delantero del pistón. Como se ha comentado con anterioridad, el material de impresión en bruto que se alimenta a este extrusor puede estar en forma de filamento o en forma de gránulos o granza. Con el propósito de optimizar el proceso de alimentación de material de impresión en bruto en este segundo caso, en otra realización particularmente preferida de la invención un extremo trasero del conducto lateral comprende además una tolva para la alimentación del material de impresión en forma de gránulos.

En aún otra realización preferida de la invención, la superficie interior del conducto axial comprende un recubrimiento deslizante para minimizar la generación de calor por rozamiento con las paredes exteriores del pistón. Este recubrimiento deslizante se caracteriza por tener un bajo coeficiente de fricción. Por ejemplo, el recubrimiento puede estar hecho de teflón.

Un segundo aspecto de la presente invención está dirigido a un procedimiento de extrusión vibratorio para impresora 3D que comprende fundamentalmente los siguientes pasos:

1) Compresión

Este paso comprende comprimir, mediante un pistón configurado para desplazarse a lo largo de un conducto axial de impresión, un material de impresión alojado en dicho conducto axial contra una boquilla delantera de dicho conducto axial de impresión. En otras palabras, puesto que el tamaño del material de impresión, aún en estado sólido, es mayor que el diámetro del orificio delantero de la boquilla, un avance del pistón provoca la compresión del material de impresión del interior del conducto axial.

## 2) Aplicación de vibración

A continuación, mediante un transductor de vibraciones, se aplica una vibración axial relativa entre el pistón y la boquilla delantera. Como consecuencia del calentamiento localizado generado por el rozamiento entre dicho material de impresión y unas paredes de dicha boquilla delantera, se provoca primero una compactación del material de impresión y, a continuación, una fusión controlada de dicho material de impresión que esté en contacto con la boquilla delantera.

Como se ha mencionado con anterioridad en este documento, el transductor de vibraciones puede estar dispuesto de modo que la vibración es aplicada bien al pistón, o bien a la boquilla delantera, o bien a ambos. Preferentemente, el transductor de vibraciones está configurado para aplicar la vibración a una porción del extrusor que comprende el conducto axial de impresión y la boquilla, estando dicha porción del extrusor mecánicamente aislada del pistón. Más preferentemente, el transductor de vibraciones está acoplado a un extremo trasero de dicha porción del extrusor.

## 3) Impulsión

Finalmente, mediante el pistón, se impulsa el material de impresión fundido hacia la boquilla delantera para provocar su inyección a través de dicha boquilla delantera. Es decir, el pistón avanza una determinada distancia suficiente para expulsar a través de la boquilla la cantidad de material de impresión que se haya fundido en el paso anterior.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, este proceso comprende además un paso inicial de introducir en el conducto axial material de impresión en estado sólido a través de un conducto lateral en comunicación con dicho conducto axial. Este paso inicial se

producirá al principio del procedimiento de impresión y, a continuación, los pasos de compresión, aplicación de vibraciones, e impulsión pueden realizarse iterativamente varias veces siempre que haya todavía material de impresión alojado en el conducto axial. Nótese que cada iteración puede implicar el desplazamiento del pistón únicamente una pequeña  
5 proporción de la longitud total del conducto axial, por ejemplo entre una quinta y una décima parte de dicha longitud total, ya que este tipo de extrusor está pensado para su aplicación en la impresión de piezas de precisión y pequeño tamaño.

En otra realización preferida de la invención, cuando el extremo delantero de dicho pistón  
10 alcanza finalmente una posición adyacente a la boquilla delantera, el procedimiento comprende además un paso final de retraer el pistón hasta una posición retraída trasera. El pistón queda por tanto preparado para volver a comenzar su avance una vez se haya introducido una nueva carga de material de impresión a través del conducto lateral.

## 15 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

La Fig. 1 muestra un esquema simplificado de un extrusor de acuerdo con la técnica anterior.

20 La Fig. 2 muestra una sección longitudinal de un primer ejemplo de extrusor de acuerdo con la presente invención.

Las Figs. 3a-3c muestran las etapas principales en un procedimiento de inyección mediante un extrusor como el mostrado en la Fig. 2.

25

La Fig. 4 muestra una sección longitudinal de un segundo ejemplo de extrusor de acuerdo con la presente invención.

Las Figs. 5a-5c muestran las etapas principales en un procedimiento de inyección mediante  
30 un extrusor como el mostrado en la Fig. 4.

La Fig. 6 muestra una sección longitudinal de un tercer ejemplo de extrusor de acuerdo con la presente invención.

## 35 **REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION**

**Primer ejemplo**

La Fig. 2 muestra un primer ejemplo de extrusor (1) de acuerdo con la presente invención donde se aprecian las diferentes partes que lo componen. Este primer ejemplo corresponde a una configuración en la que la vibración es aplicada al conducto (2) y la boquilla (3) en lugar de al pistón (4).

El extrusor (1) de este primer ejemplo presenta un conducto (2) axial implementado como un orificio pasante en una pieza (10). En el extremo delantero del conducto (2) hay una boquilla (3), en este ejemplo consistente en una pieza adicional roscada a dicho extremo delantero del conducto (2). Un pistón (4) está dispuesto en el interior del conducto (2) de manera que puede desplazarse a lo largo del mismo entre una posición extendida y una posición retraída. El pistón (4) presenta un extremo delantero (4a) y un extremo trasero (4b). En la posición extendida, el extremo delantero (4a) del pistón (4) se encuentra en una posición esencialmente adyacente a la boquilla (3) delantera ubicada en el extremo delantero del conducto (2). En la posición retraída, el extremo delantero (4a) del pistón (4) se encuentra en una posición retrasada con relación al punto de unión entre un conducto lateral (6) y el conducto axial (2). El conducto (6) lateral, que conecta con el conducto axial (2), sobresale lateralmente de la pieza (10) y termina en una tolva (7). La tolva (7) permite la alimentación del material de impresión en forma de gránulos o granza, y el ángulo sobre la horizontal que forma dicho conducto (6) lateral provoca que dichos gránulos caigan por sí mismos desde la tolva (7) hacia el conducto axial (2).

Un transductor (5) de vibraciones se encuentra fijado a la base de la pieza (10), es decir, a su extremo trasero. El transductor (5) está formado por dos elementos piezoeléctricos (5b, 5c) encerrados entre un par de placas (5a, 5d) que aplican una pre-compresión a los elementos piezoeléctricos (5b, 5c). La placa inferior (5d) está fijada a la base de la pieza (10) de manera que, cuando se activan los elementos piezoeléctricos (5b, 5c), transmite a dicha pieza (10) una vibración de dirección axial. El transductor (5) de vibraciones de este ejemplo presenta además un orificio central que permite el paso del pistón (4) en su desplazamiento entre las posiciones extendida y retraída. El pistón (4) está diseñado para que la vibración axial generada por el transductor (5) no se transmita a dicho pistón (4) directamente ni a través de la pieza (10). Por tanto, cuando se activa el transductor (5) de vibraciones, únicamente la pieza (10), y con ella las paredes interiores del conducto (2) y la boquilla (3), vibran en dirección axial. De un modo similar al descrito anteriormente, eso provoca el calentamiento casi instantáneo del material de impresión alojado en el conducto

(2) en la zona adyacente a la boquilla (3). El extrusor (1) de este ejemplo también incluye un recubrimiento deslizante con un bajo coeficiente de fricción sobre las paredes interiores del conducto (2) axial.

5 Las Figs. 3a-3c muestran los pasos principales de un procedimiento de extrusión de este extrusor (1) instalado en una impresora 3D. La Fig. 3a muestra un estado inicial en el que el pistón (4) está en una posición retraída, de modo que el material de impresión (50) almacenado en la tolva (7) en forma de gránulos se desplaza a lo largo del conducto (6) lateral y entra en el conducto (2) axial hasta llenarlo. Nótese que, si bien el material de impresión (50) de este ejemplo está en forma de gránulos, también podría proporcionarse en forma de filamento. La Fig. 3b muestra una situación en la que el pistón (4) ha avanzado hasta provocar la compresión del material de impresión (50) alojado en el conducto (2) axial. Los gránulos que conforman el material de impresión (50) tienen un tamaño superior al tamaño del orificio del extremo delantero de la boquilla (3), por lo que a pesar de la presión ejercida por el pistón (4) no pueden salir del conducto (2) a través de la boquilla (3) y debido a ello son comprimidos. En esta misma posición, se acciona el transductor (5) de vibraciones de modo que la vibración axial generada se transmite por contacto directamente a la pieza (10), y por tanto a las paredes interiores del conducto (2) y la boquilla (3). Las paredes interiores del conducto (2) y la boquilla (3) comienzan a vibrar en dirección axial. Esta vibración axial provoca que el material de impresión (50) cercano a la boquilla (3) también sufra una vibración en dirección axial, comprimiéndose y rozando repetidamente con las paredes interiores de la boquilla (3). Esta interacción provoca una importante generación de calor en esta zona que causa casi inmediatamente la fusión del material de impresión (50) adyacente a la boquilla (3). Nótese que a lo largo de las paredes del conducto (2) no se produce esta interacción, ya que la dirección de vibración de las paredes laterales del conducto (2) es paralela a la dirección de desplazamiento del pistón (4). Además, la disposición del recubrimiento (11) de las paredes interiores del conducto (2) axial minimiza aún más cualquier posible generación residual de calor, por lo que en esta zona no se produce una generación de calor importante. Finalmente, como se aprecia en la Fig. 3c, una vez se ha producido la fusión del material de impresión en la zona adyacente a la boquilla (3), se hace avanzar de nuevo el pistón (4) para provocar la expulsión del material de impresión (50) fundido a través de la boquilla (3).

Este proceso ha servido para fundir y expulsar una pequeña cantidad de material de impresión (50), pero todavía queda material de impresión (50) restante en el conducto (2). Por tanto, los pasos descritos de compresión, vibración y expulsión pueden repetirse varias

veces hasta agotar el material de impresión (50) alojado en el conducto (2). Cuando ello ocurre, es decir, cuando el pistón (4) ha llegado hasta la posición extendida donde su extremo delantero (4a) es adyacente a la boquilla (3), se lleva a cabo un último paso de retorno del pistón (4) hasta su posición retraída. El extrusor (1) queda así listo para una  
5 nueva entrada de material de impresión (50).

### Segundo ejemplo

La Fig. 4 muestra un segundo ejemplo de extrusor (1) de acuerdo con la presente invención  
10 donde se aprecian las diferentes partes que lo componen. Este segundo ejemplo corresponde a una configuración en la que la vibración es aplicada al pistón.

El extrusor (1) de este segundo ejemplo tiene un conducto (2) axial que lo recorre en dirección axial y que termina en una boquilla (3) delantera. La boquilla (3) de este ejemplo  
15 tiene una forma interior esencialmente cónica cuyo diámetro disminuye desde un diámetro similar al diámetro del conducto (2) hasta un diámetro sustancialmente menor correspondiente al orificio delantero de salida de la boquilla (3). El conducto (2) está implementado como un orificio axial pasante en una pieza (10) esencialmente cilíndrica. Un pistón (4) está dispuesto en el interior del conducto (2) de manera que puede trasladarse a  
20 lo largo del mismo entre una posición extendida y una posición retraída. El pistón (4) presenta un extremo delantero (4a) y un extremo trasero (4b). En la posición extendida, el extremo delantero (4a) del pistón (4) se encuentra en una posición esencialmente adyacente a la boquilla (3) delantera ubicada en el extremo delantero del conducto (2). En la posición retraída, el extremo delantero (4a) del pistón (4) se encuentra en una posición retrasada tal  
25 que deja libre la unión entre el conducto axial (2) y un conducto (6) lateral. El conducto (6) lateral que conecta con el conducto axial (2) sobresale lateralmente de la pieza (10) y termina en una tolva (7). La tolva (7) permite la alimentación del material de impresión en forma de gránulos o granza, y el ángulo sobre la horizontal que forma dicho conducto (6) lateral provoca que dichos gránulos caigan por sí mismos desde la tolva (7) hacia el  
30 conducto axial (2).

Un transductor (5) de vibraciones está acoplado al extremo trasero (4b) del pistón (4). El transductor (5) de vibraciones está formado a partir de dos elementos piezoeléctricos (5b, 5c) centrales encerrados y precomprimidos entre dos placas (5a, 5d) externas. La placa (5d)  
35 externa más inferior está fijada al extremo trasero (4b) del pistón (4). De ese modo, el accionamiento del transductor (5) de vibraciones provoca la transmisión al pistón (4) de una

vibración en dirección axial. Como se ha mencionado con anterioridad en este documento, el pistón (4) está mecánicamente aislado del conducto (2) y la boquilla (3), lo que significa que las vibraciones axiales del pistón (4) no se transmiten a la pieza (10). Por tanto, cuando se acciona el transductor (5), el pistón (4) vibra en dirección vertical a lo largo del conducto (2) sin que las paredes del conducto (2) ni la boquilla (3) vibren. Como se describe a continuación, eso provoca el calentamiento casi instantáneo del material de impresión alojado en el conducto (2) en la zona adyacente a la boquilla (3).

Las Figs. 5a-5d muestran los pasos principales de un procedimiento de extrusión de este extrusor (1) instalado en una impresora 3D. La Fig. 5a muestra un estado inicial en el que el pistón (4) está en su posición retraída, y por tanto el material de impresión (50) almacenado en la tolva (7) en forma de gránulos se desplaza a lo largo del conducto (6) lateral y entra en el conducto (2) axial hasta llenarlo. Nótese que, si bien el material de impresión (50) de este ejemplo está en forma de gránulos, también podría proporcionarse en forma de filamento. La Fig. 5b muestra un estado en el que el pistón (4) ha avanzado una distancia para provocar la compresión del material de impresión (50) alojado en el conducto (2) axial. Los gránulos que conforman el material de impresión (50) tienen un tamaño superior al tamaño del orificio del extremo delantero de la boquilla (3), por lo que a pesar de la presión ejercida por el pistón (4) no pueden salir del conducto (2) a través de la boquilla y debido a ello son comprimidos. En esta posición, se acciona el transductor (5) de vibraciones de modo que la vibración axial generada se transmite por contacto directamente al pistón (4). El pistón (4) comienza a vibrar en dirección axial, es decir, vertical de acuerdo con la figura. Esta vibración axial provoca que el material de impresión (50) cercano a la boquilla (3) también sufra una vibración en dirección axial, comprimiéndose y rozando repetidamente con las paredes cónicas interiores de dicha boquilla (3). Esta interacción provoca una importante generación de calor en esta zona que causa casi inmediatamente la fusión del material de impresión (50) adyacente a la boquilla (3). Nótese que a lo largo de las paredes del conducto (2) no se produce esta interacción, ya que las paredes laterales del conducto (2) son paralelas a la dirección de vibración del pistón (4). Por tanto, en esta zona no se produce una generación de calor importante. Finalmente, una vez se ha producido la fusión del material de impresión en la zona adyacente a la boquilla (3), se hace avanzar de nuevo el pistón (4) para provocar la expulsión del material de impresión (50) fundido a través de la boquilla (3). Este último paso se ha representado en la Fig. 5c.

Este proceso ha servido para fundir y expulsar una pequeña cantidad de material de impresión (50), pero todavía queda material de impresión (50) restante en el conducto (2).

Por tanto, los pasos descritos de compresión, vibración y expulsión pueden repetirse varias veces hasta agotar el material de impresión (50) alojado en el conducto (2). Cuando ello ocurre, es decir, cuando el pistón (4) ha llegado hasta la posición extendida donde su extremo delantero (4a) es adyacente a la boquilla (3), se lleva a cabo un último paso de  
5 retorno del pistón (4) hasta su posición retraída. El extrusor (1) queda así listo para una nueva entrada de material de impresión (50).

### **Tercer ejemplo**

- 10 La Fig. 6 muestra un tercer ejemplo de extrusor (1) de acuerdo con la presente invención donde se aprecian las diferentes partes que lo componen. Este tercer ejemplo corresponde a una configuración en la que la vibración es aplicada tanto al pistón como al conducto (2) y la boquilla (3).
- 15 El extrusor (1) de este tercer ejemplo es similar al mostrado en el primer ejemplo excepto por que comprende dos transductores (5, 5') de vibraciones. Un primer transductor (5) está configurado de una manera equivalente a la mostrada con relación a la Fig. 2, fijado a la base de la pieza (10) en la que está implementado el conducto (2) axial y a la que está fijada la boquilla (3). Por tanto, este primer transductor (5) permite aplicar una vibración a la pieza  
20 (10), y por tanto también al conducto (2) axial y la boquilla (3). El segundo transductor (5') está fijado al extremo trasero (4b) del pistón (4). Por tanto, este segundo transductor (5') permite aplica una vibración al pistón (4). Esta configuración permite combinar el funcionamiento descrito con relación a los extrusores (1) del primer y segundo ejemplos.

25



**REIVINDICACIONES**

1. Extrusor (1) vibratorio para impresora 3D, que comprende un conducto (2) axial de  
5 impresión dotado de una boquilla (3) delantera para la inyección de un material de  
impresión, caracterizado por que además comprende:
- un pistón (4) configurado para desplazarse a lo largo del conducto (2) axial de  
impresión, para comprimir material de impresión alojado en dicho conducto (2) axial contra  
la boquilla (3) delantera e impulsar dicho material de impresión una vez fundido hacia la  
10 boquilla (3) delantera para provocar su inyección a través de dicha boquilla (3) delantera; y
  - un transductor (5) de vibraciones configurado para provocar una vibración axial  
relativa entre el pistón (4) y la boquilla (3) delantera, para provocar la fusión del material de  
impresión cercano a la boquilla (3) delantera como consecuencia del calentamiento  
localizado generado por la interacción entre dicho material de impresión en contacto con el  
15 pistón (4) y unas paredes de dicha boquilla (3) delantera.
2. Extrusor (1) de acuerdo con la reivindicación 1, donde el transductor (5) de  
vibraciones está configurado para provocar la vibración axial de una porción del extrusor (1)  
que comprende el conducto (2) axial de impresión y la boquilla (3), estando dicha porción del  
20 extrusor (1) mecánicamente aislada del pistón (4).
3. Extrusor (1) de acuerdo con la reivindicación 2, donde el transductor (5) de  
vibraciones está acoplado a un extremo trasero de dicha porción del extrusor (1).
- 25 4. Extrusor (1) de acuerdo con la reivindicación 3, donde el transductor (5) de  
vibraciones comprende un orificio axial para el paso del pistón (4).
5. Extrusor (1) de acuerdo con la reivindicación 1, donde el transductor (5) de  
vibraciones está configurado para aplicar la vibración axial al pistón (4), estando dicho pistón  
30 (4) mecánicamente aislado de la porción del extrusor (1) que comprende el conducto (2)  
axial de impresión y la boquilla (3).
6. Extrusor (1) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende un segundo  
transductor (5') de vibraciones, donde el transductor (5) de vibraciones está configurado  
35 para aplicar una vibración axial al pistón (4) y el segundo transductor (5') de vibraciones está  
configurado para aplicar una vibración axial a la porción del extrusor (1) que comprende el

conducto (2) axial de impresión y la boquilla (3), donde dicho pistón (4) está mecánicamente aislado de la porción del extrusor (1) que comprende el conducto (2) axial de impresión y la boquilla (3).

5 7. Extrusor (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la boquilla (3) delantera tiene una forma esencialmente cónica.

8. Extrusor (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende un conducto (6) lateral en comunicación con el conducto axial (2) para la alimentación del material de impresión.  
10

9. Extrusor (1) de acuerdo con la reivindicación anterior, donde un extremo trasero del conducto (6) lateral comprende además una tolva (7) para la alimentación del material de impresión en forma de gránulos.  
15

10. Extrusor (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la superficie interior del conducto (2) axial comprende un recubrimiento (11) deslizante para minimizar la generación de calor por rozamiento con las paredes exteriores del pistón (4).

20 11. Procedimiento de extrusión vibratorio para impresora 3D, caracterizado por que comprende los siguientes pasos:

- comprimir, mediante un pistón (4) configurado para desplazarse a lo largo de un conducto (2) axial de impresión, un material de impresión alojado en dicho conducto (2) axial contra una boquilla (3) delantera de dicho conducto (2) axial de impresión;

25 - aplicar, mediante un transductor (5) de vibraciones, una vibración axial relativa entre el pistón (4) y la boquilla (3) delantera, provocándose la fusión del material de impresión cercano a la boquilla (3) delantera como consecuencia del calentamiento localizado generado por la interacción entre dicho material de impresión en contacto con el pistón (4) y unas paredes de dicha boquilla (3) delantera; e

30 - impulsar, mediante el pistón (4), el material de impresión fundido hacia la boquilla (3) delantera para provocar su inyección a través de dicha boquilla (3) delantera.

12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, que además comprende un paso inicial de introducir en el conducto (2) axial material de impresión en estado sólido a través de un conducto (6) lateral en comunicación con dicho conducto (2) axial.  
35

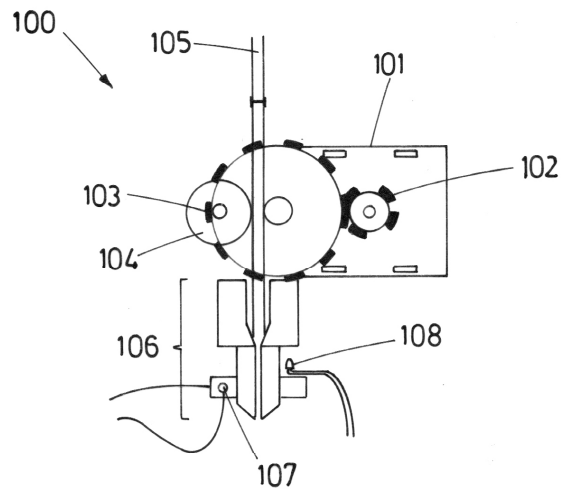
13. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-12, que además comprende un paso final de retraer el pistón (4) hasta una posición retraída trasera cuando el extremo delantero (4a) de dicho pistón alcanza una posición adyacente a la boquilla (3) delantera.

5

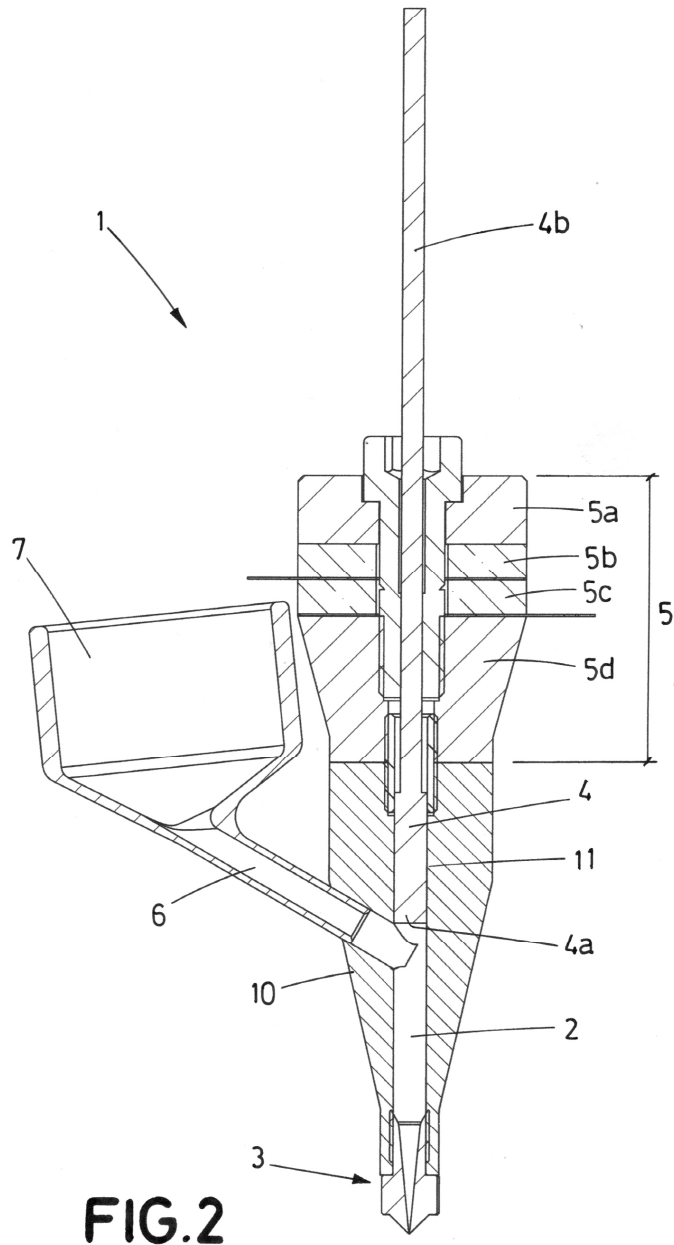
14. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-13, donde el transductor (5) de vibraciones está configurado para aplicar la vibración a una porción del extrusor (1) que comprende el conducto (2) axial de impresión y la boquilla (3), estando dicha porción del extrusor (1) mecánicamente aislada del pistón (4).

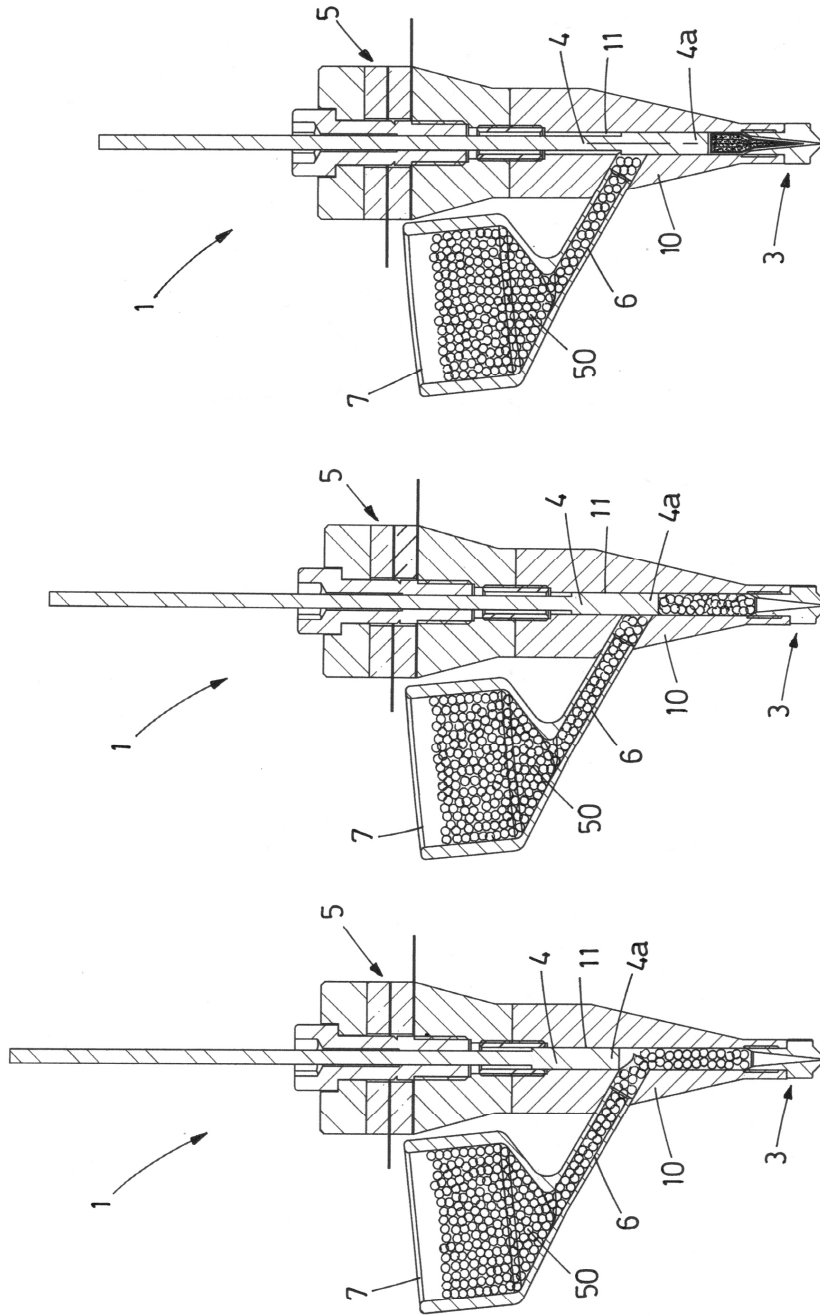
10

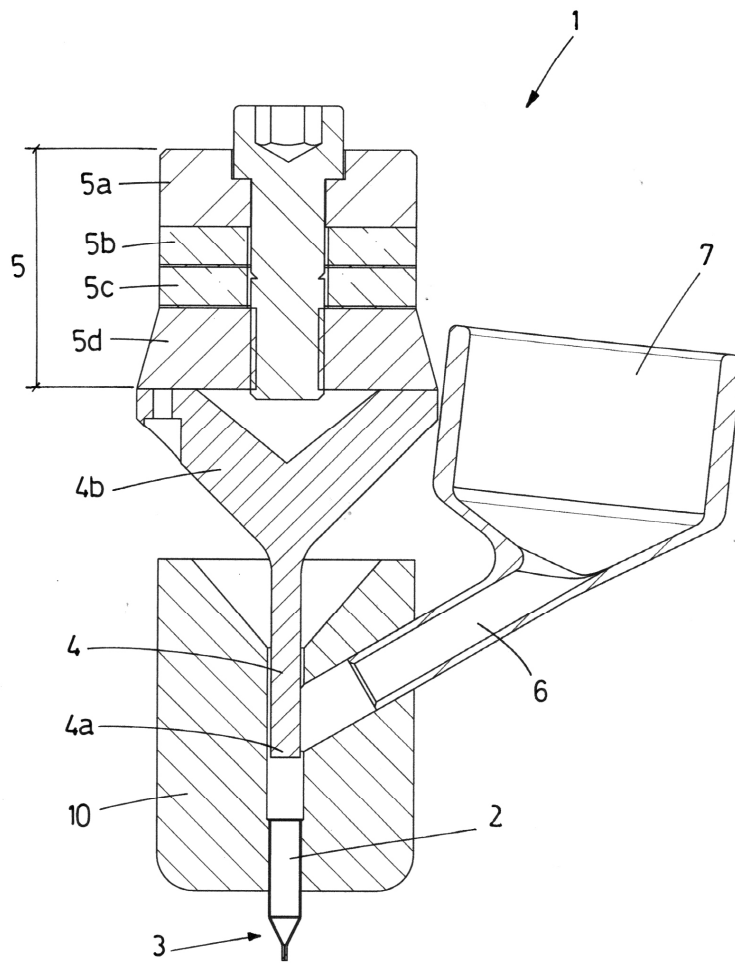
15. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, donde el transductor (5) de vibraciones está acoplado a un extremo trasero de dicha porción del extrusor (1).



**FIG.1**  
TÉCNICA ANTERIOR







**FIG.4**

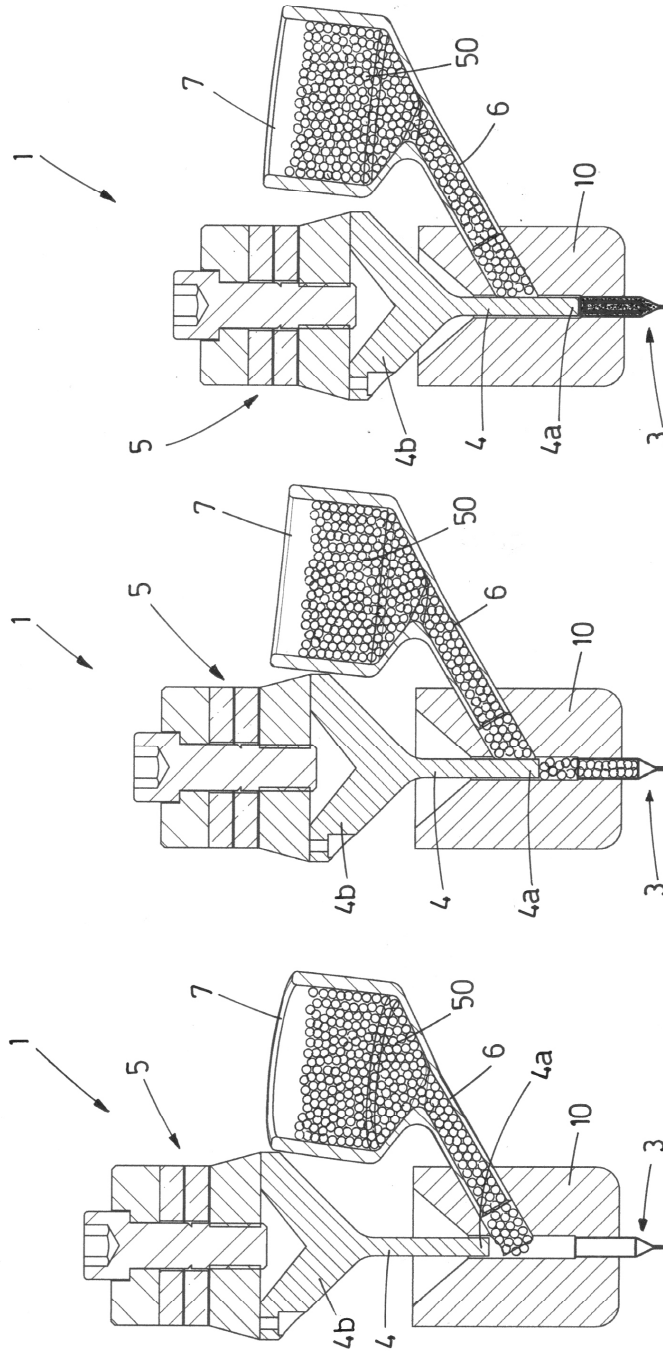
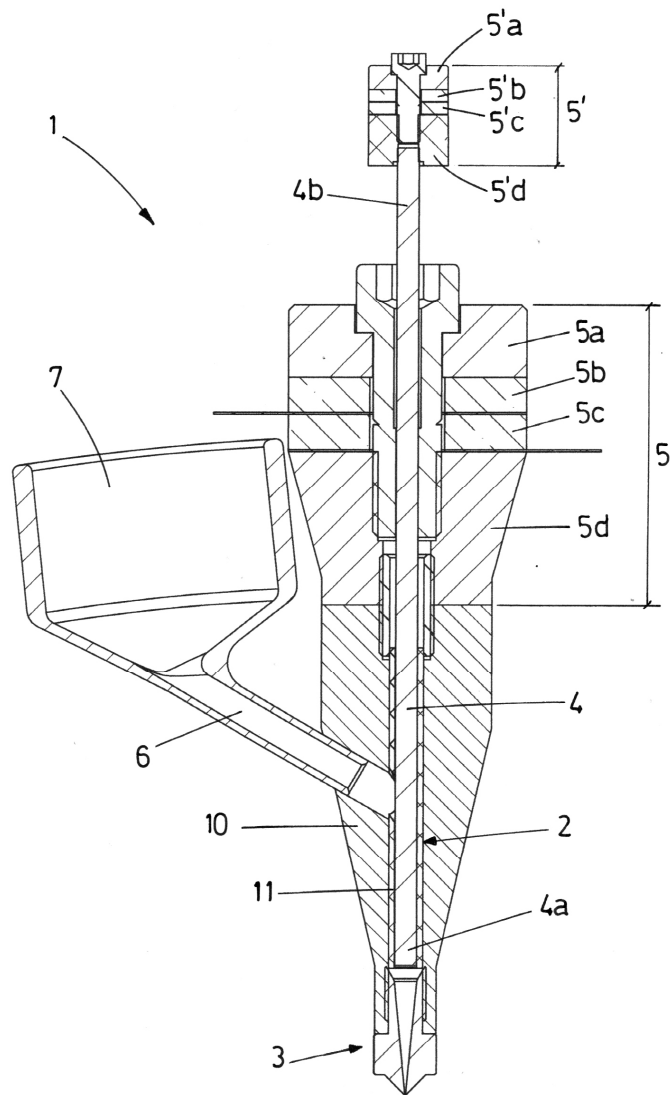


FIG.5c

FIG.5b

FIG.5a





**FIG.6**



②① N.º solicitud: 201730821

②② Fecha de presentación de la solicitud: 21.06.2017

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 3874207 A (LEMELSON JEROME H) 01/04/1975, columna 2, línea 56 - columna 3, línea 30; columna 4, línea 43 - columna 5, línea 6; columna 7, línea 33 - columna 8, línea 30; columna 11, línea 27 - columna 14, línea 23; descripción;	1-15
X	US 3002614 A (BYRON JONES JAMES) 03/10/1961, Todo el documento.	1-15
X	US 2003201581 (WEBER et al.) 30/10/2003, Párrafo [11]; párrafo [12]; párrafo [16]; párrafos [41 - 55]; figuras.	1-15
X	GB 1141848 A (DOW CHEMICAL CO) 05/02/1969, Página 2, línea 39 - página 3, línea 129; figuras.	1
A	CN 102490336 A (GUIZHOU ENGINEERING RES CT FOR MODIFIED POLYMER MATERIAL) 13/06/2012, Resumen de la base de datos WPI. Recuperado de EPOQUE; figuras.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
20.02.2018

Examinador  
G. Villarroel Álvaro

Página  
1/2

## CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**B29C64/209** (2017.01)

**B29C47/54** (2006.01)

**B33Y30/00** (2015.01)

**B33Y40/00** (2015.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B29C, B33Y

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC