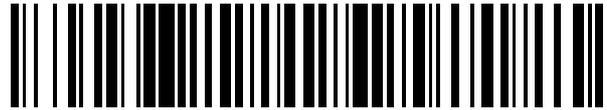


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 274**

21 Número de solicitud: 201830020

51 Int. Cl.:

B29C 64/209 (2007.01)
B33Y 30/00 (2015.01)
B33Y 50/02 (2015.01)
B33Y 40/00 (2015.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

09.01.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

09.07.2019

71 Solicitantes:

ICUBE INGENIERÍA INTERNACIONALIZACIÓN E INNOVACIÓN, S.L. (100.0%)
C/ Jimena Fernández de la Vega 140 Of. 1E
Parque Científico y Tecnológico
33203 Gijón (Asturias) ES

72 Inventor/es:

GONZÁLEZ AZPIROZ, María Dolores y
GARCIA MORAN, Sergio

54 Título: **Cabezal FDM mejorado para fabricación aditiva con materiales plásticos**

57 Resumen:

Cabezal FDM para fabricación aditiva con materiales plásticos formado por un sistema de alimentación, un sistema de sistema de calentamiento con resistencias de caldeo y un sistema de extrusión del material, caracterizado porque integra en el dicho cabezal un dispositivo termoelectrónico de control de la temperatura en la zona de separación de los sistemas de alimentación y de calentamiento.

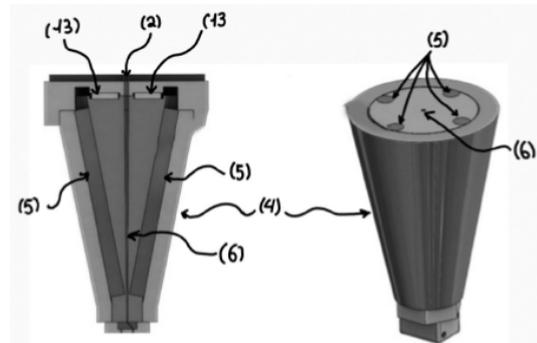


Figura 3

DESCRIPCIÓN

Cabezal FDM mejorado para fabricación aditiva con materiales plásticos

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un nuevo concepto de cabezal de extrusión para equipos de fabricación aditiva de modelado por deposición fundida (FDM) que habilitan a este tipo de equipos para el procesado de un mayor rango de materiales plásticos.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La fabricación aditiva o impresión 3D, términos que hoy en día ya se utilizan indistintamente, hace referencia a un conjunto de procesos de fabricación que consisten en agregar material, normalmente capa a capa, construyendo una pieza real a partir de un fichero de datos 3D, como por ejemplo un archivo CAD3D.

Los distintos procesos de fabricación con este tipo de tecnología consisten básicamente en la manipulación del material a escala micrométrica, depositando el mismo de forma muy precisa para construir un sólido. De este modo se consiguen generar la geometría deseada añadiendo material a partir de una geometría virtual, sin uso de preformas o moldes y sin sustraer material. En términos generales se trata de un proceso de adición progresiva de material a la pieza y la consolidación de dicho material en su posición. El material de construcción se puede aportar de diversas formas tales como sólido en polvo, sólido en varilla o hilo, en lámina de espesor constante o en líquido.

Este tipo de tecnologías son utilizadas hoy en día para construir por ejemplo modelos físicos, prototipos, componentes de moldes, utillajes, así como piezas finales en materiales plásticos, metálicos, cerámicos y vítreos diversos. Las aplicaciones de estas piezas y componentes son también variadas, por ejemplo, en bienes de consumo, industria, salud o militar.

El estado de la técnica actual de las tecnologías de fabricación aditiva permite la fabricación de componentes en materiales diversos, plásticos, cerámicos y metales. En el caso de los plásticos hoy en día existe diversas tecnologías aditivas, siendo los más comunes la deposición de plástico fundido o modelado por deposición fundida (FDM), la estereolitografía (SLA), basada en el curado capa a capa de una resina fotosensible mediante un láser de luz ultravioleta y Sinterizado Selectivo Láser (SLS), en el que se utiliza un lecho de material en polvo sobre el que impacta un láser que funde y solidifica el material (sinterizado).

Tanto el Sinterizado Selectivo Láser como la Estereolitografía son tecnologías que permiten acabados de muy alta precisión y calidad, y consecuentemente requieren de equipamiento más avanzado y costoso, especialmente debido a los láser que integran.

Por otro lado, la tecnología de modelado por deposición fundida (FDM) es una de las primeras utilizadas para la fabricación aditiva con plásticos. La tecnología fue desarrollada por S. Scott Crump a finales de la década de 1980 y comercializada a partir de 1990, protegida mediante patente US5121329, con fecha de prioridad 30/10/1989. Una vez vencido el periodo de protección de la patente de 20 años, numerosas

compañías han lanzado al mercado impresoras 3D basadas en esta tecnología, siendo hoy en día una de las más utilizadas.

5 El proceso de FDM, se caracteriza por ser una técnica aditiva, donde se deposita el material en sucesivas capas, para conformar el objeto final. Consta de tres fases: pre-procesado; construcción y post-procesado.

10 En el pre-proceso se genera la información necesaria para la posterior fabricación, como la posición y orientación del objeto, las trayectorias de trabajo requeridas por el cabezal, secuencia de alimentación del material, etc. Para ello se parte de un modelo CAD 3D del diseño a fabricar en un formato adecuado, como por ejemplo STL, y se genera la sucesión de capas, cuyo espesor es función de la precisión y acabado superficial deseado. En cada capa se definen los contornos frontera para la deposición del material y con ello, tanto las trayectorias principales que debe seguir el cabezal depositando material para implementar el contorno, como las trayectorias secundarias, sin adición de material, de entrada y salida para su correcto posicionamiento.

15 Durante la construcción, un cabezal deposita el material plástico capa a capa conformando el objeto final. Para ello el material inicialmente almacenado en bobinas, es transportado hasta un medio de calentamiento donde se funde y se inyecta a través de una boquilla sobre una plataforma base.

20 Finalmente, en el post-procesado, se extrae el objeto de la plataforma base, se limpia y elimina el material sobrante o auxiliar utilizado para conformar geometrías inestables por gravedad.

Funcionalmente, el cabezal de extrusión es el componente clave de la tecnología FDM. Este componente está formado por tres partes o sistemas: alimentación, calentamiento y extrusión.

25 El sistema de alimentación suministra el material plástico desde una bobina hacia el sistema de calentamiento, generalmente mediante un sistema de engranajes motorizados, compuestos por dos ruedas con una geometría adecuada para facilitar un empuje sin deslizamiento del filamento y con ello un suministro uniforme de material al calentador. Por lo general, el material se presenta en forma de bobinas de filamentos
30 cuyo diámetro varía entre los 0,5 y 3mm.

El sistema de calentamiento, conocido también por el término *hot-end*, calienta el material del filamento y lo hace apto para la posterior extrusión. Este sistema mantiene una temperatura adecuada en la cámara, posibilitando una temperatura de salida del material constante con independencia de la velocidad de alimentación o del diámetro del filamento. Para ello cuenta con sensores de temperatura que actúan sobre los medios de
35 aporte de calor. Estos pueden ser de diferente naturaleza como resistencias eléctricas, inductores o intercambiadores de calor.

40 Por último, en el sistema de extrusión, también denominado *nozzle*, el material plástico, una vez calentado, es expulsado al exterior para construir las distintas capas que conforman el objeto a fabricar. Este sistema también debe asegurar el correcto

enfriamiento del material, hasta una temperatura que establezca la capa adicionada y minimice la deformación.

5 Los materiales procesables mediante la tecnología de modelado por deposición fundida (FDM) son termoplásticos, es decir, materiales plásticos que a temperaturas relativamente altas se vuelven deformables o flexibles, que se derriten cuando se calientan y se endurecen en un estado de transición vítrea cuando se enfrían lo suficiente.

10 Los principales termoplásticos utilizados hoy en día en aplicaciones FDM son ABS, policarbonato y el acetato de polivinilo (PVA) para hacer soportes hidrosolubles cuando es necesario construir geometrías 3D complejas.

15 Los cabezales FDM disponibles en la actualidad no son adecuados para procesar otros tipos de materiales termoplásticos, como por ejemplo aquellos con propiedades mejoradas, por aditivación o modificación de su matriz polimérica. Estas características y funcionalidades mejoradas pueden ser de muchos tipos tales como resistencia a la temperatura, conductividad o solubilidad e implican igualmente modificación en las propiedades físicas del material, afectando especialmente a dos propiedades críticas para su procesamiento por FDM: la temperatura de fusión, que se ve incrementada por encima de los 200°C y la temperatura de transición vítrea.

20 Algunos documentos identificados en la literatura se refieren a materiales modificados y procesables mediante FDM. Por ejemplo, CN105778484 describe un nylon modificado y CN105437564 describe un compuesto reforzado con fibra de carbono adecuado para equipos FDM.

25 Los cabezales utilizados hoy en día han sido concebidos y diseñados para procesar termoplásticos con temperaturas de fusión inferiores a 200°C, estando por lo tanto limitados para estas otras aplicaciones.

30 No obstante, se han identificado documentos en la literatura que describen distintos diseños de cabezales FDM con diferentes propósitos tales como aportar color al material que se deposita (CN205202192), hacer aportaciones simultáneas de varios materiales (WO2017063618 , CN106738883), reducir el tamaño total del equipo (CN205889894), modificar la cantidad de material depositado ajustando el diámetro de la boquilla (CN206106386, KR20160150144) o incrementar la velocidad de deposición de material (CN105946233, WO2016198929, US2017066189)

35 Otros documentos, describen diseños de cabezales orientados a un mejor control del calentamiento y enfriamiento del material, tales como KR20160009229 y CN106799832, que plantean distintas configuraciones de ventiladores, CN203381086 que describe un sistema de enfriamiento mediante boquilla, sin ventilador, o WO2017084500 que describe un cabezal con calentamiento por inducción para procesar materiales con temperaturas medias de fusión.

40 La presente invención pretende solventar las limitaciones de los cabezales FDM actuales en materia de resistencia a altas temperaturas de procesado, así como de control y

regulación de la temperatura y rampas de calentamiento y enfriamiento. Para ello se describe un nuevo concepto de cabezal FDM, mejorado mediante un diseño que integra un medio termoeléctrico, que podría ser un Peltier, para la regulación y control precisos de la refrigeración en la zona de alimentación del material, principal punto crítico cuando el sistema de calentamiento ha de asegurar temperaturas superiores a los 200°C para el procesado del material.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La invención se refiere a un nuevo concepto de cabezal de extrusión para equipos de fabricación aditiva de modelado por deposición fundida (FDM) que habilitan a este tipo de equipos al procesado de una mayor variedad de materiales plásticos gracias un mejor control del calentamiento y enfriamiento de dichos materiales dentro del cabezal.

Un primer aspecto de la invención se refiere a un cabezal FDM para fabricación aditiva con materiales plásticos, formado por tres sistemas: alimentación, calentamiento y extrusión. El hilo de plástico es empujado en el sistema de alimentación mediante un sistema de trenes de engranajes hacia el sistema de calentamiento, integrado por al menos cuatro resistencias de caldeo que se disponen en su perímetro exterior, equidistantes de la zona central del sistema de calentamiento, en la que se encuentra un canal de alimentación a través del cual pasa el hilo de plástico. De este modo, el hilo plástico incrementa su temperatura conforme avanza por el sistema de calentamiento y previamente a su entrada en el sistema de extrusión, en el que se extruye el material ya fundido, depositándolo sobre la zona de trabajo y solidificándolo con un medio de enfriamiento.

El propósito del medio de calentamiento consiste en elevar la temperatura del material plástico elegido de forma progresiva, superando su temperatura de fusión, de modo que sea procesable mediante extrusión. La disposición de las resistencias es crítica en el caso de materiales plásticos con baja conductividad térmica. En estos casos, se debe maximizar la superficie de contacto y uniformizar la temperatura alrededor del filamento, superando su valor de transición vítrea, pero manteniendo la misma en un valor inferior a la temperatura de degradación. Para ello el cuerpo que aloja el sistema de calentamiento podrá realizarse en un material de alta conductividad, como por ejemplo el aluminio. Por otro lado, la disposición de las al menos cuatro resistencias de caldeo, permite al sistema un control modular, pudiendo en cada momento utilizar tantas resistencias como sea necesario en función de la velocidad de aporte o del diámetro del filamento de material. De este modo las resistencias se pueden activar de manera individual o simultánea, dependiendo de la temperatura que se pretenda alcanzar. El control de la temperatura se realiza a través de sensores localizados en el cuerpo de principal del sistema de calentamiento.

Adicionalmente, el cuerpo central se podrá encapsular en una carcasa aislante, por ejemplo, de poliamida, de modo que se reduzcan las pérdidas térmicas al exterior y también como medio para proporcionar el apriete necesario entre las resistencias de caldeo y el cuerpo central de aluminio, minimizando la resistencia térmica por contacto,

además de facilitar el montaje del conjunto y alojar convenientemente los cables de alimentación eléctrica de las resistencias de caldeo.

5 Por otro lado, en la interfase o unión entre los sistemas de alimentación y de calentamiento se dispone un dispositivo termoeléctrico de control de la temperatura alrededor del hilo de plástico con la finalidad de impedir el incremento de la temperatura del hilo de material plástico en la zona del sistema de alimentación, hecho que podría dificultar el correcto empuje del filamento por parte de los trenes de engranajes.

10 Según otro aspecto de la invención, el sistema de trenes de engranajes del sistema de alimentación del cabezal FDM descrito anteriormente, consiste en dos ruedas engranadas entre sí con una relación preferiblemente de 3:1, siendo la de menor diámetro totalmente lisa y la de mayor diámetro conteniendo una entalla en el centro en forma de circunferencia inscrita, preferiblemente de 3 mm, haciendo posible el suministro de todo el rango de filamentos disponibles.

15 La configuración del sistema de trenes de engranaje es fundamental para asegurar una correcta tracción del hilo de material plástico a procesar. Esta ha de ser tal que los ejes de ambas ruedas sean perpendiculares a la dirección de suministro del material y, además, las superficies cilíndricas de ambas se crucen o sean tangentes entre sí. Esto permite el contacto de la superficie de las ruedas con el filamento del material y obtener la fuerza de fricción necesaria para el movimiento del filamento. La velocidad de aporte
20 de material viene definida por un sistema de avance, por ejemplo, un motor eléctrico paso a paso, que acciona el sistema de alimentación.

25 Según otro aspecto de la invención, el sistema de calentamiento del cabezal FDM descrito anteriormente, consiste en un cuerpo de forma cónica que aloja en su perímetro exterior las al menos cuatro resistencias de caldeo y en su eje de revolución el canal de alimentación.

La forma cónica del perímetro exterior posibilita incrementar el aporte térmico al hilo de material plástico a medida que este avanza a lo largo del sistema de calentamiento, así como facilitar una pre-extrusión del filamento gracias a la conicidad del conducto de alimentación.

30 Según otro aspecto de la invención, el dispositivo termoeléctrico de control de la temperatura del cabezal FDM descrito anteriormente, consiste en un elemento Peltier, que permite que el cabezal sea más compacto, al poder prescindir de los tradicionales disipadores de aletas empleados para refrigeración, además de asegurar mayor precisión en el control de la temperatura del filamento en esa zona gracias a la lógica de control
35 integrada, que permite regular la temperatura ajustando el voltaje.

Según otro aspecto de la invención, el medio de extrusión del cabezal FDM descrito anteriormente, consiste en dos boquillas de diferente tamaño, siendo posible la configuración de extrusión a través de una u otra mediante un selector mecánico. Las boquillas son preferiblemente de un material con alta conductividad térmica, por ejemplo,
40 latón o aluminio. Una posible configuración, únicamente a modo descriptivo y sin que sea excluyente de otras opciones, sería una boquilla con un diámetro de 0,3 mm, adecuada

para zonas en las que sean necesarios acabos de alta calidad y otra boquilla con un diámetro de 0,8 mm, adecuada para zonas con menor exigencia en acabados y donde sea valorable optimizar la velocidad de deposición, por ejemplo, en rellenos.

5 Según otro aspecto de la invención, el selector mecánico del medio de extrusión descrito anteriormente, consiste en un selector cilíndrico rotatorio, situado entre el sistema de calentamiento y el medio de extrusión.

10 Según otro aspecto de la invención, el medio de enfriamiento del cabezal FDM descrito anteriormente, consiste en un conjunto de ductos internos que se comunican entre sí y con el elemento de impulsión de aire y la salida a la boquilla. En este caso, la orientación y tamaño de los ductos viene condicionada por el tamaño de la boquilla y la extracción de calor requerida.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

15 A continuación, se pasa a describir una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con realizaciones de dicha invención, que se presentan como ejemplo ilustrativo y no limitativo de ésta.

Figura 1. Esquema de las partes integrantes del cabezal FDM completo, consistente en un conjunto formado por los sistemas de alimentación, calentamiento y extrusión.

Figura 2. Esquema de un corte en sección del sistema de alimentación del cabezal FDM.

Figura 3. Esquema de detalle del sistema de calentamiento del cabezal FDM.

20 Figura 4. Esquema de detalle del sistema de extrusión del cabezal FDM.

Figura 5. Esquema de un corte en sección del medio de extrusión consistente en dos boquillas de distinto diámetro y selector cilíndrico rotatorio.

Figura 6. Esquema de detalle del medio de enfriamiento basado en entramado de ductos internos

REIVINDICACIONES

1. Cabezal FDM para fabricación aditiva con materiales plásticos formado por un sistema de alimentación (1), a través del cual el hilo de plástico (2) es empujado mediante un sistema de trenes de engranajes (3) hacia el sistema de calentamiento (4), dotado de al menos cuatro resistencias de caldeo (5) en su perímetro exterior y equidistantes de la zona central del sistema de calentamiento (4), en la que se encuentra el canal de alimentación (6), a través del cual pasa el hilo de plástico (2), incrementando su temperatura antes de acceder al sistema de extrusión (7), en el que un medio de extrusión (8) extruye el material fundido (10), depositándolo sobre la zona de trabajo y solidificándolo con un medio de enfriamiento (12), caracterizado porque en la interfase entre el sistema de alimentación (1) y el sistema de calentamiento (4) se dispone un dispositivo termoeléctrico de control de la temperatura (13), alrededor del hilo de plástico (2)
2. El cabezal FDM para fabricación aditiva con materiales plásticos según la reivindicación 1, caracterizado porque el sistema de trenes de engranajes (3) consiste en una rueda totalmente lista y otra rueda con una entalla en su centro en forma de circunferencia inscrita.
3. El cabezal FDM para fabricación aditiva con materiales plásticos según la reivindicación 1, caracterizado porque el sistema de calentamiento (4) consiste en un cuerpo de forma cónica que aloja en su perímetro exterior las al menos cuatro resistencias de caldeo (5) y en su eje de revolución el canal de alimentación (6)
4. El cabezal FDM para fabricación aditiva con materiales plásticos según la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo termoeléctrico de control de la temperatura (13) es un elemento Peltier.
5. El cabezal FDM para fabricación aditiva con materiales plásticos según la reivindicación 1, caracterizado porque el medio de extrusión (8) consiste en dos boquillas de diferente tamaño, siendo posible la configuración de extrusión a través de una u otra mediante un selector mecánico.
6. El cabezal FDM para fabricación aditiva con materiales plásticos según la reivindicación 6, caracterizado porque el selector mecánico es selector cilíndrico rotatorio, situado entre el sistema de calentamiento (4) y el medio de extrusión (8)
7. El cabezal FDM para fabricación aditiva con materiales plásticos según la reivindicación 1, caracterizado porque el medio de enfriamiento (12) consiste en un conjunto de ductos internos que se comunican entre sí y con un medio de impulsión de aire y la salida del medio de extrusión (8)

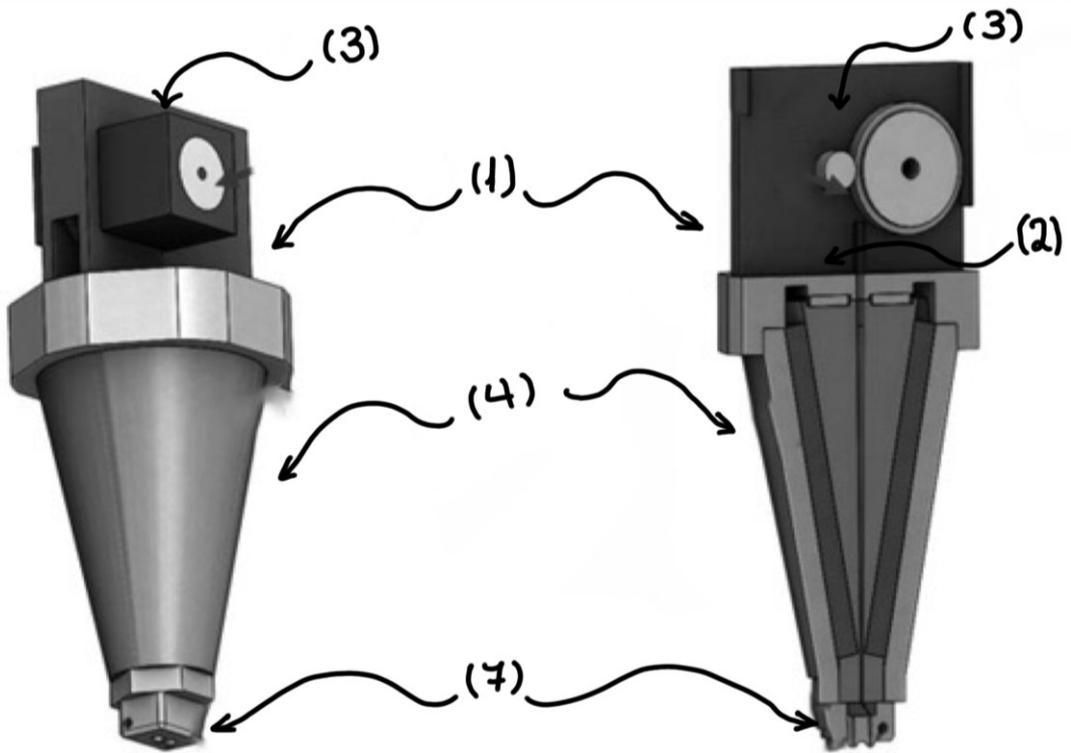


Figura 1

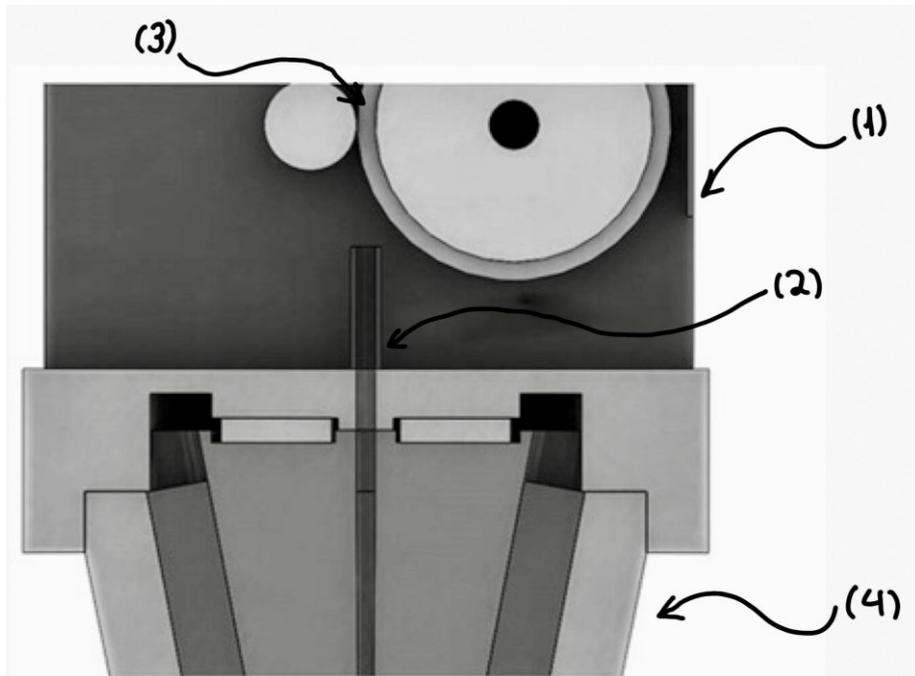


Figura 2

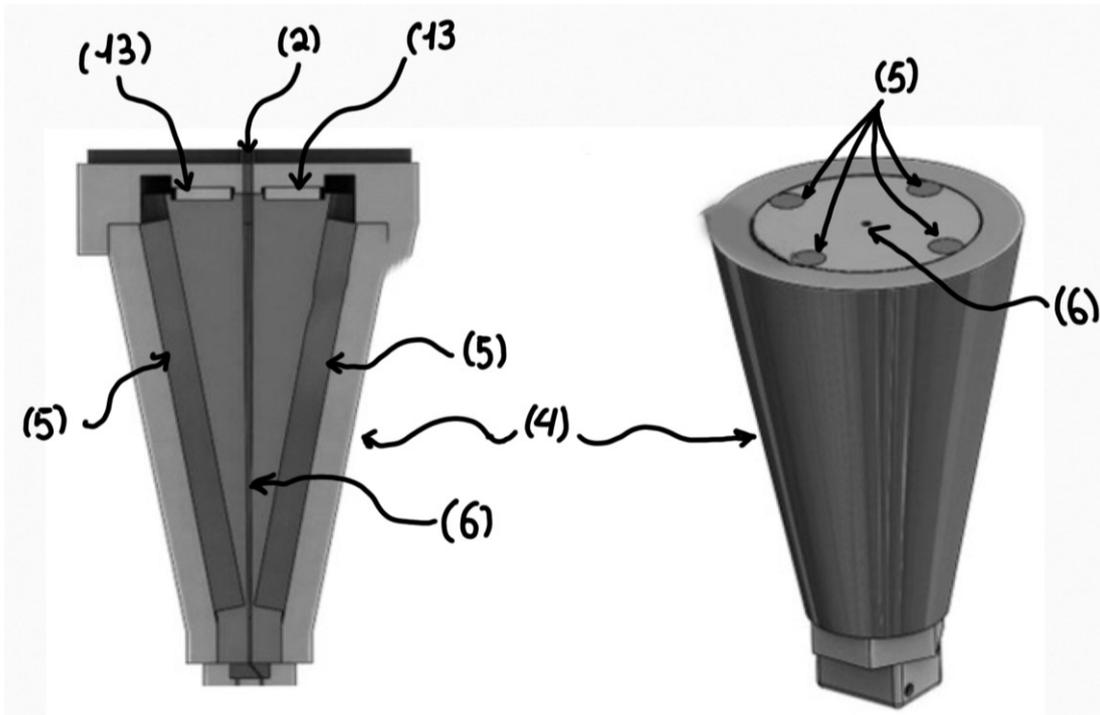


Figura 3

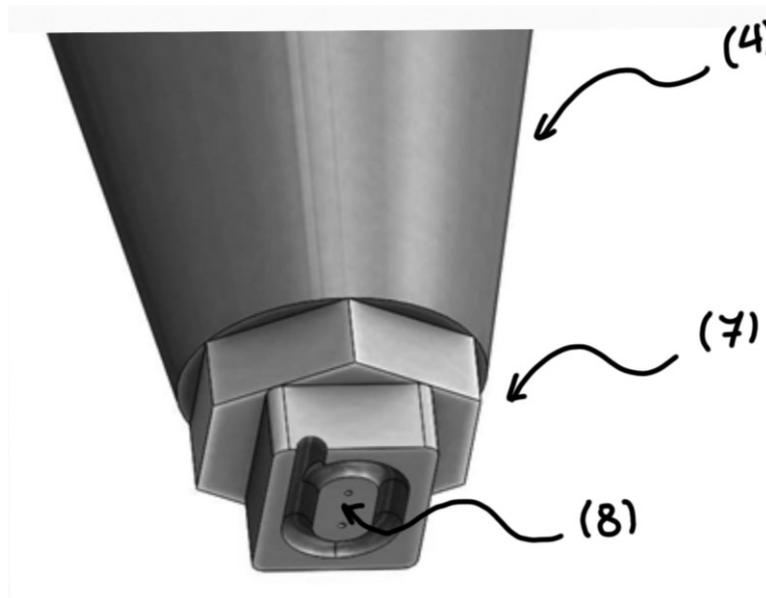


Figura 4

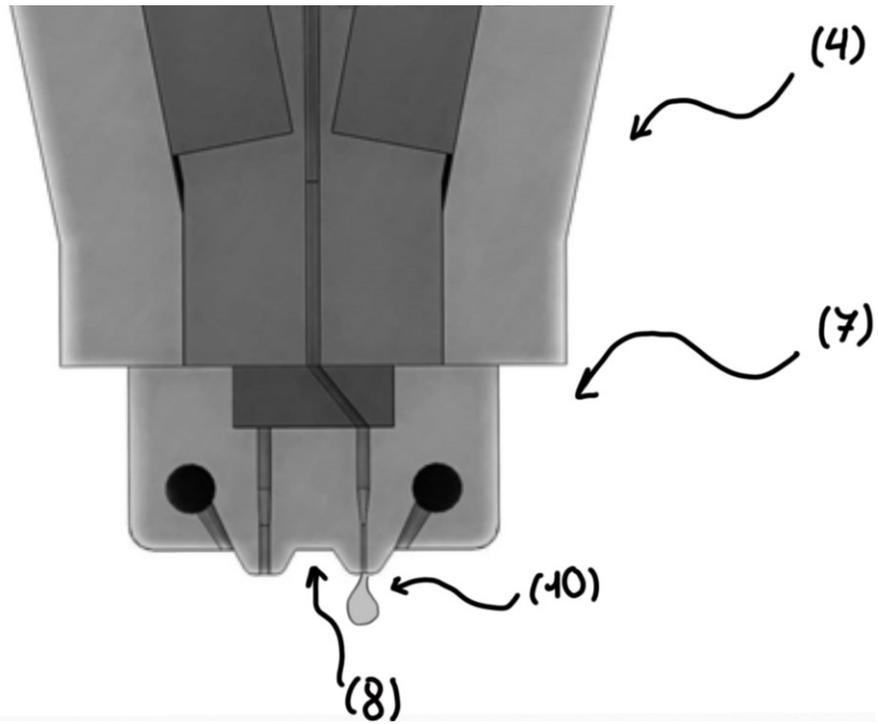


Figura 5

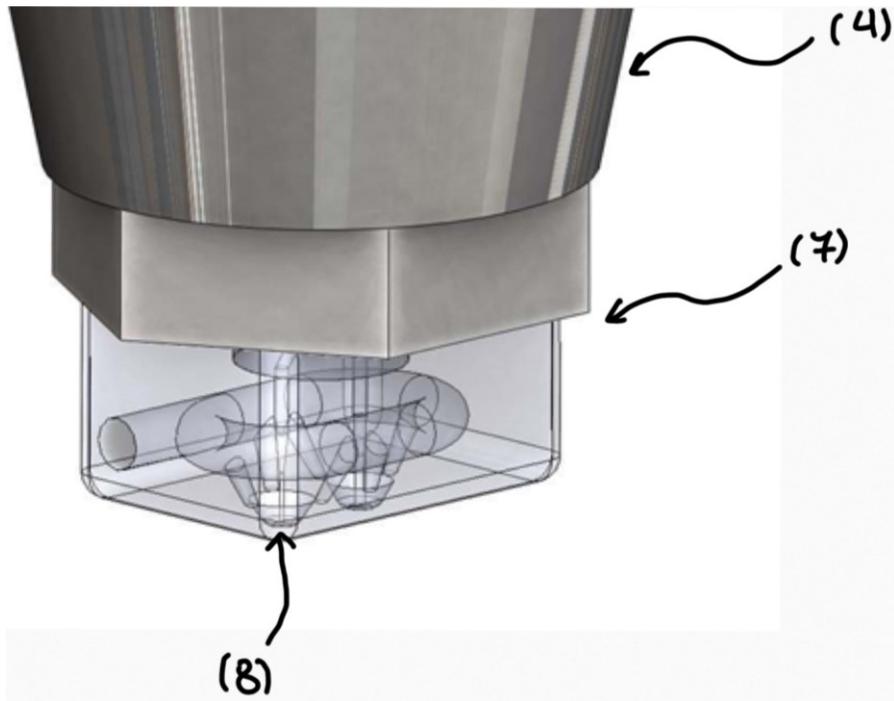


Figura 6



- ②① N.º solicitud: 201830020
②② Fecha de presentación de la solicitud: 09.01.2018
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2017072632 A1 (PAGE JAMES SHERWOOD et al.) 16/03/2017, Párrafo 28,33, 34, figura 1B, figura 3E	1-7
A	US 2017144328 A1 (KRAMER KEVIN J et al.) 25/05/2017, párrafo 31 y figura 6	1-7
A	US 2015231830 A1 (TSAI SHIH-KUANG et al.) 20/08/2015, párrafo 23, figura 1	1-7
A	US 2017252812 A1 (MYKULOWYCZ NICHOLAS MARK et al.) 07/09/2017, Todo el documento	1-7

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
11.12.2018

Examinador
C. Rodríguez Tornos

Página
1/2

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

B29C64/209 (2017.01)

B33Y30/00 (2015.01)

B33Y50/02 (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