

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **3 015 015**

(51) Int. Cl.:

<b>B29C 64/118</b>	(2007.01)
<b>B29C 64/20</b>	(2007.01)
<b>B29C 64/209</b>	(2007.01)
<b>B29C 64/321</b>	(2007.01)
<b>B29C 64/393</b>	(2007.01)
<b>B33Y 10/00</b>	(2015.01)
<b>B33Y 30/00</b>	(2015.01)
<b>B33Y 50/02</b>	(2015.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.02.2022 PCT/EP2022/053222**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **18.08.2022 WO22171729**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.02.2022 E 22704767 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2025 EP 4291383**

---

(54) Título: **Procedimiento de fabricación aditiva y máquina de fabricación aditiva que implementa dicho procedimiento**

(30) Prioridad:

**12.02.2021 FR 2101385**

(73) Titular/es:

**LINES MANUFACTURING (SOCIÉTÉ PAR ACTIONS SIMPLIFIÉE) (100.00%)  
92 rue Principale  
67140 Heiligenstein, FR**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.04.2025**

(72) Inventor/es:

**POURSILLIE, EMERIK;  
PERNOUX, NIELS y  
GARIP, RAUF**

(74) Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 3 015 015 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

Procedimiento de fabricación aditiva y máquina de fabricación aditiva que implementa dicho procedimiento

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento y a una máquina de fabricación aditiva por deposición de hilo fundido en capas sucesivas sobre un soporte de impresión en una cámara de fabricación para fabricar una pieza tridimensional.

10 Técnica anterior

Las ventajas de las tecnologías de fabricación aditiva, también conocidas como impresión 3D, son numerosas. Permiten fabricar piezas con una complejidad elevada, inaccesibles mediante procedimientos de fabricación estándar, como por arranque de material (mecanizado, corte, etc...) o por conformación (moldeo, plegado, termoconformado, etc...) y ello, sin coste adicional. En general, e independientemente de la geometría de la pieza a producir, los costes de producción son muy bajos, puesto que no se necesitan herramientas costosas. Estas son igualmente todas las fases de diseño, de desarrollo y de industrialización que se facilitan. La modificación de las piezas puede realizarse una y otra vez sin que ello afecte a los plazos ni a los costes de producción. En concreto, estas tecnologías pueden utilizarse desde el principio, desde las primeras fases de diseño. Finalmente, permiten tratar una gran variedad de materiales, desde polímeros hasta metales, pasando por las cerámicas.

En las empresas, estas tecnologías permiten rediseñar toda la cadena de valor, pasando por la ingeniería y la producción. Está surgiendo una nueva fase en la historia del desarrollo de productos y de la estrategia de abastecimiento a nivel internacional. De la producción en masa, la industria se orienta actualmente hacia una personalización de los productos y una flexibilidad de la producción, con un notable aumento de la necesidad de series pequeñas y medianas. Esto explica las grandes expectativas que los fabricantes tienen puestas en la impresión 3D. De hecho, el mercado de la fabricación aditiva es uno de los más prometedores de los próximos años.

30 A pesar de una serie de ventajas significativas, las tecnologías de fabricación aditiva siguen estando limitadas en cuanto a su aplicación. Históricamente utilizadas con fines de creación de prototipos, hoy en día, todavía no son competitivas en la producción con respecto a los procedimientos de fabricación estándar para producir piezas de gran tamaño y/o en serie. En efecto, las tecnologías actuales carecen sobre todo de productividad: el tiempo de fabricación es demasiado largo y las piezas obtenidas requieren una etapa de postratamiento que requiere mucho tiempo y que implica retoques y/o ajustes. Por lo demás, la precisión de las piezas obtenidas es relativamente baja y no puede preverse directamente una tolerancia fina. Finalmente, estas tecnologías sólo permiten fabricar piezas de pequeño tamaño en preserie o en series muy pequeñas. Para fabricar piezas de gran tamaño, definidas por un gran volumen de material, por ejemplo, superior o igual a 1 m<sup>3</sup>, generalmente se necesitan más de diez horas de tiempo de fabricación, como mínimo. En la actualidad se están desarrollando algunas soluciones, pero siempre implican una relación entre, por una parte, el tiempo de fabricación y, por otra parte, la calidad y, por tanto, la precisión de ejecución. En suma, la mejora de uno de los dos parámetros va sistemáticamente en detrimento del otro.

45 Entre las tecnologías disponibles, la fabricación aditiva por deposición de hilo, conocida por las siglas DHF (Deposición de Hilo Fundido), FFF (Fabricación de Filamento Fundido), MDF (Modelado por Deposición Fundida) y FGF (Fabricación granulada fundida o Fabricación Granular por Fusión), es la tecnología dominante, en términos de cuota de mercado y se prevé que mantenga su posición de liderazgo en los próximos años, con un marcado potencial de crecimiento. Actualmente, hay tres tecnologías disponibles:

- Fabricación aditiva de gran formato por deposición de hilo a partir de un filamento en bobina;
- Fabricación aditiva de gran formato por deposición de hilo a base de gránulos;
- Fabricación aditiva de gran formato por deposición de material con energía concentrada.

55 Las tecnologías de deposición de hilo se distinguen por unos costes de producción inducidos que se encuentran entre los más bajos del mercado. Sin embargo, se utilizan muy poco o nada en la producción, principalmente por su mediocre rendimiento, debido al tiempo de impresión excesivamente largo. También son incapaces de producir piezas de gran tamaño, a alta velocidad, garantizando al mismo tiempo las tolerancias de ejecución requeridas. Las tecnologías de deposición de hilo generalmente se limitan a un caudal de 0,3 kg/h. La alta velocidad puede significar gran caudal, es decir, caudales superiores a 20 kg/h. Se dice que las velocidades de desplazamiento del cabezal de deposición son rápidas cuando superan los 300 mm/s, por ejemplo. Esta es la razón por la que las tecnologías disponibles no permiten a los fabricantes prever su producción. Siguen siendo una forma interesante de satisfacer las necesidades de I+D, de creación de prototipos y de investigación, pero no permiten una producción en serie competitiva con respecto a los procedimientos estándar.

65 Algunos ejemplos de tecnologías de deposición de hilo se describen en las publicaciones CN 108 357 091 A, CN 111 633 978 A, CN 110 253 882 B, EP 3 626 439 A1. Sin embargo, ninguna de estas soluciones ofrece la relación esperada que permita aumentar drásticamente el rendimiento de ejecución en términos de velocidad y de precisión de un

procedimiento de fabricación aditiva que permita competir con los procedimientos industriales convencionales. Las principales razones están relacionadas con la inercia de la unidad de transformación del material cuando está incorporado con la unidad de deposición o con un dominio insuficiente de la reología del material fundido durante toda su transferencia a la unidad de deposición cuando la unidad de transformación está alejada de la unidad de deposición.

- 5 Exposición de la invención
- La presente invención tiene por objeto cubrir esta carencia proponiendo un nuevo concepto de fabricación aditiva por deposición de hilo fundido a partir de gránulos, para aumentar radicalmente el rendimiento de ejecución, de forma que pueda posicionarse como una alternativa a los procedimientos de fabricación estándar eficaz, rentable, flexible, reactiva, reproducible y competitiva para producir piezas de gran dimensión y/o piezas en serie en un entorno industrial, garantizando al mismo tiempo el cumplimiento de las tolerancias de fabricación exigidas, con el fin de minimizar la operación de retoques cuando resulte necesario.
- 10 Para este objetivo, la invención se refiere a un procedimiento del género indicado en el preámbulo, que comprende las siguientes etapas:
- 15 - una etapa de alimentación de al menos una materia prima,
- 20 - una etapa de transformación de la materia prima en un material fundido en una unidad de transformación fija situada en el exterior de dicha cámara de fabricación,
- 25 - una etapa de transporte del material fundido a su temperatura y su viscosidad de transformación en un tubo flexible y calefactor desde dicha unidad de transformación fija hasta una unidad de deposición móvil situada en dicha cámara de fabricación, y
- Gracias a esta configuración particular de la invención, la velocidad de desplazamiento de la unidad de deposición y sus desplazamientos en el espacio pueden ser mucho más fluidos, reactivos, amplios y rápidos, ya que son totalmente independientes de la inercia y del volumen de la unidad de transformación. En efecto, la unidad de transformación ya no está incorporada en la unidad de deposición como en el estado de la técnica, sino trasladada al exterior de la cámara de fabricación y conectada a la unidad de deposición por un tubo flexible calefactor, que puede seguir, sin inercia, ni restricciones los desplazamientos en el espacio de la unidad de deposición.
- 30 Adicionalmente, la reología del material fundido está perfectamente controlada durante toda la duración de su transferencia de la unidad de transformación remota hasta la unidad de deposición, independientemente de la temperatura de calentamiento en la unidad de transformación, de las condiciones de transferencia (variación del caudal, por tanto, del tiempo de residencia en el tubo y de un enfriamiento variable), de las pérdidas térmicas con el entorno exterior (en función de la temperatura ambiente, de la presión atmosférica, de los flujos de aire en el lugar de fabricación, etc.). En efecto, el tubo de transporte del material fundido ya no está simplemente aislado térmicamente como en el estado de la técnica, sino calentado por un aporte de energía a través de un sistema de calentamiento. En la configuración de la invención y a falta de un sistema de calentamiento del tubo de transporte, el material en tránsito se solidificaría en el tubo y formaría un tapón imposible de retirar, condenando así definitivamente el tubo y haciendo imposible la fabricación aditiva por deposición de hilo fundido.
- 35 En una forma preferida de la invención, dicha etapa de deposición consiste en modificar la sección del hilo fundido durante la fabricación de dicha pieza y en adaptar automática e instantáneamente el caudal de impresión a la precisión de impresión requerida en función de las partes fabricadas de dicha pieza.
- 40 De este modo, es posible lograr una relación totalmente innovadora entre velocidad de impresión y calidad de impresión que permite conseguir unos rendimientos equivalentes o al menos comparables con los procedimientos convencionales de fabricación industrial.
- 45 En particular, dicha etapa de deposición puede consistir en seleccionar una gran sección de hilo fundido que se deposita con un elevado caudal de impresión y una baja precisión de impresión para llenar el núcleo de dicha pieza que se va a fabricar y seleccionar una pequeña sección de hilo fundido que se deposita con un bajo caudal de impresión y una elevada precisión de impresión para formar los contornos de dicha pieza que se va a fabricar.
- 50 Adicionalmente, dicha etapa de deposición puede consistir en cambiar la materia prima y/o la geometría del hilo fundido durante la fabricación de dicha pieza, para adaptar automática e instantáneamente la materia prima y/o la geometría del hilo fundido en función de las partes fabricadas de dicha pieza.
- 55 Preferentemente, dicha etapa de deposición se secuencia para realizar los cambios en la sección y/o materia prima y/o geometría del hilo fundido en función de las partes fabricadas de dicha pieza.
- 60 Para esta finalidad, igualmente, la invención se refiere a una máquina del género indicado en el preámbulo, que comprende:

- 5 - una unidad de alimentación de una materia prima,  
 - una unidad de transformación destinada a cambiar el estado de la materia prima en un material fundido, siendo dicha unidad de transformación fija, situada en el exterior de dicha cámara de fabricación,  
 - un tubo flexible y calefactor destinado a transportar el material fundido a su temperatura y su viscosidad de transformación desde dicha unidad de transformación fija hasta una unidad de deposición móvil,  
 - una unidad de deposición móvil situada en dicha cámara de fabricación y que incluye al menos una boquilla de deposición destinada a depositar dicho material fundido en forma de un hilo fundido en capas sucesivas sobre dicho soporte de impresión y a lo largo de una trayectoria predeterminada hasta la obtención de la pieza que se va a fabricar.
- 10

En una forma preferida de la invención, dicha unidad de transformación incluye al menos una extrusora de husillo.

15 Como complemento, dicha máquina puede incluir un dispositivo de regulación dispuesto aguas abajo de dicha unidad de transformación, entre dicha unidad de transformación y dicho tubo flexible calefactor o, preferentemente, entre dicho tubo flexible calefactor y dicha unidad de deposición y destinado a regular el caudal y la presión de dicho material fundido a la salida de la unidad de transformación o, preferentemente, a la entrada de la unidad de deposición. Dicho tubo flexible calefactor puede acoplarse a al menos una resistencia eléctrica, dispuesta alrededor del tubo y destinada a alcanzar y estabilizar una temperatura de consigna adaptada al material fundido transportado, sin que este ejemplo sea limitativo.

20

25 En una forma preferida de la invención, dicha unidad de deposición incluye un bloque caliente provisto de un orificio de entrada conectado a dicho tubo flexible calefactor o al dispositivo de regulación y un disco giratorio que incluye al menos dos boquillas de deposición de secciones diferentes, desplazadas angularmente. Dicho disco giratorio está, en este caso, dispuesto aguas abajo de dicho bloque caliente y destinado a alinear secuencialmente una denominada boquilla de deposición activa, con un orificio de salida de dicho bloque caliente y permitir la salida del hilo fundido.

30 De una manera ventajosa, dicha unidad de deposición puede inclinarse con respecto a la vertical para llevar la boquilla de deposición activa lo más cerca posible del sustrato de impresión o de la pieza que se va a fabricar y liberar la o las otras boquillas de deposición que están en espera.

Dichas boquillas de deposición pueden colocarse en dicho disco giratorio de modo que en la posición de trabajo, el eje de la boquilla de deposición activa coincide preferentemente con una vertical.

35 En la forma de realización preferida, dicho bloque caliente y dicho disco giratorio pueden acoplarse por un contacto superficial bajo presión y dicho disco giratorio puede formar ventajosamente un commutador para abrir secuencialmente el bloque caliente cuando una boquilla de deposición está alineada con su orificio de salida y cerrar el bloque caliente cuando su orificio de salida está situado entre dos boquillas de deposición.

40 Dicho bloque caliente puede montarse en un bloque de soporte fijo y puede sujetarse mediante miembros de retorno en la dirección de dicho disco giratorio permitiendo el desplazamiento angular de dicho disco giratorio con respecto a dicho bloque caliente durante un cambio secuencial de la boquilla de deposición activa.

45 En función de las variantes de realización y de la pieza que se va a fabricar, dichas al menos dos boquillas de deposición del disco giratorio pueden alimentarse con materias primas diferentes. En este caso, al menos dicha fuente de alimentación, dicha unidad de transformación y dicho tubo flexible calefactor se dupliquan para alimentar dicha unidad de deposición con dichas materias primas diferentes.

50 Como complemento, dicho bloque caliente puede incluir un obturador interior destinado a abrir y cerrar secuencialmente dicho orificio de salida.

#### Breve descripción de los dibujos

55 La presente invención y sus ventajas surgirán mejor en la siguiente descripción de varios modos de realización dados a título de ejemplos no limitativos, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 es un diagrama del procedimiento de fabricación según la invención,
- la figura 2 es una vista simplificada en perspectiva de una máquina de fabricación según la invención,
- la figura 3 es una vista en despiece de una unidad de deposición de la máquina de fabricación de la figura 2,
- la figura 4 es una vista desde arriba de la unidad de deposición de la figura 3,
- la figura 5 es una vista en corte axial de la unidad de deposición de la figura 4 a lo largo del plano de corte V-V,
- la figura 6 es una vista ampliada del detalle VI de la unidad de deposición de la figura 5,
- la figura 7 es una vista en corte axial de una boquilla de material perteneciente a la unidad de deposición de la figura 3,
- la figura 8 es una vista en corte axial de un bloque caliente de la unidad de deposición equipada con un obturador en posición cerrada,

- 5      - la figura 9 es una vista equivalente a la figura 8 que muestra el obturador en posición abierta,  
       - la figura 10 es una vista en perspectiva de una pieza fabricada según el procedimiento y la máquina de fabricación aditiva de la invención, que muestra sus partes constituyentes, y  
       - la figura 11 es una vista en corte transversal de la pieza de la figura 10, que muestra sus diferentes partes constituyentes.

Descripción de los modos de realización

10     En los ejemplos de realización ilustrados, los elementos o partes idénticos llevan los mismos números de referencia. Adicionalmente, los términos que tienen un sentido relativo, tales como vertical, horizontal, derecha, izquierda, delante, detrás, por encima, por debajo, etc. deben interpretarse en las condiciones normales de uso de la invención, y como se representa en las figuras.

15     Con referencia al esquema de la figura 1, el procedimiento de fabricación según la invención comprende las siguientes etapas:

- 20      - etapa 1: alimentación de una materia prima MP sólida,  
       - etapa 2: transformación de la materia prima MP sólida en un material fundido MF,  
       - etapa 3: transporte del material fundido MF,  
       - etapa 4: regulación del caudal de material fundido MF, y  
       - etapa 5: deposición del material fundido MF en forma de un hilo fundido HF en capas sucesivas a lo largo de una trayectoria parametrizada para fabricar una pieza tridimensional.

25     Las etapas 3 y 4 pueden igualmente invertirse en función de las necesidades.

30     En la etapa 1, el procedimiento de fabricación admite como entrada, en una unidad de alimentación 11, una materia prima constituida por cualquier tipo de polímeros, materiales compuestos o no, capaz de transformarse por disminución de su viscosidad tras un aumento de temperatura. Esta materia prima está constituida preferentemente en su totalidad o parcialmente por un polímero termoplástico y puede incluir o no cualquier tipo de refuerzos, aditivos y/o adyuvantes.

35     La materia prima debe ser tal que su viscosidad se estabilice en un denominado nivel "bajo", aumentando su capacidad de corriente, en cuanto se expone a una denominada temperatura de transformación. A la inversa, en cuanto la temperatura de exposición desciende por debajo de la temperatura de transformación, la viscosidad del material debe volver a un denominado nivel "alto", reduciendo su capacidad de corriente. Esta capacidad de fluidificación facilita la transferencia de la materia prima a la etapa 5 de deposición. Puede presentarse en diferentes formas como, por ejemplo, en denominados elementos vítreos o sólidos tales como fragmentos, granulados, láminas, gránulos, pastillas,

40     polvo y similares, o en forma de pasta o incluso como un fluido no newtoniano. En el caso de elementos vítreos o sólidos, la materia prima presenta preferentemente una granulometría relativamente homogénea y adecuada para la etapa 2 de transformación. Adicionalmente, es en esta forma en la que el polímero termoplástico se utiliza y explota de manera más generalizada, a un precio medio 10 veces inferior al de su equivalente en forma de filamento acondicionado en bobina. Esta materia prima puede transferirse de la unidad de alimentación 11 a una unidad de transformación 12 por cualquier medio adecuado, ya sea manual, semiautomático o automático mediante el uso de periféricos estándar en la industria del plástico, como secadores, tolvas, sistemas de aspiración, silos, etc.

45     En la etapa 2, la transformación de la materia prima, denominada etapa de plastificación, consiste en un cambio de estado de las partículas de material sólido en una masa pastosa uniforme más homogénea. En el caso de un polímero termoplástico, un aporte de energía térmica y de energía mecánica provoca un aumento de la temperatura y, por tanto, una fluidificación del material. Esta plastificación se realiza con ayuda de una unidad de transformación 12, preferentemente del tipo extrusora de husillo giratorio o cualquier otro dispositivo de plastificación similar. Si se trata de una extrusora, cualquier tipo de geometría de husillo de extrusión puede ser adecuado. La tecnología de extrusión por husillo tiene la ventaja de reducir rápidamente la viscosidad del polímero termoplástico combinando:

- 50      - el aumento de la temperatura por collares calefactores y cualquier aporte de energía térmica por medios equivalentes,  
       - el cizallamiento entre las roscas del husillo y el tubo de la extrusora: los polímeros termoplásticos de extrusión son reofluidificantes, es decir, su viscosidad disminuye si el material se cizalla, y  
       - el aumento de la presión al final del husillo: el perfil del husillo comprime el polímero, haciendo aumentar la presión y, por tanto, la temperatura de la mezcla para fundir y mezclar el material de forma aún más eficaz.

55     Prácticamente todos los polímeros de la industria están diseñados para ser transformados con este procedimiento de extrusión, que tiene la ventaja de combinar todos estos efectos. No existen soluciones equivalentes distintas de la extrusión por husillo con las mismas características. En función de las necesidades, la invención puede igualmente emplear otros tipos de unidades de transformación, como una amasadora mezcladora calefactora o similar, aunque su nivel de rendimiento y/o practicidad sea inferior.

60     En el caso de una extrusora, la rotación del o de los husillos de extrusión genera un desplazamiento del material, creando así un caudal volumétrico medible. La extrusora debe ser capaz de proporcionar un caudal de salida estable

a lo largo del tiempo y acorde con un caudal de consigna previamente establecido. Se prefiere así el uso de una extrusora de husillo ya que permite:

- un cambio de estado del polímero rápido y eficaz,
- una simplificación del proceso de cambio de material: basta con insertar unos granulados de purga para expulsar los restos del material anterior antes de introducir el nuevo material. Esto hace que la extrusión por husillo sea especialmente adecuada para su uso en la producción, donde los cambios de material son frecuentes y tienen que ser muy rápidos, y sobre todo sin que los restos del material anterior "contaminen" el nuevo material.
- una optimización del diseño de la unidad de transformación 12, ya que se utiliza una extrusora de husillo que permite generar un caudal de salida, sin necesidad de una bomba aguas arriba del tubo. En la invención, el tubo se conecta directamente a la salida de la extrusión. La unidad de transformación 12 es, por tanto, muy compacta y simplifica las configuraciones de impresión multimaterial, que requieren una extrusora de husillo por material.

La unidad de transformación 12 está ventajosamente colocada de manera fija, fuera de la cámara de fabricación 17. La extrusora puede por tanto utilizarse al máximo de su capacidad y no penaliza en absoluto la velocidad de desplazamiento de la unidad de deposición 16 en la etapa 5, a diferencia de las máquinas de fabricación aditiva del estado de la técnica. En efecto, en el estado de la técnica, la extrusora se coloca en la cámara de fabricación, acoplada directamente a la unidad de deposición, lo que implica desplazar un conjunto pesado y voluminoso con una inercia muy elevada que limita la velocidad de desplazamiento de la unidad de deposición y su libertad de movimiento. Adicionalmente, el hecho de que la extrusora sea fija, puede ser potencialmente mucho más masiva que las extrusoras incorporadas del estado de la técnica y, por tanto, desarrollar una mayor potencia de extrusión. La colocación de la extrusora fuera de la zona de impresión, es decir, a cierta distancia de la cámara de fabricación 17, permite igualmente simplificar el diseño de la unidad de transformación 12 y su uso en términos de mantenimiento, puesta en funcionamiento, etc., haciendo que la o las extrusoras sean muy accesibles en el exterior de la cámara de fabricación 17 y muy modulares. Por último, la unidad de transformación 12 puede colocarse a cierta distancia de la cámara de fabricación 17, sin que ello afecte a la calidad del hilo fundido que sale de la unidad de deposición 16 gracias al tubo de transporte 15 flexible y calentado.

En la etapa 3, el material fundido es transportado de la unidad de transformación 12 fija hasta una unidad de deposición 16 móvil, mediante un tubo flexible 15, calentado a una temperatura determinada. Este tubo flexible calefactor 15 con una longitud definida puede estar constituido por varias capas coaxiales para garantizar sus diferentes funciones, tales como: corriente del material fundido, calentamiento del material fundido para mantenerlo a una viscosidad determinada o para hacer que alcance una viscosidad determinada si ésta es diferente de la que tiene a la salida de la extrusora, aislamiento del tubo frente a periféricos externos y control de la corriente y de la temperatura del material fundido transportado. La estructura y las capas constituyentes del tubo flexible calefactor 15 se determinan en función del material que se va a transportar, de su naturaleza corrosiva o abrasiva y de su temperatura de transformación. Este tubo flexible 15 se calienta, por ejemplo, mediante resistencias eléctricas, de tipo collares calefactores, cordones y/o cintas calefactores, dispuestos alrededor del tubo que transporta el material y permitiendo así alcanzar y estabilizar la temperatura de consigna. El uso de un calentamiento eléctrico permite simplificar el diseño del tubo flexible 15 en términos de peso, dimensiones, estanqueidad y aislamiento térmico. El calentamiento eléctrico permite igualmente un mejor control de la temperatura, ya que las resistencias eléctricas son muy sensibles a un cambio en la temperatura de consigna o incluso utilizarse para determinadas aplicaciones sujetas a normas sanitarias estrictas, como en el sector médico. Se da por supuesto, que cualquier otro medio de calentamiento del tubo flexible 15 puede ser adecuado, en función de las aplicaciones, como por vapor, por aceite, por inducción o similar. El tubo está diseñado para ser flexible, permitiendo una cierta amplitud de movimientos para llevar a cabo la etapa 5 de deposición con respecto a la unidad de transformación 12 fija y distante de dicha cámara de fabricación 17.

En la etapa 4 y con el fin de controlar mejor las características del flujo de material fundido en la entrada de la unidad de deposición 16, puede preverse un dispositivo de regulación 13 de caudal y de presión aguas abajo de la extrusora y preferentemente aguas abajo del tubo flexible calefactor 15. Este dispositivo de regulación 13 puede ser necesario debido a la ruta del material fundido más allá de la extrusora y, en particular, a través del tubo flexible calefactor 15 que garantiza el transporte del material fundido en la etapa 3. Cuanto más largo sea el recorrido de la unidad de transformación 12 a la unidad de deposición 16, mayor será la presión requerida de la extrusora. Ahora bien, la estabilidad del caudal de salida de la extrusora puede degradarse, en concreto en función de la velocidad de rotación del o de los husillos de extrusión. El dispositivo de regulación 13 constituye entonces una interfaz entre el tubo flexible calefactor 15 y la unidad de deposición 16 que permite compensar esta posible falta de estabilidad del caudal. Puede estar constituido por una bomba de engranajes, igualmente conocida como bomba de polímero, o por cualquier otro medio equivalente, que permite regular el caudal del flujo de material fundido que sale de la extrusora y garantizar una presión controlada y constante, a pesar de las posibles variaciones en la presión de salida de la extrusora. La eficacia del dispositivo de regulación 13 es máxima lo más cerca posible del punto de deposición del material fundido. De este modo, el dispositivo de regulación 13 podrá incorporarse en la unidad de deposición 16.

En la etapa 5, la deposición del material fundido en forma de hilo fundido requiere una unidad de deposición 16 destinada a controlar y calibrar la salida del material fundido por encima de un soporte de impresión 18 en una cámara de fabricación 17. La unidad de deposición 16 igualmente se calienta para mantener el material fundido a una viscosidad determinada. Adicionalmente, la unidad de deposición 16 es móvil y se pone en movimiento en la cámara

de fabricación 17 con respecto al soporte de impresión 18 a lo largo de una trayectoria previamente parametrizada para fabricar una pieza tridimensional capa por capa con la técnica de fabricación aditiva por deposición de hilo fundido. La unidad de deposición 16 incluye al menos una boquilla de deposición 24 (figura 3) que determina la sección del hilo fundido que se deposita en términos de dimensión transversal y de geometría. La unidad de deposición 16 puede 5 incorporarse sobre un carro móvil en el espacio a lo largo de 3 ejes o más, en una máquina de control numérico o incluso en el extremo de un brazo robótico multieje en función de la pieza que se va a fabricar.

La figura 2 ilustra esquemáticamente un ejemplo de máquina de fabricación 10 según la invención. Incluye, por orden:

- 10 - una unidad de alimentación 11 en la que la materia prima sólida se almacena por ejemplo en forma de gránulos,
- una unidad de transformación 12, tal como una extrusora de husillo, alimentada por ejemplo automáticamente con materia prima sólida por la unidad de alimentación 11, para transformarla en un material fundido,
- un tubo flexible calefactor 15 conectado a la salida de la extrusora de husillo mediante un conducto 14 a través de un adaptador 19 y a la entrada del dispositivo de regulación 13 para transportar el material fundido hasta la cámara 15 de fabricación 17,
- un dispositivo de regulación 13 del caudal y de la presión del flujo del material fundido, conectado a la salida del tubo flexible calefactor 15 y a la entrada de la unidad de deposición 16, y

una unidad de deposición 16 móvil en el interior de la cámara de fabricación 17 para depositar el material fundido en 20 forma de hilo fundido sobre un soporte de impresión 18 en capas sucesivas hasta obtener una pieza que se va a fabricar.

La máquina de fabricación 10 de la invención difiere del estado de la técnica en que la unidad de transformación 12 se coloca en una ubicación fija, fuera de la cámara de fabricación 17 y a cierta distancia de la unidad de deposición 25 16. Gracias a esta configuración, la velocidad de desplazamiento de la unidad de deposición 16 no se ve penalizada por la masa o el volumen de la unidad de transformación 12, como ocurre en el estado de la técnica. Adicionalmente, la unidad de deposición 16 incluye ventajosamente varias boquillas de deposición 24 (figura 3) intercambiables de forma casi instantánea y automática en proceso de fabricación. Esta opción permite modificar la boquilla de deposición 30 24 y adaptar así el caudal de impresión y/o el material del hilo fundido y/o la sección y/o la geometría del hilo fundido que se deposita en función de las partes de la pieza que se va a fabricar, como se explica más adelante.

De este modo, la máquina de fabricación 10 puede alimentarse con una sola materia prima o con varias materias primas. En este último caso, o bien se duplica el sistema que comprende la unidad de alimentación 11, la unidad de transformación 12, el tubo flexible calefactor 15 y el dispositivo de regulación 13 en función del número de materias 35 primas diferentes y la unidad de deposición 16 es común con entradas múltiples, o bien se duplica la totalidad de la unidad de alimentación 11 en la unidad de deposición 16 para disponer de un sistema completo por material, con varias unidades de deposición 16 incorporadas en la parte móvil de la máquina.

La unidad de deposición 16 se ilustra con más detalle en las figuras 3 a 9. Incluye un bloque caliente 20 atravesado 40 por un canal 21 que se extiende entre un orificio de entrada 22 conectado al tubo flexible calefactor 15 por un empalme estanco (no representado) y un orificio de salida 23 que se comunica con una boquilla de deposición 24. La boquilla de deposición 24 es transportada por un disco giratorio 25. Este disco giratorio 25 incluye varias boquillas de deposición 24 y, por ejemplo, cuatro boquillas de deposición 24, no siendo este número limitativo. Las boquillas de deposición 24 están distribuidas angularmente entre sí, de forma regular o no, en un círculo que pasa por el orificio de 45 salida 23 del bloque caliente 20. Las boquillas de deposición 24 están constituidas por un cuerpo atravesado por un conducto rectilíneo de eje C, determinando la sección del conducto la sección del hilo fundido que sale del mismo. Cada boquilla de deposición 24 es preferentemente diferente de las otras boquillas en cuanto a su sección de salida, dimensión transversal y/o geometría. La geometría de la sección de salida de las boquillas de deposición 24 puede 50 comprenderse en el grupo que comprende un círculo, un rectángulo, un cuadrado, un óvalo o cualquier otra forma geométrica o no compatible con el requisito de impresión. Y la dimensión transversal de la sección de salida de las boquillas de deposición 24 puede definirse por el diámetro de un círculo, la longitud y la anchura de un rectángulo, el lado de un cuadrado, las dos dimensiones transversales de un óvalo o cualquier otra dimensión transversal de cualquier otra forma geométrica o no. Adicionalmente, las boquillas de deposición 24 pueden estar hechas de materiales diferentes, en función de la o de las materias primas MP que alimentan la máquina de fabricación 10 y de 55 sus propiedades abrasivas o corrosivas.

La unidad de deposición 16 incluye un bloque de soporte 26 que porta el bloque caliente 20 a lo largo de un eje A y el disco giratorio 25 a lo largo de un eje B paralelo al eje A. El bloque caliente 20 se monta a través de un agujero 27 en el bloque de soporte 26 mediante un ajuste deslizante en las dos zonas de guía 27a, 27b alta y baja, dejando un grado de libertad en la traslación axial a dicho bloque caliente 20. Adicionalmente, el bloque caliente 20 está sujeto en 60 traslación axial en dirección del disco giratorio 25 por miembros de retorno. Estos miembros de retorno están constituidos en el ejemplo representado, sin que este ejemplo sea limitativo, por dos husillos de pretensado 28 paralelos, asociados con dos resortes de compresión 29. Los husillos de pretensado 28 atraviesan un collarín 30 del bloque caliente 20 y se atornillan en el bloque de soporte 26. Los resortes de compresión 29 se extienden entre la base de los cabezales de los husillos de pretensado 28 y dicho collarín 30. De esta manera, cuando los husillos de pretensado 28 se atornillan, comprimen los resortes de compresión 29 que generan entonces una fuerza de retorno 65

aún mayor cuanto más se comprimen. Esta fuerza se transmite a la interfaz entre el extremo del bloque caliente 20 y el disco giratorio 25. El extremo del orificio de salida 23 del bloque caliente 20 está por consiguiente en apoyo permanente con la cara correspondiente del disco giratorio 25 mediante un contacto superficial bajo presión. Esta conexión mecánica por contacto plano bajo presión tiene la ventaja de garantizar la estanqueidad de la interfaz entre el bloque caliente 20 y el disco giratorio 25 con respecto al material fundido bajo presión. Igualmente tiene la ventaja de permitir el desplazamiento del disco giratorio 25 en relación con el bloque caliente 20 únicamente durante la rotación del disco y sin ningún mecanismo adicional. El disco giratorio 25 constituye entonces un medio de conmutación simple que permite hacer pasar automáticamente el bloque caliente 20 de una posición cerrada en la que se coloca entre dos boquillas de deposición 24 y la cara completa correspondiente del disco cierra su orificio de salida 23 interrumpiendo la deposición del hilo fundido y una posición abierta en la que se alinea con una de las boquillas de deposición 24 y la boquilla de deposición 24 activa abre su orificio de salida 23 autorizando la deposición del hilo fundido.

En una variante de realización no representada, la estanqueidad de la interfaz entre el orificio de salida 23 del bloque caliente 20 y el disco giratorio 25 puede realizarse mediante un ajuste mecánico deslizante entre los dos elementos, induciendo así un contacto superficial permanente en las proximidades de las boquillas de deposición 24. En esta configuración, el bloque caliente 20 puede incluir una forma envolvente en línea con su orificio de salida 23, cubriendo el canto del disco giratorio 25 y formando una zona de contacto doble con el disco giratorio 25 para estar en contacto simultáneamente con su superficie superior y su superficie inferior. Esta construcción permite garantizar un juego mecánico axial controlado en la interfaz. Puede preverse una configuración alternativa con, por el contrario, una forma envolvente situada en el disco giratorio 25, que contiene de este modo la interfaz y el orificio de salida 23 del bloque caliente 20. Estos diferentes escenarios permiten garantizar la estanqueidad de la interfaz de forma ventajosa, conteniendo la corriente de materia prima sin inducir presión de contacto entre el bloque caliente 20 y el disco giratorio 25, minimizando así la fricción y limitando el riesgo de bloqueo durante la rotación del disco 25.

El disco giratorio 25 está fijado integralmente en un árbol de transmisión 31 montado en rotación alrededor del eje B en un alojamiento 32 del bloque de soporte 26 mediante rodamientos de bolas 33 o similares. Queda bloqueado axialmente mediante un anillo de sujeción 34 o cualquier otro dispositivo de bloqueo. El árbol de transmisión 31 está acoplado a un accionador 35, tal como un motor paso a paso, un servomotor, un cilindro giratorio o similar, para controlar el desplazamiento angular del disco giratorio 25 alrededor del eje B y posicionar con precisión la boquilla de deposición 24 activa seleccionada frente al orificio de salida 23 del bloque caliente 20. El accionador 35 puede fijarse en el bloque de soporte 26 mediante una consola 36 o cualquier otro medio adecuado.

En una variante de realización no representada, el disco giratorio 25 puede estar provisto de una corona dentada, dispuesta en un plano normal al árbol de transmisión 31. El accionador 35 no está acoplado al árbol de transmisión 31, sino que está equipado con una rueda dentada que acciona directa o indirectamente la corona dentada que, a su vez, está fijada integralmente al disco giratorio 25. En el supuesto de que el diámetro de la corona dentada sea superior al diámetro de la rueda dentada, esto permite ventajosamente maximizar el par transmitido, limitando así posibles bloqueos causados por fricciones en la interfaz entre el disco giratorio 25 y el bloque caliente 20.

En otra variante de realización no representada, el accionador 35 está anclado, por una parte, a la unidad de deposición 16 y, por otra parte, actúa sobre el disco giratorio 25 en un punto de este último no coincidente con el eje de rotación B del árbol de transmisión 31 permitiendo, mediante la aplicación de una fuerza tangencial, la generación de un momento de rotación que acciona el disco giratorio 25. En el supuesto de que la distancia entre el punto de aplicación y el eje de rotación B sea máxima, el par de rotación transmitido es favorablemente mayor, limitando así posibles bloqueos causados por fricciones en la interfaz entre el disco giratorio 25 y el bloque caliente 20.

En el ejemplo representado en la figura 5, la unidad de deposición 16 no es vertical, pero está preferentemente inclinada con respecto a la vertical, por ejemplo, en un ángulo comprendido entre 0 y 90°, excluyéndose estos valores extremos y preferentemente igual a 20° sin que estos valores sean limitativos. Esta inclinación permite bajar el nivel de salida del flujo de material fundido a través de la boquilla de deposición 24 activa lo más cerca posible del soporte de impresión 18 o de la pieza en proceso de fabricación y liberar a un nivel superior las otras boquillas de deposición 24 en espera o pasivas. Se da por supuesto, que este ejemplo de realización no es limitativo y que cualquier otra variante de un disco giratorio, articulado o no, que permite cumplir la misma función, a saber, definir una posición de trabajo para una boquilla de deposición activa en un nivel inferior con respecto a las posiciones de espera de las demás boquillas de deposición pasivas, podría ser adecuada. Las boquillas de deposición 24 están dispuestas en el disco giratorio 25 de tal manera que, en la posición de trabajo, el eje C de la boquilla de deposición 24 activa coincide con una vertical. De este modo, el hilo fundido que sale de la boquilla de deposición 24 activa es igualmente vertical y puede depositarse con precisión donde se requiera.

Cada una de las boquillas de deposición 24 está termorregulada gracias a un elemento de calentamiento no representado. Puede tratarse de un collar calefactor resistivo asociado a un termopar, de un cartucho calefactor o de cualquier otro elemento calefactor adecuado. La regulación puede llevarse a cabo individualmente en cada boquilla de deposición 24, así como de forma generalizada con una única temperatura objetivo para todas las boquillas.

Estas pueden alcanzar temperaturas del orden de varios cientos de grados Celsius. A fin de minimizar los intercambios térmicos con los demás componentes de la unidad de deposición 16, las zonas periféricas de las boquillas de

depositión 24 pueden estar rebajadas a fin de minimizar aún más la conducción de calor. La gestión de la temperatura en la unidad de deposición 16 se mejora con la adición de ventiladores axiales no representados colocados ventajosamente para enfriar determinadas zonas del disco giratorio 25, del árbol de transmisión 31 o incluso de los rodamientos de bolas 33, por ejemplo.

5 El bloque caliente 20 se termorregula gracias a un elemento de calentamiento acoplado a su superficie exterior. Puede tratarse de un collar calefactor resistivo 37, asociado a un termopar, como se ilustra en la figura 7, o de cualquier otro elemento calefactor adecuado. El bloque caliente 20 puede alcanzar temperaturas del orden de varios cientos de grados Celsius. A fin de minimizar los intercambios térmicos con los demás componentes de la unidad de deposición 16, las dos zonas de guía 27a, 27b presentan pequeñas superficies de contacto con el bloque caliente 20. El rebaje de material previsto en las zonas periféricas de las zonas de guía 27a, 27b permite minimizar además la conducción de calor a otros componentes conectados a la unidad de deposición 16.

10 En una variante representada en las figuras 8 y 9, el bloque caliente 20 puede incluir en su volumen interior un obturador 38, a fin de controlar mejor el flujo de material fundido. Puede tratarse de una aguja montada axialmente en el bloque caliente 20 y controlada por un miembro (no representado) entre una posición cerrada representada en la figura 8 y una posición abierta representada en la figura 9 en función de las secuencias de fabricación.

15 20 El bloque de soporte 26 es el componente central y estructural de la unidad de deposición 16 que conecta todos los componentes entre sí de la unidad de deposición 16. Sus caras laterales 39 hacen posible el acoplamiento de la unidad de deposición 16 a un elemento externo, por ejemplo, a un accionador mecánico, tal como un carro, una máquina de control numérico o un brazo robótico (no representado), que permite la puesta en movimiento de la unidad de deposición 16. Por lo demás, un módulo adicional 40 puede montarse directamente en el bloque de soporte 26, como se ilustra en las figuras 4 y 5. En este caso concreto, puede tratarse de un módulo adicional 40 que interactúa con las boquillas de deposición 24 en espera o pasivas, como una estación de limpieza o una estación de calentamiento, siendo estos ejemplos no limitativos.

25 30 35 La máquina de fabricación 10 según la invención posibilita así la producción industrial de una pieza, cualquiera que sea su volumen y/o su complejidad y/o el número que se va a producir, por deposición de material de forma productiva y, de este modo, competitiva. La pieza que se va a fabricar se digitaliza y un software define las trayectorias en el espacio que debe seguir la unidad de deposición 16 para construir dicha pieza de la forma más fiel y cualitativa posible. Durante la digitalización, la pieza que se va a fabricar se descompone además en diferentes partes que se van a fabricar según el grado de precisión requerido y/o el tipo de material requerido y/o el patrón de impresión para cada parte constituyente.

40 45 50 Las figuras 10 y 11 ilustran, a título de ejemplo, un piñón dentado 50 que se va a fabricar. En este ejemplo, el piñón dentado 50 puede descomponerse en al menos tres partes con propiedades diferentes, como:

- una parte externa 51, llamada cubierta o envoltura, de poco espesor, que requiere tanto una gran precisión de fabricación como una gran resistencia mecánica, ya que debe garantizar una función de engranaje con otra pieza y transmitir fuerzas dinámicas sin juego;
- una parte central 52, llamada núcleo, que da volumen a la pieza y requiere una resistencia mecánica, pero sin gran precisión, ya que el agujero central está destinado a montar el piñón en un árbol de transmisión mediante chaveta u otro medio de fijación; y
- una parte intermedia 53, situada entre la parte exterior 51 y la parte central 52, de espesor medio, que requiere una buena precisión y una resistencia mecánica suficiente para formar los dientes del piñón y soportar la parte externa 51.

55 60 65 En este ejemplo, es posible utilizar tres boquillas de deposición 24, con sección de salida circular y diámetros diferentes, que pueden alimentarse con la misma materia prima, tales como:

- una primera boquilla 24 de diámetro muy pequeño, por ejemplo, igual a 0,4 mm, que puede corresponder al espesor de la pared, asociada a un bajo caudal de impresión, por ejemplo inferior o igual a 1 kg/h, que permite garantizar una precisión de impresión muy elevada, por ejemplo, una altura de capas (precisión vertical) de unos 0,1 mm, para formar la parte externa 51 de la pieza;
- una boquilla de deposición 24 de diámetro medio, por ejemplo, igual a 1 mm, asociada a una caudal de impresión medio de unos pocos kilogramos por hora, por ejemplo, de unos 3 kg/h, para una precisión de impresión media, por ejemplo una altura de capas de aproximadamente 0,8 mm y formar la parte intermedia 53 de la pieza; y
- una boquilla de deposición 24 de gran diámetro, por ejemplo, igual a 10 mm, asociada a un caudal de impresión muy elevado, de varias decenas de kilogramos por hora, por ejemplo, de unos 20 kg/h, para una baja precisión, por ejemplo, una altura de capas de unos 5 mm, para formar la parte central 52 de la pieza. Se da por supuesto, que estos valores se dan a título indicativo y pueden variar en función de las temperaturas de transformación, de las materias primas utilizadas, etc...

65 Para producir esta pieza, el software de control de la máquina secuenciará la fabricación para permitir cambiar automática e instantáneamente la boquilla de deposición 24 en función de la parte de la pieza que se va a fabricar.

Para ello, el disco giratorio 25 se controla angularmente con gran precisión mediante el accionador 35 para cambiar la boquilla de deposición 24 activa que está alineada con el orificio de salida 23 del envase caliente 20, que está alimentado continuamente con el material fundido a presión desde la unidad de transformación 12 a través del tubo flexible calefactor 15 y el dispositivo de regulación 13. Estos cambios en las boquillas de deposición 24 tienen la ventaja de poder realizarse de forma continua sin detener la máquina durante el proceso de fabricación de dicha pieza.

La ventaja de trabajar con una única unidad de deposición 16 frente a una pluralidad de unidades de deposición de la técnica anterior radica en:

- 10 - la simplificación y la compacidad de la unidad de deposición 16, que puede llevar por ejemplo al menos cuatro boquillas de deposición 24 diferentes para una misma entrada de material,
- la rapidez del cambio entre dos boquillas de deposición 24, que es casi instantáneo ( $\sim 0,5$  s), un parámetro muy importante puesto que para una pieza de 1 m de altura, hay al menos 2000 capas de material superpuestas. Por tanto, si se utilizan dos boquillas de deposición diferentes, esto corresponde a un total de 4000 cambios en este ejemplo. Con dos boquillas de deposición separadas, el tiempo de cambio es de varios segundos (entre 3 y 5 generalmente), lo que supone un tiempo de inactividad de entre 3,3 h y 5,5 h para cambiar la boquilla de deposición de cada capa. Con la solución de la invención, este tiempo de inactividad es ahora de sólo 0,5 h,
- mejora de la precisión de reposicionamiento entre dos boquillas de deposición, ya que la precisión de mecanizado en la invención es de una centésima de mm ( $+/-0,01$  mm). Con dos boquillas de deposición separadas como en la técnica anterior, esta precisión o bien se degrada, ya que las soluciones de movimiento convencionales tienen generalmente una precisión del orden de una décima de mm ( $+/-0,1$  a  $0,3$  mm), o bien es responsable de un coste adicional significativo para integrar y duplicar soluciones de movimiento muy precisas. Por tanto, la precisión de fabricación de la pieza obtenida se ve directamente afectada, hay que señalar que los valores se dan a título indicativo.

25 El piñón dentado 50 sólo se da a título de ejemplo para ilustrar cómo es posible concebir de forma diferente la fabricación de piezas industriales descomponiéndolas en subpartes, a fin de optimizar y aprovechar al máximo el procedimiento de fabricación aditiva por deposición de hilo fundido, según la invención. En concreto, este procedimiento permite reducir los tiempos de impresión en un factor de 100 con respecto a los líderes del mercado, producir piezas más grandes, por ejemplo de hasta 8 m<sup>3</sup>, piezas multimaterial, por ejemplo con hasta 10 polímeros diferentes simultáneamente, pudiendo estos polímeros combinarse entre los polímeros convencionales hasta los polímeros más técnicos, haciendo que el procedimiento sea flexible, adaptable e inteligente.

30 De esta descripción se desprende claramente que la invención permite alcanzar los objetivos planteados y permite introducir la tecnología de fabricación aditiva y sus ventajas en los procesos de producción industrial, ofreciendo una solución de fabricación alternativa muy flexible y competitiva. De este modo, puede integrarse fácilmente en el ecosistema de la industria, sobre todo en lo que respecta a los estándares de las materias primas y de los sistemas de conexión. Todos estos elementos facilitan enormemente la transición de las tecnologías de impresión 3D de la oficina de proyectos a las unidades de producción.

35 40 Las características técnicas de los diferentes modos de realización y variantes mencionadas anteriormente pueden ser, en su totalidad o para algunas de entre ellas, combinadas entre sí, sin salir del marco de las reivindicaciones anexas.

## REIVINDICACIONES

- 5        1. Procedimiento de fabricación aditiva por deposición de hilo fundido en capas sucesivas sobre un soporte de impresión (18) en una cámara de fabricación (17) para fabricar una pieza tridimensional, que comprende las siguientes etapas:
- una etapa de alimentación (1) de al menos una materia prima,
  - una etapa de transformación (2) de la materia prima en un material fundido en una unidad de transformación (12) fija, situada en el exterior de dicha cámara de fabricación (17),
  - una etapa de transporte (4) del material fundido a su temperatura y su viscosidad de transformación en un tubo flexible y calefactor (15) desde dicha unidad de transformación (12) fija hasta una unidad de deposición (16) móvil situada en dicha cámara de fabricación (17), y
  - una etapa de deposición (5) de dicho material fundido en forma de un hilo fundido en capas sucesivas sobre dicho soporte de impresión (18) mediante dicha unidad de deposición (16) móvil hasta la obtención de la pieza que se va a fabricar.
- 10      2. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde dicha etapa de deposición (5) consiste en modificar la sección del hilo fundido durante la fabricación de dicha pieza y en adaptar automática e instantáneamente el caudal de impresión a la precisión de impresión requerida en función de las partes fabricadas de dicha pieza.
- 15      3. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en donde dicha etapa de deposición (5) consiste en seleccionar una gran sección de hilo fundido que se deposita con un elevado caudal de impresión y una baja precisión de impresión para llenar el núcleo de dicha pieza que se va a fabricar y en seleccionar una pequeña sección de hilo fundido que se deposita con un bajo caudal de impresión y una elevada precisión de impresión para formar los contornos de dicha pieza que se va a fabricar.
- 20      4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde dicha etapa de deposición (5) consiste en cambiar la materia prima del hilo fundido durante la fabricación de dicha pieza, para adaptar automática e instantáneamente la materia prima del hilo fundido en función de las partes fabricadas de dicha pieza.
- 25      5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde dicha etapa de deposición (5) consiste en cambiar la geometría del hilo fundido durante la fabricación de dicha pieza, para adaptar automática e instantáneamente la geometría del hilo fundido en función de las partes fabricadas de dicha pieza.
- 30      6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde dicha etapa de deposición (5) se secuencia para realizar cambios en la sección y/o materia prima y/o geometría del hilo fundido en función de las partes fabricadas de dicha pieza.
- 35      7. Máquina de fabricación aditiva (10) por deposición de hilo fundido en capas sucesivas sobre un soporte de impresión (18) en una cámara de fabricación (17) para fabricar una pieza tridimensional, que comprende:
- una unidad de alimentación (11) de una materia prima,
  - una unidad de transformación (12) destinada a cambiar el estado de la materia prima en un material fundido, siendo dicha unidad de transformación (12) fija, situada en el exterior de dicha cámara de fabricación (17),
  - un tubo flexible y calefactor (15) destinado a transportar el material fundido a su temperatura y su viscosidad de transformación desde dicha unidad de transformación (12) fija hasta una unidad de deposición (16) móvil,
  - una unidad de deposición (16) móvil situada en dicha cámara de fabricación (17) y que incluye al menos una boquilla de deposición (24) destinada a depositar dicho material fundido en la forma de un hilo fundido en capas sucesivas sobre dicho soporte de impresión (18) y a lo largo de una trayectoria predeterminada hasta la obtención de la pieza que se va a fabricar.
- 40      8. Máquina según la reivindicación 7, caracterizada por que dicha unidad de transformación (12) incluye al menos una extrusora de husillo.
- 45      9. Máquina según la reivindicación 7, caracterizada por que incluye un dispositivo de regulación (13) dispuesto aguas abajo de dicha unidad de transformación (12), entre dicha unidad de transformación (12) y dicho tubo flexible calefactor (15) o preferentemente entre dicho tubo flexible calefactor (15) y dicha unidad de deposición (16) y destinado a regular el caudal y la presión de dicho material fundido a la salida de la unidad de transformación (12) o preferentemente a la entrada de la unidad de deposición (16).
- 50      10. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizada por que dicho tubo flexible calefactor (15) está acoplado a al menos una resistencia eléctrica, dispuesta alrededor del tubo y destinada a alcanzar y estabilizar una temperatura de consigna adaptada al material fundido transportado.
- 55      11. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, caracterizada por que dicha unidad de deposición (16) incluye un bloque caliente (20) provisto de un orificio de entrada (22) conectado aguas abajo de dicho tubo flexible

calefactor (15) y un disco giratorio (25) que incluye al menos dos boquillas de deposición (24) de secciones diferentes, desplazadas angularmente, y por que el disco giratorio (25) está dispuesto aguas abajo de dicho bloque caliente (20) y destinado a alinear secuencialmente una boquilla de deposición (24) denominada activa, con un orificio de salida (23) de dicho bloque caliente (20) y permitir la salida del hilo fundido.

- 5 12. Máquina según la reivindicación 11, caracterizada por que dicha unidad de deposición (16) está inclinada con respecto a la vertical para llevar la boquilla de deposición (24) activa lo más cerca posible del soporte de impresión (18) o la pieza que se va a fabricar y liberar la o las otras boquillas de deposición (24) que están en espera.
- 10 13. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones 11 y 12, caracterizada por que las boquillas de deposición (24) están colocadas sobre dicho disco giratorio (25) de modo que en la posición de trabajo, el eje (C) de la boquilla de deposición (24) que es activa coincide con una vertical.
- 15 14. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, caracterizada por que dicho bloque caliente (20) y dicho disco giratorio (25) están acoplados por un contacto superficial bajo presión, y por que dicho disco giratorio (25) forma un commutador para abrir secuencialmente el bloque caliente (20) cuando una boquilla de deposición (24) está alineada con su orificio de salida (23) y cerrar el bloque caliente (20) cuando su orificio de salida (23) está situado entre dos boquillas de deposición (24).
- 20 15. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, caracterizada por que dicho bloque caliente (20) está montado en un bloque de soporte (26) fijo y está sujeto por miembros de retorno (28, 29) en la dirección de dicho disco giratorio (25) que permite el desplazamiento angular de dicho disco giratorio (25) con respecto a dicho bloque caliente (20) durante un cambio secuencial de la boquilla de deposición (24) activa.
- 25 16. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, caracterizada por que dichas al menos dos boquillas de deposición (24) del disco giratorio (25) se alimentan con materias primas diferentes, y por que al menos dicha unidad de alimentación (11), dicha unidad de transformación (12) y dicho tubo flexible calefactor (15) se duplican para alimentar dicha unidad de deposición (16) con dichas materias primas diferentes.
- 30 17. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, caracterizada por que dicho bloque caliente (20) incluye un obturador (38) interior destinado a abrir y cerrar secuencialmente dicho orificio de salida (23).

Fig. 1

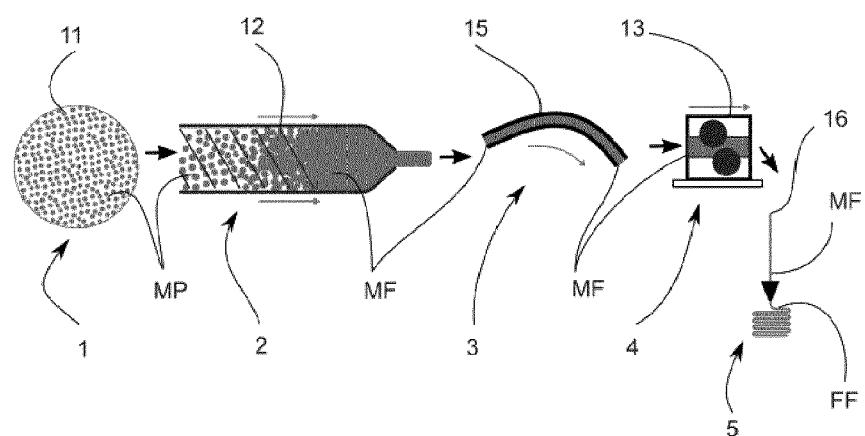


Fig. 2

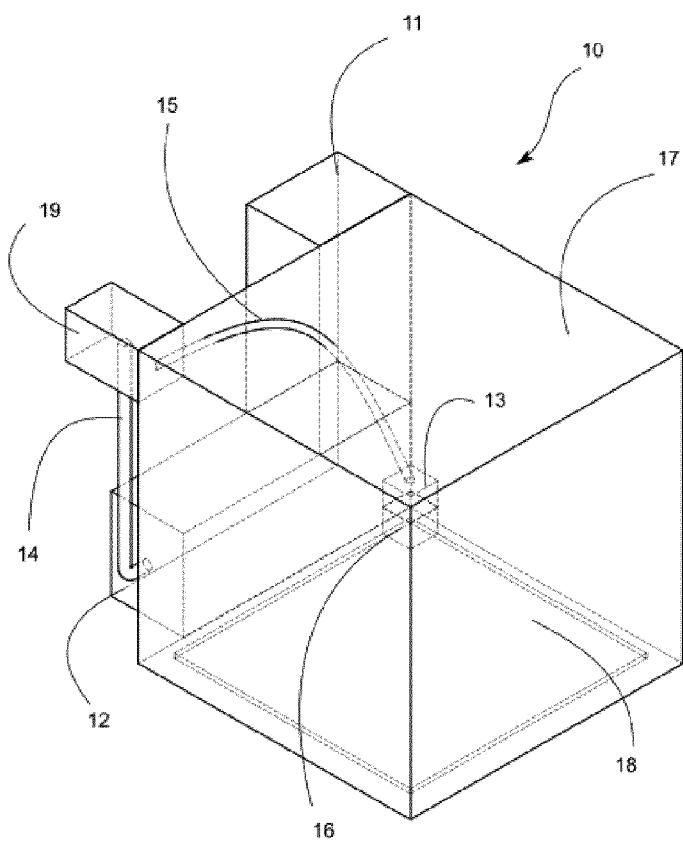


Fig. 3

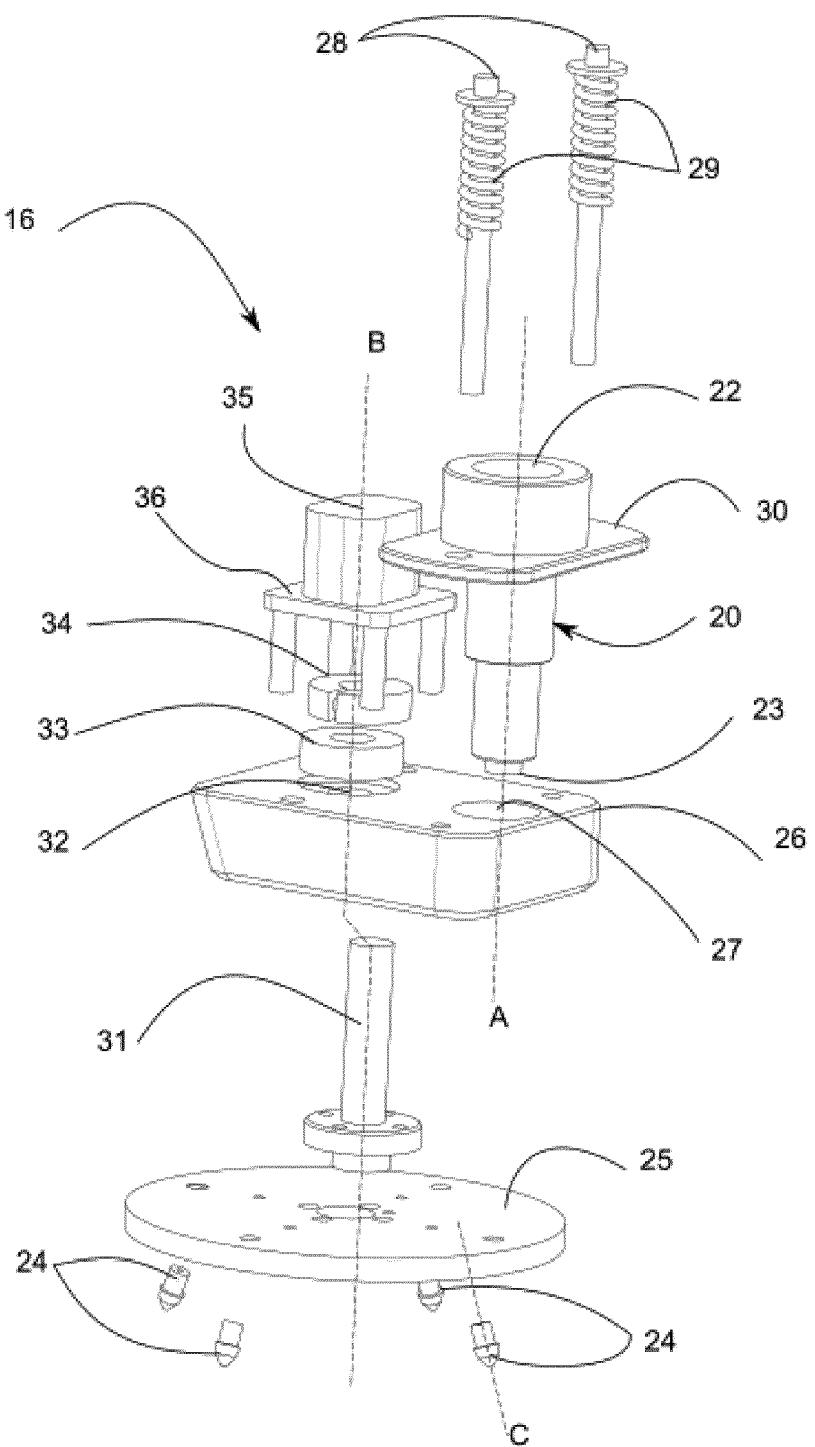


Fig. 4

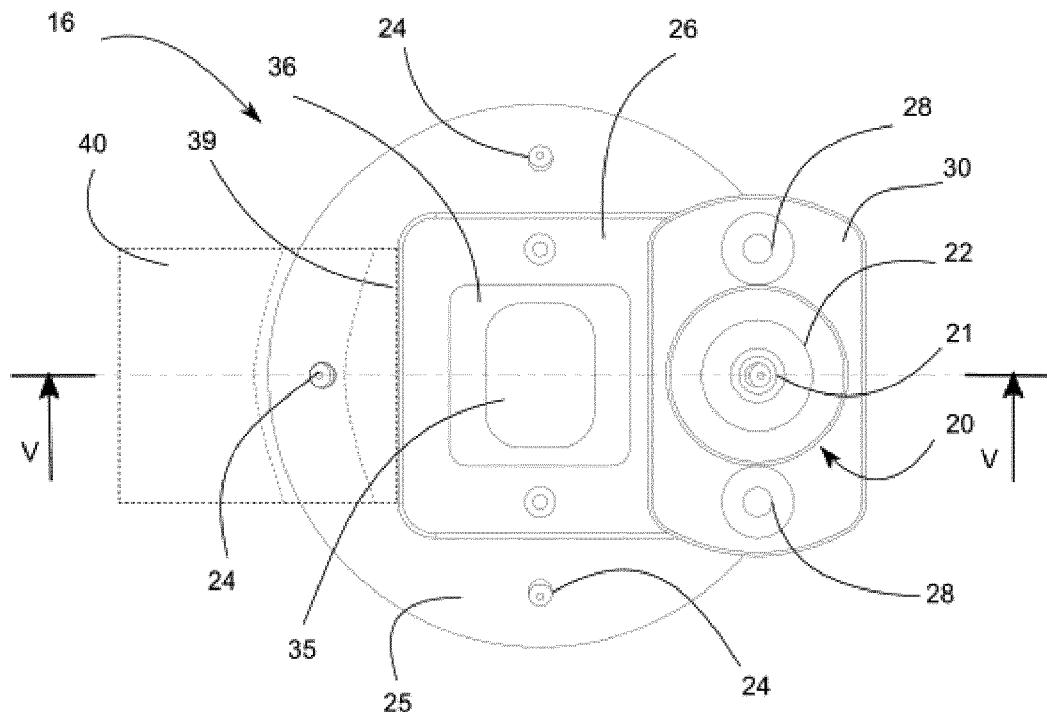


Fig. 5

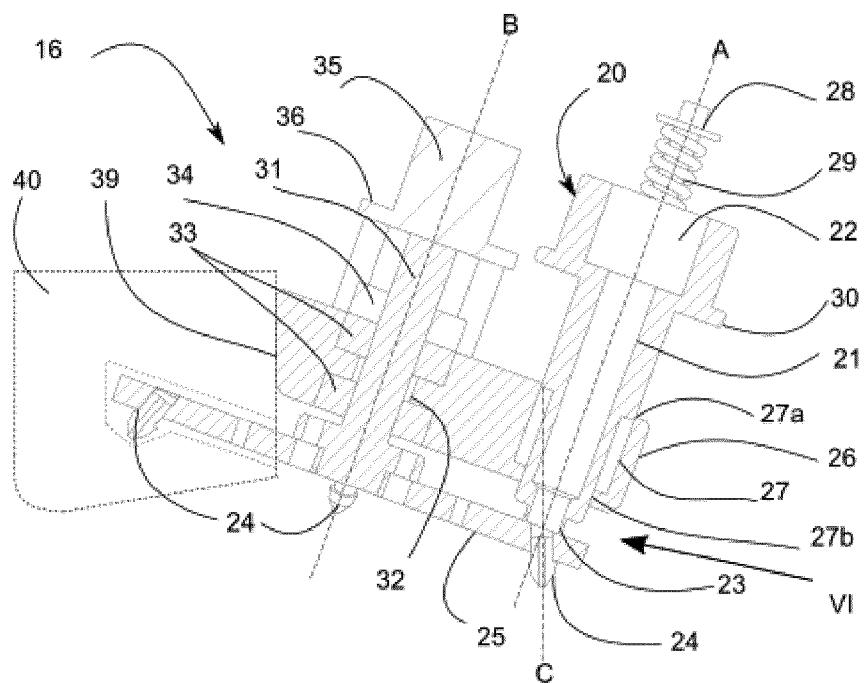


Fig. 6

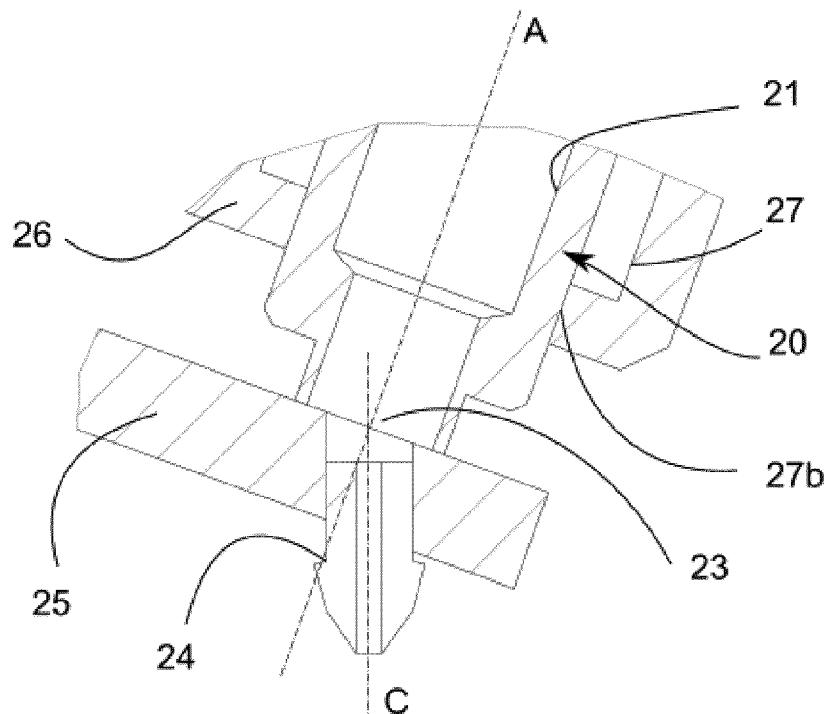


Fig. 7

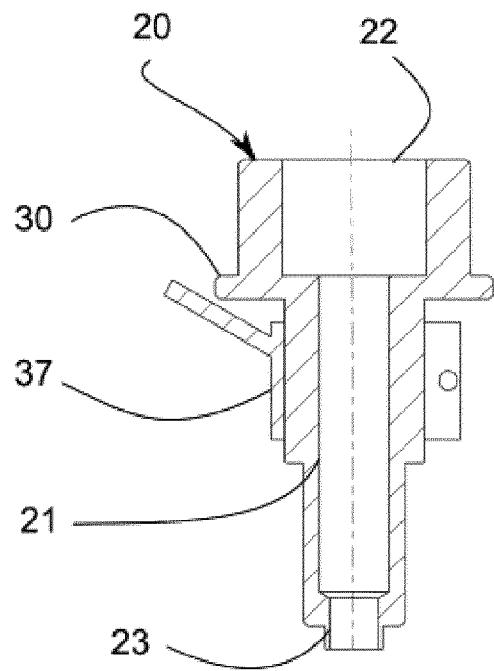


Fig. 8

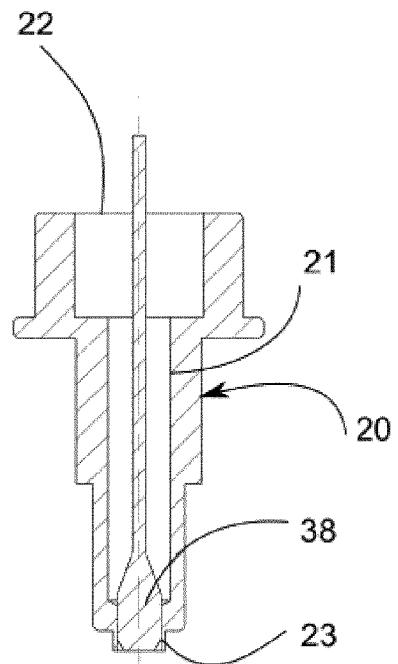


Fig. 9

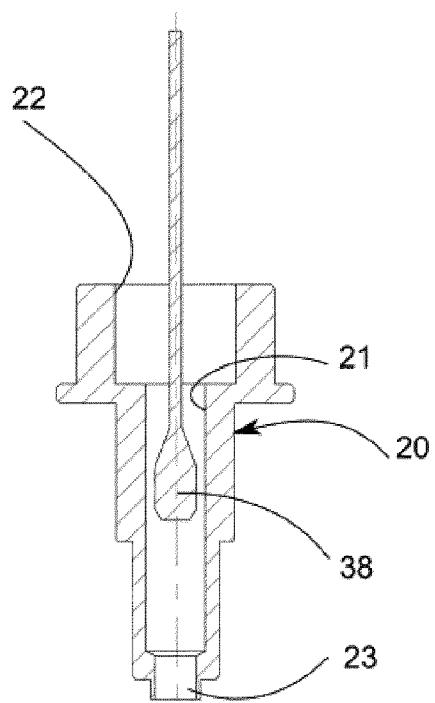


Fig. 10

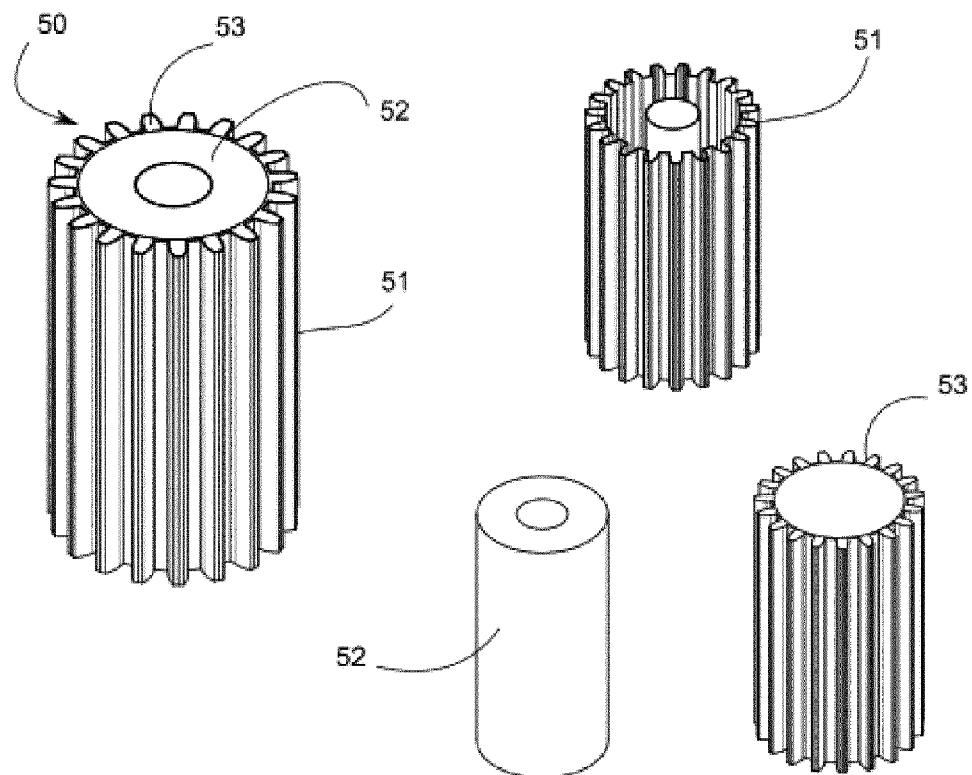


Fig. 11

