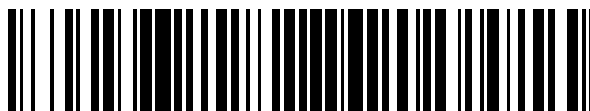


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 532**

51 Int. Cl.:

**B22F 3/105** (2006.01)

**B33Y 10/00** (2015.01)

**B33Y 30/00** (2015.01)

**B33Y 50/02** (2015.01)

**B29C 64/153** (2007.01)

**B29C 64/386** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.02.2014 E 17209698 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019 EP 3323534**

54 Título: **Método de solidificación selectiva por láser**

30 Prioridad:

**14.02.2013 GB 201302602**

**05.03.2013 GB 201303920**

**07.03.2013 US 201361774215 P**

**15.03.2013 US 201361791636 P**

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

**25.02.2020**

73 Titular/es:

**RENISHAW PLC (100.0%)**

**New Mills**

**Wotton-under-Edge, Gloucestershire GL12 8JR,**

**GB**

72 Inventor/es:

**FERRAR, BEN IAN**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 744 532 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

Método de solidificación selectiva por láser

La presente invención se refiere a la solidificación selectiva por láser y en particular a un proceso de fusión selectiva por láser mejorada y aparato en el que un orden en que los objetos o partes de objetos se construyen se selecciona con base en una dirección del flujo de gas.

## Antecedentes

La fabricación aditiva o los métodos de prototipado rápido para la producción de objetos comprenden la solidificación capa por capa de un material, tal como un material en polvo de metal, por el uso de un rayo láser. Una capa de polvo se deposita sobre un lecho de polvo en una cámara de construcción y un rayo láser se escanea a través de porciones de la capa de polvo que corresponden a una sección transversal del objeto que se está construyendo. El rayo láser funde o sinteriza el polvo para formar una capa solidificada. Después de la solidificación selectiva de una capa, el lecho de polvo se reduce en un espesor de la capa recién solidificada y una capa adicional de polvo se extiende sobre la superficie y se solidifica, de acuerdo con lo requerido. En una sola construcción, se puede construir más de un objeto, los objetos están separados en el lecho de polvo.

Durante el proceso de fusión o sinterización, los desechos (por ej., las partículas condensadas, no solidificadas de polvo, etc.) se producen dentro de la cámara de construcción. Se conoce la introducción de un flujo de gas a través de la cámara de construcción en un intento para eliminar los desechos de la cámara en el flujo de gas. Por ejemplo, el modelo M280 de la máquina producida por EOS GmbH, Munich, Alemania comprende una serie de toberas de salida de gas se encuentran en la parte trasera del lecho de polvo que pasan un flujo de gas a una serie de salidas de aire que se encuentran en la parte delantera del lecho de polvo. De esta manera, una capa plana de flujo de gas se crea en la superficie del lecho de polvo. Una disposición similar se proporciona en las máquinas AM250 y AM125 de Renishaw, en el que las aberturas en cada lado de un lecho de polvo proporcionan un flujo de gas sustancialmente plano a través del lecho de polvo. Se ha encontrado que los desechos pueden ser soplados desde una sección de un objeto a otra sección del otro objeto. Esto puede dar como resultado una falta de uniformidad y un aumento de la porosidad de las capas de metal solidificado generadas por el proceso de fusión. En particular, los desechos soplados a través del lecho de polvo pueden dar como resultado un aumento de la rugosidad de la superficie de manera tal que se formen poros entre las capas adyacentes. Las no uniformidades en una acumulación pueden dar lugar a un objeto que no cumple el diseño deseado y dañan el aparato. En particular, una escobilla limpiadora se utiliza de manera típica para extender cada capa de polvo a través del lecho de polvo. Las estructuras solidificadas que se proyectan hacia fuera del lecho de polvo se pueden enganchar y provocar daños a la escobilla limpiadora. Las escobillas limpiadoras dañadas pueden resultar en capas de polvo con crestas de polvo. En consecuencia, las no uniformidades en una construcción pueden ser una preocupación no solo para la capa que se está formando, sino también para las capas de polvo formadas a partir de ese entonces.

La Patente EP 2492084 describe un aparato y un método para la fabricación de objetos en 3D por medio de SLS. El aparato comprende un lecho de polvo sobre el cual se puede depositar una capa de polvo, una unidad de flujo de gas para hacer pasar un flujo de gas sobre el lecho de polvo a lo largo de una dirección del flujo de gas, una unidad de escaneo por láser para el escaneo de un rayo láser sobre la capa de polvo para solidificar de manera selectiva por lo menos parte de la capa de polvo para formar uno o más objetos y una unidad de procesamiento para seleccionar una secuencia de escaneo del rayo láser.

Ferrar B et al., "Gas flow effects on selective laser melting (SLM) manufacturing performance", Journal of Materials Processing Technology, vol. 212, no. 2, páginas 355-364, describe una investigación sobre el efecto del flujo de gas inerte dentro del procedimiento de fusión selectiva por láser (SLM).

La Patente US 5352405 describe un método y un aparato para la fabricación de objetos tridimensionales por medio de SLS. Con el fin de reducir las incoherencias en la integridad estructural y textural, y en los efectos térmicos que pueden provocar distorsión, se utilizan métodos para garantizar que la superposición de escáneres láser se lleve a cabo de una manera consistente con respecto al flujo térmico desde las ubicaciones sinterizadas.

La Patente WO 92/08592 describe un aparato para la fabricación de piezas por sinterización selectiva por láser, que incluye un deflector para dirigir el gas a la superficie del destino. El deflector puede dirigir el gas directamente a la superficie de destino, o puede estar construido de manera tal que el gas forma un espiral hacia la superficie de destino de manera ciclónica; más deflectores alternativos se pueden utilizar para dirigir el gas en la superficie de destino en una manera no uniforme, incluidos los patrones de flujo turbulento o arbitrarios.

La Patente DE 10 208150 describe cómo artículos sólidos se acumulan en capas a partir de materia prima líquida o en polvo por el uso de la irradiación con un rayo orientado, con preferencia un rayo láser. En especial cerca de las zonas de borde, el haz se controla de manera tal que oscile la zona de impacto. El movimiento incluye componentes de avance y retroceso a medida que la tira de material consolidado se construye en la dirección hacia adelante.

### Sumario de la Invención

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un método de solidificación selectiva por láser, de acuerdo con la reivindicación 1.

5 La secuencia de escaneo puede ser de tal manera que los desechos producidos por el escaneo se lleven lejos de las áreas de la capa de polvo que aún se van a escanear. De esta manera, estas áreas de polvo no se ven perturbadas y contaminadas por los desechos, lo cual asegura que, cuando se solidifican estas áreas, la capa solidificada se construye a una altura uniforme deseada. Por ejemplo, un área se puede escanear antes que otra área debido a que el área está ubicada a sotavento en la dirección del flujo de gas de la otra área. Los desechos producidos en la formación del área a barlovento pueden ser sopladados sobre la ya formada área a sotavento pero estos restos pueden ser retirados por el limpiador y, si no se elimina, cubierto por la siguiente capa de polvo para ser refundidos cuando se forma la sección transversal siguiente. En consecuencia, es menos probable que las áreas de escaneo en este orden den como resultado la falta de uniformidad en la construcción.

10 Los uno o más objetos se pueden formar a través de la solidificación de islas separadas en por lo menos una capa de polvo, un orden en el que las islas se forman con base en la ubicación relativa de las islas en la por lo menos una capa de polvo y la dirección del flujo de gas.

15 El orden en que se forman islas se puede seleccionar de manera tal que los desechos tales producidos por medio de la formación de una isla se lleven lejos de las áreas de la capa de polvo en la que las islas aún no se han formado. De esta manera, estas áreas de polvo no se ven perturbadas y contaminadas por los desechos, lo cual asegura que, cuando se solidifican estas áreas, la capa solidificada se construye a una altura uniforme deseada. Por ejemplo, por lo menos parte de una isla se puede formar antes de por lo menos parte de otra isla porque por lo menos una parte de la isla se encuentra a sotavento en la dirección del flujo de gas de por lo menos parte de la otra isla. Los desechos producidos en la formación de la isla a barlovento pueden ser sopladados sobre la ya formada isla a sotavento, pero estos restos serán cubiertos por la siguiente capa de polvo y es probable que los desechos se fundan nuevamente cuando se forma la sección transversal siguiente. En consecuencia, es menos probable que la construcción de las islas en este orden dé como resultado una falta de uniformidad en la construcción.

20 Para las islas en las que una primera isla se encuentra totalmente a sotavento de una segunda isla, la primera isla se puede formar por completo antes de formar la segunda isla. Sin embargo, si una primera isla se encuentra por lo menos parcialmente rodeando una segunda isla de manera tal que partes de la primera isla están a sotavento y otras partes de la primera isla están a barlovento de la segunda isla, por lo menos parte de la segunda isla se puede formar en el medio de la formación de las partes a sotavento y barlovento de la primera isla.

25 El método puede ser un método implementado por ordenador.

### Descripción de las Figuras

Las formas de realización de la invención se describirán ahora, sólo como ejemplos, con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

35 La Figura 1 es una vista esquemática de un aparato de solidificación láser de acuerdo con una forma de realización de la invención;

La Figura 2 es una vista esquemática del aparato de solidificación láser desde otro lado;

La Figura 3 es un diagrama de flujo que muestra los pasos de un método de acuerdo con la invención;

40 La Figura 4 es una vista en planta de islas que se han de solidificar en una plataforma de construcción del aparato, en el que se han proyectado las zonas de precipitación de desechos; y

La Figura 5 es una vista en planta de islas que se han de solidificar en una plataforma de construcción del aparato, en el que se han proyectado las zonas de precipitación de desechos de acuerdo con una forma de realización diferente de la invención.

### Descripción de las Formas de Realización

45 Con referencia a las Figuras 1 y 2, un aparato de solidificación láser de acuerdo con una forma de realización de la invención comprende una plataforma de construcción 102 para soportar un objeto 103 construido por medio de polvo de fusión selectiva por láser 104. La plataforma 102 se puede bajar en la cámara 101 a medida que se forman las capas sucesivas del objeto 103. Las capas de polvo 104 se forman a medida que el objeto 103 se construye por medio de la dispensación del aparato de dispensación 108 y un limpiador 109. Por ejemplo, el aparato de dispensación 109 puede ser un aparato de acuerdo con lo descrito en la Patente WO2010/007396. Un módulo de láser 105 genera un láser para fundir el polvo 104, el láser dirigido de acuerdo con lo requerido por el módulo óptico 106 bajo el control de un ordenador 130. El láser entra en la cámara de construcción a través de una ventana 107.

Una entrada 112 y la salida 110 están dispuestas para generar un flujo de gas a través del lecho de polvo formado

en la plataforma de construcción 102. La entrada 112 y la salida 110 están dispuestas para producir un flujo laminar que tiene una dirección de flujo desde la entrada hacia la salida, de acuerdo con lo indicado por las flechas 118. El gas se recircula desde la salida 110 hacia la entrada 112 a través de un bucle de recirculación de gas 111. Una bomba 113 mantiene la presión de gas deseada en la entrada 112 y las aberturas 5, 6. Un filtro 114 se proporciona en el bucle de recirculación 111 para filtrar desde el condensado de gas que se ha convertido atrapado en el flujo. Se entenderá que se puede proporcionar más de una entrada 112 en la cámara de construcción 101. Además, en lugar de que se extienda fuera de la cámara de construcción 101, el bucle de recirculación 111 puede estar contenido dentro de la cámara de construcción 101.

El ordenador 130 comprende una unidad de procesador 131, una memoria 132, una pantalla 133, un dispositivo de entrada de usuario 135, tal como un teclado, una pantalla táctil, etc., una conexión de datos a los módulos de la unidad de sinterización por láser, tales como un módulo óptico 106 y un módulo de láser 105, y una conexión de datos externa 135. Almacenado en la memoria 132 se encuentra un programa informático que da instrucciones a la unidad de procesamiento para llevar a cabo el método descrito con referencia a las Figuras 3 a 5.

Con referencia a la Figura 3, los datos geométricos de los objetos a ser construidos, como en la forma de un archivo STL, son recibidos 201 por el ordenador 130, por ejemplo, sobre la conexión de datos externa 135. La unidad de procesamiento 131 recibe 202 información sobre la ubicación de los objetos de la plataforma de construcción 102. Esta información de ubicación puede estar ya definida en el STL o el usuario puede seleccionar, por el uso del dispositivo de entrada de usuario 135, donde cada objeto debe estar ubicado en la plataforma de construcción 102. Para cada capa, la unidad de procesamiento 131 identifica las áreas de la capa que se han de solidificar y determina 203 un orden en el que estas áreas deben ser escaneadas por el rayo láser. Un ejemplo de cómo se puede hacer esto se muestra en la Figura 4.

La Figura 4 muestra cinco áreas separadas (islas) 122 a 126 para ser solidificadas para una capa particular. Para cada isla 122 a 126, la unidad de procesamiento proyecta una zona de precipitación de desechos 122a a 126a en una dirección del flujo de gas desde la isla. La unidad de procesamiento 131 determina entonces, para cada isla 122 a 126, si cualquier otra isla cae dentro de la zona de precipitación de desechos. Si es de este modo, la unidad de procesamiento selecciona para formar esta otra isla antes de formar la isla para la que se determinó la zona de precipitación de desechos. Por ejemplo, en la Figura 4, las islas 125 y 126 caen dentro de la zona de precipitación de la isla 122 y por lo tanto, se seleccionan para ser escaneadas antes que la isla 122. La isla 126 también cae dentro de la zona de precipitación de la isla 125 y por lo tanto, se debe formar antes que la isla 125.

En lugar de la restricción de la ordenación de la construcción para una isla completa, la unidad de procesamiento 131 puede estar dispuesta para seleccionar formar, en el medio de la formación de diferentes partes de la isla, por lo menos parte de otra isla. La Figura 4 ilustra dos ejemplos de esto. En el primer ejemplo, la isla 123 está completamente rodeada por la isla 124. Por consiguiente, la isla 124 comprende partes que son tanto a barlovento y a sotavento de la isla 123. En tal escenario, la unidad de procesamiento 131 selecciona procesar la parte de la isla que se encuentra a sotavento de la isla 123 antes de explorar la isla 123 y luego escanea la parte de la isla 124 que está a barlovento de la isla 123. La parte de la isla 124 que no está ni a barlovento, ni a sotavento de la isla 123 puede ser escaneado antes o después de la isla 123 y la selección del orden de escaneo de estas partes se puede basar en otros criterios, tales como la velocidad de escaneo. Las diferentes partes de la isla 124 están ilustradas por las líneas punteadas. En el segundo ejemplo, en lugar de escanear toda la isla 125 después de explorar la isla 126, la parte de la isla 125 que no está a barlovento de la isla 126 se puede escanear antes de la isla 126. Puede haber razones para escanear parte de la isla 125 por delante de la isla 126, tal como para optimizar la velocidad de escaneo, las variaciones en la composición del material y/o la posición focal.

En esta forma de realización, la unidad de procesamiento 131 lleva a cabo este proceso para cada capa.

Sin embargo, en otra forma de realización, en lugar de calcular un orden de escaneo para cada capa, puede ser posible determinar un orden de múltiples capas a partir de un único análisis. Por ejemplo, una zona de precipitación se podría determinar a partir de una huella de cada objeto en la plataforma de construcción 102, el orden se determina con base en si otros objetos caen dentro de una zona de precipitación de desechos calculada a partir de esta huella. A pesar de que para algunas capas la zona de precipitación de desechos puede ser menor que la calculada a partir de la huella, un método de este tipo puede proporcionar una generalización razonable que reduce la cantidad de procesamiento requerido en la determinación de un orden en el que se deben construir las partes.

El orden seleccionado para escanear las partes puede ser mostrado al usuario y el usuario puede ser capaz de cambiar el orden. El usuario puede entonces activar la acumulación para provocar que la unidad de procesamiento controle 204 el módulo óptico 106 y el módulo láser 105 para escanear las capas de polvo para formar las islas en el orden seleccionado.

En la forma de realización mostrada en la Figura 4, las zonas de precipitación de desechos se proyectan por medio de la extensión de líneas rectas en la dirección del flujo de gas desde los bordes de las islas. Sin embargo, se podrían utilizar otras proyecciones de las zonas de precipitación. Dos ejemplos se muestran en la Figura 5. Para la isla 127, una zona de precipitación 127a se proyecta como líneas rectas divergentes en un ligero ángulo con la dirección de flujo del gas para tener en cuenta una ligera turbulencia en el flujo de gas que pueden provocar los

5 desechos a ser depositados más allá los bordes más exteriores de la isla en una dirección perpendicular a la dirección del flujo de gas. Un principio similar es materializado por la isla 128 y la zona de precipitación 128a, donde se utiliza un borde inicialmente curvado a la zona de precipitación para modelar que los desechos locales pueden ser expulsados por el impacto del rayo láser sobre la capa de polvo, pero más lejos de la isla es más probable que los desechos sean arrastrados por un camino recto el flujo de gas.

10 En una forma de realización adicional, en lugar de la unidad de procesamiento que selecciona el orden en el que se escanean islas, un usuario puede seleccionar un orden en el que se construyen las islas. Esto se puede conseguir por medio de la unidad de procesamiento 131 que provoca que la pantalla 133 muestre las imágenes similares a las mostradas en las Figuras 4 y 5, de manera tal que el usuario pueda seleccionar el orden en el que islas se escanean con base en esta visualización de las zonas de precipitación. La unidad de procesamiento 131 recibe entonces las entradas de usuario desde el dispositivo de entrada de usuario de la orden en la que las islas deben ser escaneadas.

Se entenderá que en la descripción anterior, las islas pueden venir juntas en capas anteriores o posteriores con el fin de formar un único objeto o pueden permanecer separadas con el fin de formar uno o más objetos separados.

15 En una forma de realización adicional (no mostrada), la unidad de procesamiento selecciona una ubicación de los objetos en el lecho de polvo con base en una dirección W que el limpiador 109 extiende el polvo a través del lecho de polvo 104. En particular, las ubicaciones de los objetos en el lecho de polvo se puede seleccionar de manera tal que los desechos generados por la solidificación de un área de un lecho de polvo no se extiendan por el limpiador a otra área del lecho de polvo a solidificarse, tal como un área a ser solidificada en una capa de polvo posterior. Una  
20 tarea de este tipo también se puede llevar a cabo de manera manual por un usuario con la ayuda de un ordenador. Por ejemplo, la unidad de procesamiento 131 puede hacer que la pantalla 133 visualice zonas de dispersión de desechos para los objetos cuyas ubicaciones se han identificado de manera tal que el usuario pueda seleccionar lugares en el lecho de polvo para los objetos adicionales con base en las zonas de dispersión de desechos que se muestran.

25 Se entenderá que se pueden hacer alteraciones y modificaciones a la invención sin apartarse del alcance de la invención de acuerdo con lo definido en la presente memoria. Por ejemplo, la invención se podría aplicar a una sola isla, en la que es deseable escanear una parte a sotavento de la isla por delante del escaneo de una parte a barlovento de la isla.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un método de solidificación selectiva por láser, que comprende: depositar una pluralidad de capas de polvo sucesivas sobre un lecho de polvo (104), generar un flujo de gas desde una entrada (112) en un lado del lecho de polvo (104), a una salida (110) en un lado opuesto del lecho de polvo (104), de tal manera que el flujo del gas pase sobre el lecho de polvo (104) en una dirección del flujo de gas (118), y escanear un rayo láser sobre cada capa de polvo sucesiva en una secuencia de escaneo para solidificar de manera selectiva por lo menos parte de la capa de polvo para formar uno o más objetos (103), caracterizada la secuencia de escaneo por que las áreas a solidificar en cada capa sucesiva se escanea en un orden tal que cada área de la capa sucesiva ubicada a sotavento en la dirección del flujo de gas de otra área de la capa sucesiva se escanea antes que la otra área.
- 10 2. Un método de solidificación selectiva por láser de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la secuencia de escaneo es de tal manera que los desechos producidos durante un escaneo se llevan lejos de las áreas de la capa de polvo que aún no se han escaneado.
- 15 3. Un método de solidificación selectiva por láser de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que uno o más objetos (103) se forman a través de la solidificación de islas separadas (122, 123, 124, 125, 126, 127, 128) en por lo menos una de las capas de polvo sucesivas, en donde la secuencia de escaneo es de tal manera que las islas se escanean en un orden tal que cada isla ubicada a sotavento en la dirección del flujo de gas de la otra isla se escanea antes que la otra isla.
- 20 4. Un método de solidificación selectiva por láser de acuerdo con la reivindicación 3, en el que las islas (122, 123, 124, 125, 126, 127, 128) se forman en un orden tal que los desechos producidos por la formación de una isla se llevan lejos de las áreas de la capa de polvo en la que las islas aún no se han formado.
5. Un método de solidificación selectiva por láser de acuerdo con la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en el que por lo menos parte de una primera isla ubicada a sotavento en la dirección del flujo de gas de por lo menos parte de la segunda isla se forma antes que por lo menos parte de la segunda isla.
- 25 6. Un método de solidificación selectiva por láser de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que la primera isla se encuentra totalmente a sotavento de la segunda isla y se forma completamente antes de la formación de la segunda isla.
- 30 7. Un método de solidificación selectiva por láser de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que la segunda isla está por lo menos parcialmente rodeada por la primera isla de manera tal que partes de la primera isla están a sotavento y otras partes de la primera isla están a barlovento de la segunda isla, y por lo menos parte de la segunda isla se forma en el medio de la formación de las partes a sotavento y barlovento de la primera isla.

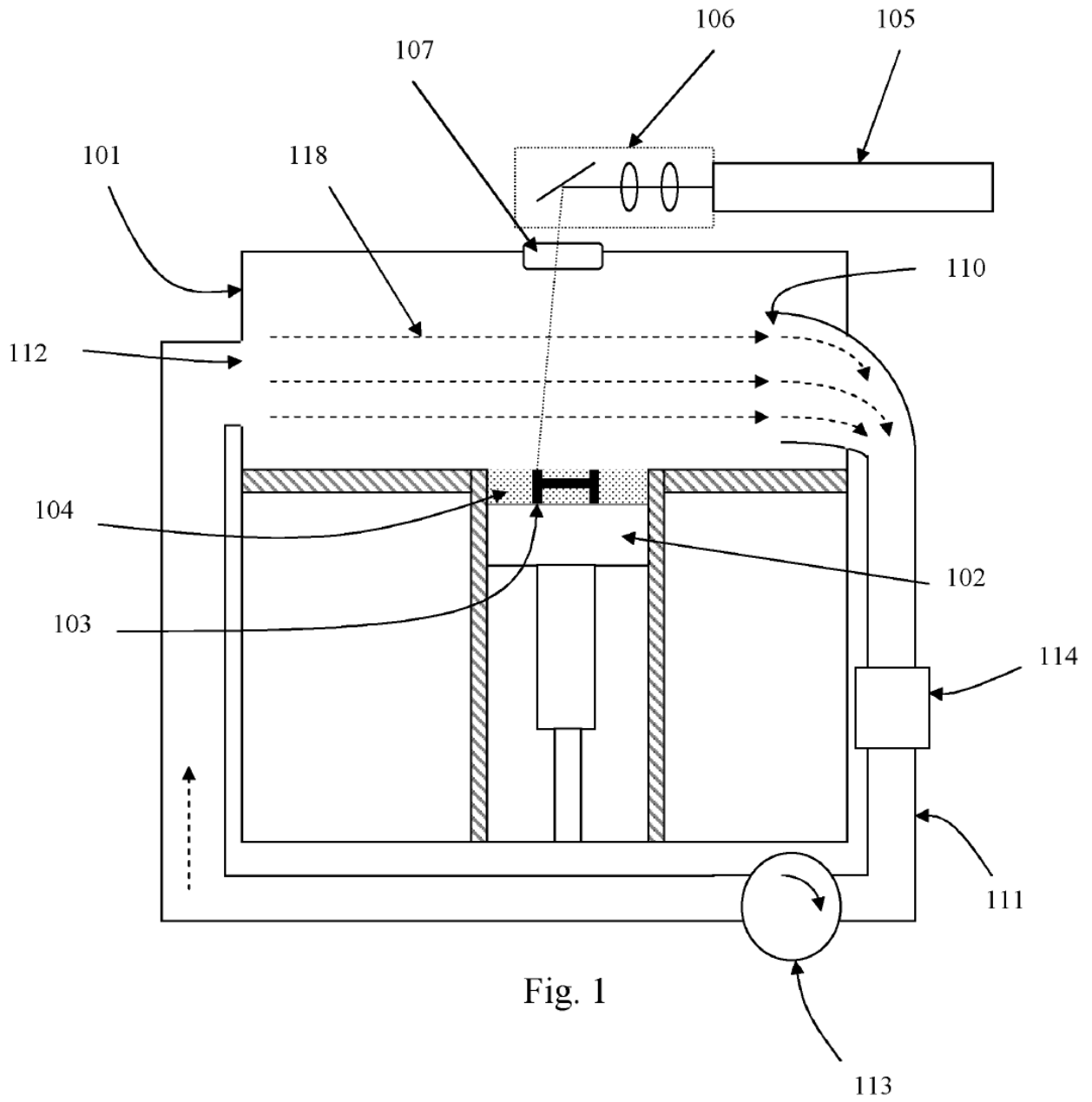


Fig. 1

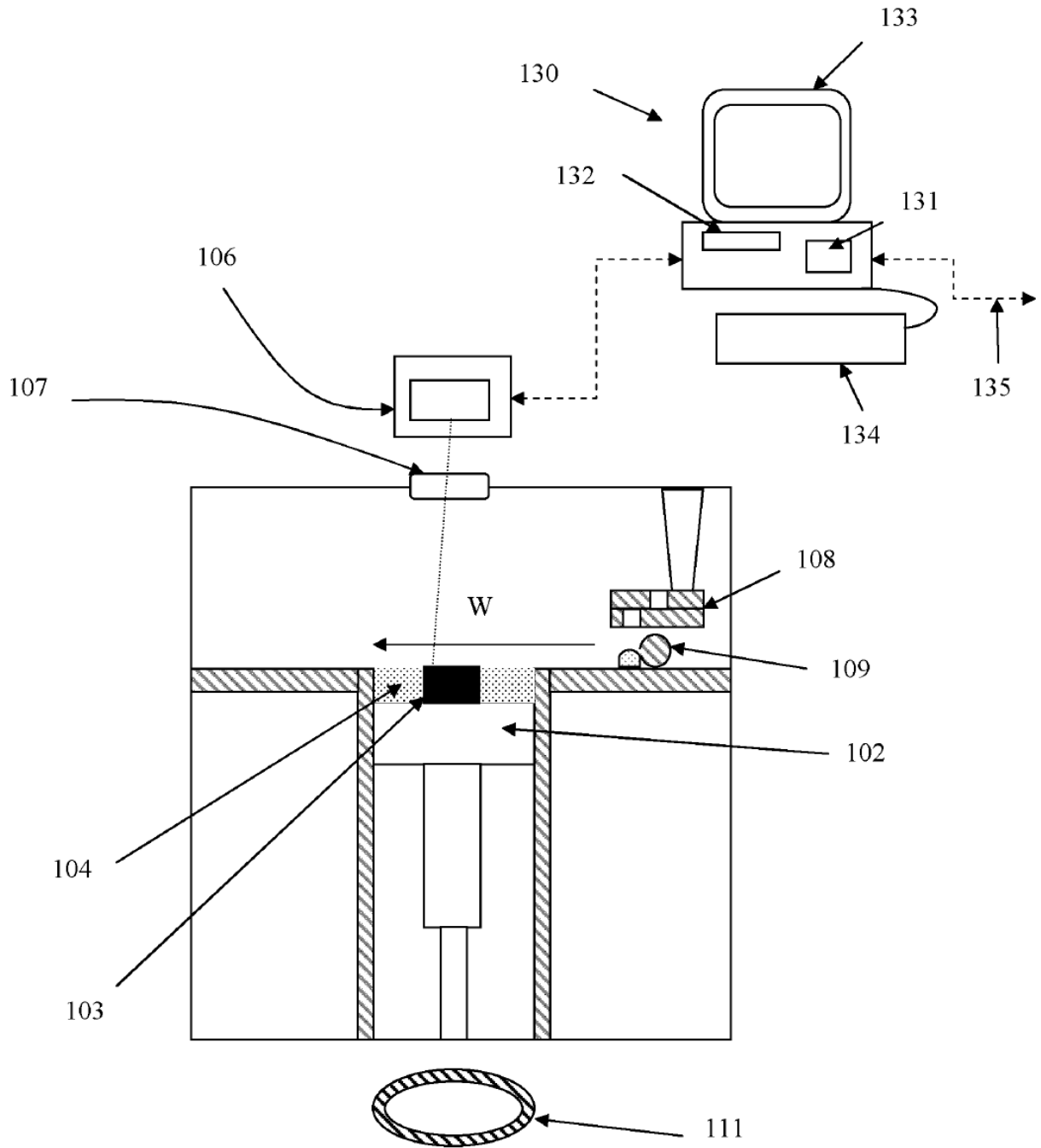


Fig. 2



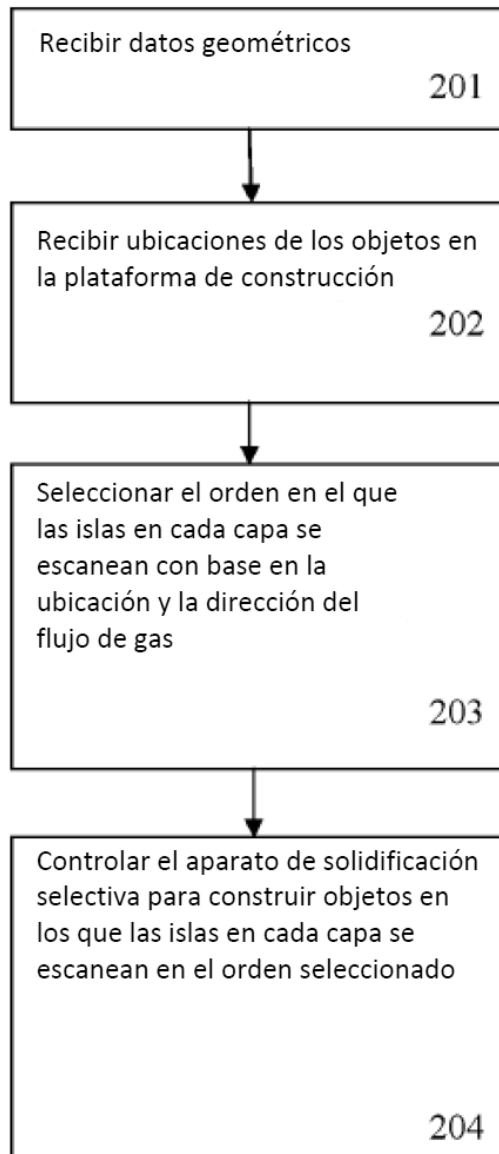


Fig. 3

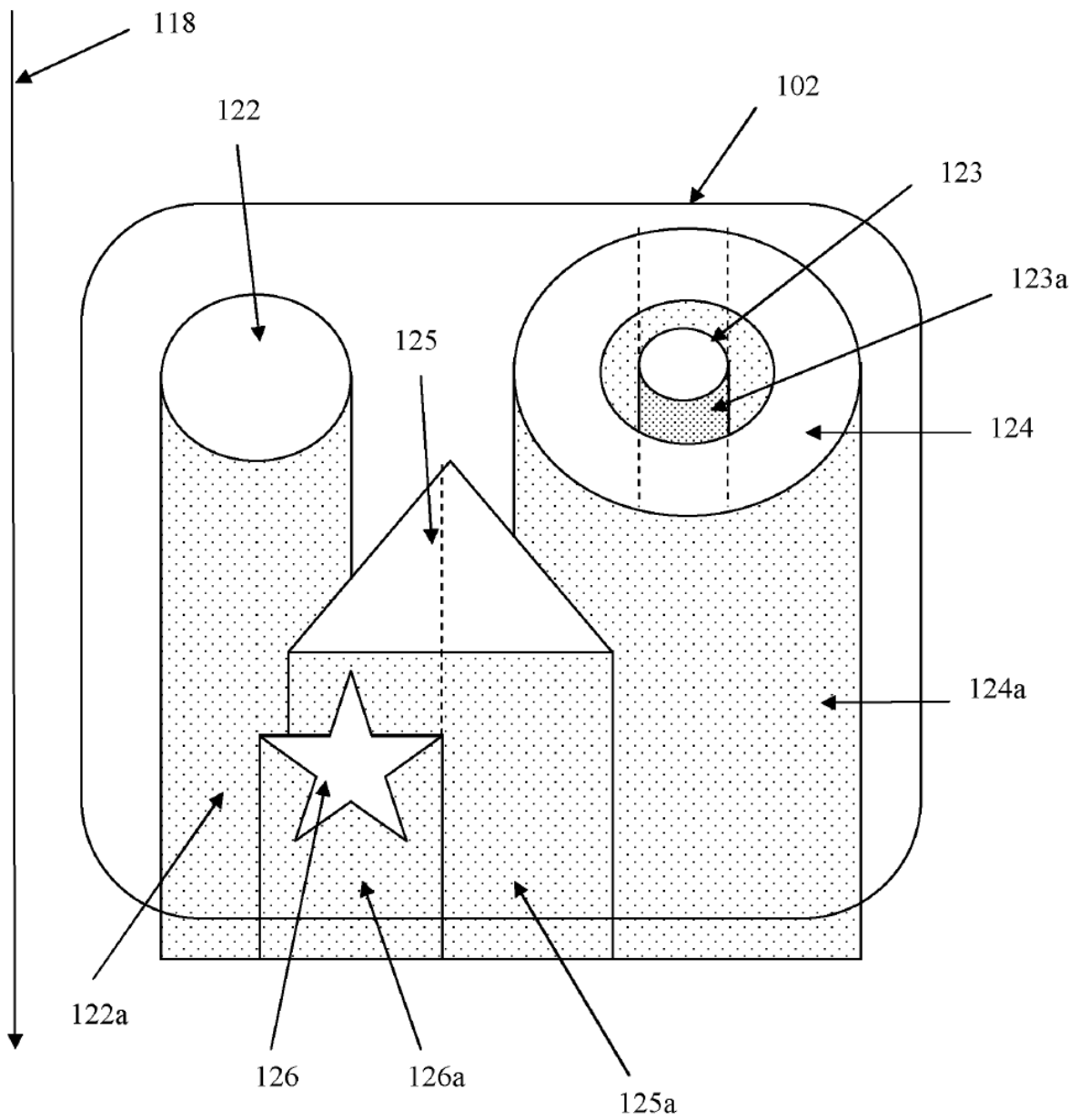


Fig. 4

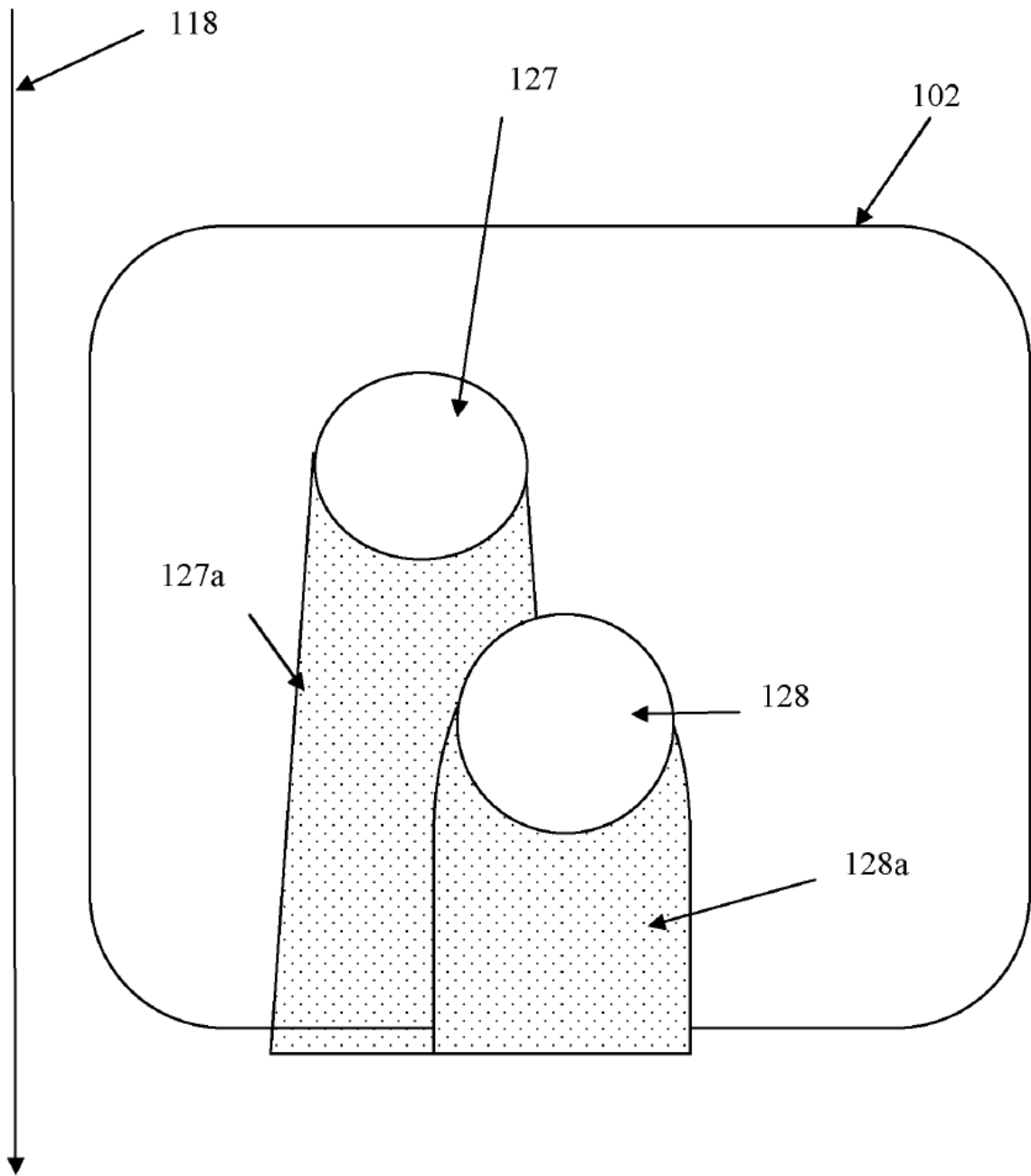


Fig. 5