

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 741 528**

51 Int. Cl.:

**B29C 64/153** (2007.01)

**B22F 3/105** (2006.01)

**B33Y 30/00** (2015.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.12.2015 PCT/GB2015/054151**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.06.2016 WO16102970**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2015 E 15817529 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 3237177**

54 Título: **Aparato de fabricación aditiva**

30 Prioridad:

**23.12.2014 GB 201423025**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.02.2020**

73 Titular/es:

**RENISHAW PLC. (100.0%)**

**New Mills**

**Wotton-Under-Edge, Gloucestershire GL12 8JR,  
GB**

72 Inventor/es:

**GREENFIELD, BENJAMIN, JOHN;**

**MUNDAY, JONATHAN y**

**SUTCLIFFE, CHRISTOPHER**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 741 528 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**

Aparato de fabricación aditiva

**Campo de la invención**

5 Esta invención se refiere a aparatos y métodos de fabricación aditiva en los cuales las capas de material se consolidan capa por capa para formar una pieza. La invención tiene una aplicación particular, pero no exclusiva, a un aparato de solidificación selectiva por láser, tal como un aparato de fusión selectiva por láser (SLM, por sus siglas en inglés) y de sinterización selectiva por láser (SLS, por sus siglas en inglés).

**Antecedentes**

10 Los aparatos de fusión selectiva por láser (SLM) y de sinterización selectiva por láser (SLS) producen piezas a través de la solidificación capa por capa de un material, como un material de polvo metálico, mediante el uso de un haz de alta energía, como un rayo láser. Se forma una capa de polvo sobre un lecho de polvo en una cámara de construcción depositando una pila de polvo adyacente al lecho de polvo y extendiendo la pila de polvo con un limpiador (de un lado a otro) sobre el lecho de polvo para formar la capa. Se escanea un rayo láser, introducido a través de una ventana en la parte superior de la cámara de construcción, en las áreas de la capa de polvo que corresponden a una sección transversal de la pieza que se está construyendo. El rayo láser fusiona o sinteriza el polvo para formar una capa solidificada. Después de la solidificación selectiva de una capa, se hace descender el lecho de polvo al espesor de la capa recién solidificada y una capa adicional de polvo se extiende sobre la superficie y se solidifica, según sea necesario. Un ejemplo de tal dispositivo se describe en el documento US6042774.

20 El proceso de solidificación se lleva a cabo en una atmósfera de gas inerte, como una atmósfera de argón o nitrógeno, ya que el polvo metálico es altamente reactivo. La fusión del polvo resulta en partículas transmitidas por el gas en la cámara de construcción. Estas partículas incluyen una nube o niebla de partículas de tamaño nanométrico formadas por material que se ha resolidificado en la atmósfera inerte después de ser vaporizado por el láser. No es deseable que las partículas transmitidas por el gas se vuelvan a depositar en el lecho de polvo, ya que esto puede afectar la precisión de la construcción. Para eliminar dicha materia, se genera una cuchilla de gas de gas inerte sobre el lecho de polvo entre una boquilla y un escape. El gas recolectado por el escape se pasa a través de un filtro para eliminar las partículas transmitidas por el gas, el gas filtrado se recircula a través de un circuito de gas de regreso a la boquilla.

25 El documento WO2010/007394 describe una disposición de filtro paralela en la que el flujo de gas a través del circuito se puede cambiar entre uno de los dos conjuntos de filtro, de manera que el elemento de filtro en el otro conjunto de filtro se puede reemplazar durante una construcción.

30 Durante una construcción, las partículas transmitidas por el gas pueden acumularse en las superficies de la cámara de construcción, incluida la ventana, formando una cubierta similar al hollín. Las partículas acumuladas en la ventana y las partículas transmitidas por el gas pueden desviar y/o dispersar el rayo láser, lo que resulta en una construcción inexacta. Es común proporcionar una cortina de gas a través de la ventana para mitigar el problema de la acumulación de partículas en la ventana. Ejemplos de tales dispositivos de flujo de gas se describen en los documentos EP0785838 y EP1998929.

Sin embargo, se ha encontrado que, incluso con flujos de gas a través del lecho de polvo y la ventana, se acumulan suficientes partículas en la ventana para afectar la calidad de la construcción.

40 El documento US2013/0101803A1 describe el gas de una atmósfera de la cámara de construcción extraída por succión y conducida a través de un componente tubular con áreas enfriadas en las que se pueden condensar los vapores producidos durante un proceso de producción capa por capa. Luego, el gas se conduce de regreso a la cámara de construcción. El gas de la atmósfera de la cámara de construcción se recalienta después de la condensación de los constituyentes volátiles del polímero antes de conducirlo de regreso a la cámara de construcción.

45 El documento US2014/0265045 describe un depurador para limpiar y filtrar el aire dentro de una cámara de construcción de un sistema de sinterización por láser. El depurador comprende una sección de enfriamiento inicial. La sección de enfriamiento es un paso en serpentina que hace que se enfríe el aire relativamente caliente en la cámara de construcción, ya sea con un conjunto de ventilador o disipador de calor en comunicación térmica con los pasos en la sección de enfriamiento.

50 El documento US2009/0295039 A1 describe un aparato para la fabricación por capas de un objeto tridimensional que comprende un contenedor que está abierto en la parte superior, un soporte, que se puede mover en una dirección vertical en el contenedor de manera que la capa del objeto a solidificar en cada caso se encuentra dentro de un plano de trabajo. Un rayo láser es desviado por un dispositivo de desviación que es controlado por un dispositivo de control y se enfoca en un punto predeterminado dentro del plano de trabajo mediante un dispositivo de enfoque. El dispositivo de enfoque contiene un módulo de lente. El módulo de la lente incluye una lente de salida, que está sujeta por la base para la lente y a través de la cual el rayo láser sale del módulo de la lente. Para la lente de salida, que está dispuesta en el lado del módulo de la lente que da hacia el plano de trabajo y, por lo tanto, está expuesta a peligro de contaminación, se proporciona un elemento de calentamiento, que está dispuesto alrededor del borde de la lente de

salida. Mediante un aumento de la temperatura de la lente de salida, por ejemplo, hasta más de aproximadamente 100°, se reduce la contaminación de la lente de salida por los precipitados.

5 El documento EP1839781 A2 describe un conjunto para fabricar un producto mediante la aplicación de capas de polvo sucesivas endurecidas in situ por un rayo láser. El conjunto tiene un alojamiento de proceso alrededor de una cámara de proceso con una zona de acumulación de producto. La zona de acumulación de producto se encuentra en una plataforma de soporte de elevación/descenso en la cámara de proceso. La parte inferior de la cámara con el producto en formación se separa de la cámara superior mediante una alimentación continua de gas inerte que forma una partición de gas que es prácticamente impenetrable para el humo y el vapor que salen del polvo calentado por láser.

10 El documento US2004/0003741 A1 describe un aparato para uso en impresión tridimensional que comprende un primer conjunto de lecho de polvo y un sistema de posicionamiento, un segundo conjunto de lecho de polvo y un sistema de posicionamiento, un conjunto de rodillo, un conjunto de cabezal de impresión y un conjunto de calentador de secado de capa intermedia. El conjunto de calentador de secado de capa intermedia incorpora doce elementos calentadores separados entre sí y mantenidos dentro de un alojamiento de calentador. El alojamiento está configurado para permitir que el aire de enfriamiento fluya a través del alojamiento y alrededor de algunos o todos los calentadores, 15 manteniendo el conjunto de calentador de secado de capa intermedia a una temperatura deseada o inferior.

### Compendio de la invención

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un aparato de fabricación aditiva para construir una pieza mediante la consolidación selectiva de material fluido en un proceso de construcción capa por capa de acuerdo con la reivindicación 1.

20 El dispositivo de enfriamiento puede comprender un dispositivo Peltier, un intercambiador de calor a través del cual se bombea el refrigerante, una unidad de refrigeración y/u otro dispositivo adecuado para enfriar una superficie.

### Descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama esquemático de un aparato de fabricación aditiva;

La Figura 2 es un diagrama esquemático del aparato de fabricación aditiva desde otro lado;

25 La Figura 3 es un diagrama esquemático de otro aparato de fabricación aditiva; y

La Figura 4 es un diagrama esquemático de un aparato de fabricación aditiva según una realización de la invención.

### Descripción de las realizaciones

Con referencia a las Figuras 1 y 2, un aparato de fabricación aditiva de la descripción comprende un recipiente de gas inerte 100 que comprende la cámara de construcción 101 y un circuito de gas 160.

30 La cámara de construcción 101 tiene particiones 115, 116 en su interior que definen un cilindro de construcción 117 y una superficie sobre la cual se puede depositar el polvo. Se proporciona una plataforma de construcción 102 como soporte de una pieza 103 construida por un polvo de fusión selectiva por láser 104. La plataforma 102 se puede bajar dentro del cilindro de construcción 117 a medida que se forman capas sucesivas de la pieza 103. Se define un volumen de construcción disponible en función de hasta qué punto se puede bajar la plataforma de construcción 102 en el 35 cilindro de construcción 117. El cilindro de construcción 117 y la plataforma de construcción 102 pueden tener cualquier forma de sección transversal adecuada, tal como circular, rectangular y cuadrada.

Las particiones 115, 116 y la plataforma de construcción 102 dividen la cámara de construcción 101 en una cámara superior 120 y una cámara inferior 121. Los sellos (no mostrados) alrededor de la plataforma de construcción 102 evitan que el polvo entre en la cámara inferior 121. Se puede proporcionar una conexión de gas, tal como como una 40 válvula de una vía, entre las cámaras superior e inferior 120, 121 para permitir que el gas fluya desde la cámara inferior 121 a la cámara superior 120. La cámara inferior 121 se puede mantener a una ligera sobrepresión con respecto a la cámara superior 120.

Las capas de polvo 104 se forman a medida que se construye la pieza 103 mediante un aparato de dispensación 108 y un limpiador alargado 109. Por ejemplo, el aparato de dispensación 108 puede ser un aparato como se describe en 45 el documento WO2010/007396.

Un módulo láser 105 genera un láser para fundir el polvo 104, dicho láser es dirigido según lo indique el escáner óptico 106 bajo el control de una computadora 130. El láser ingresa a la cámara 101 a través de una ventana 107.

50 El escáner óptico 106 comprende ópticas de dirección, en esta realización, dos espejos móviles 106a, 106b para dirigir el rayo láser a la ubicación deseada en el lecho de polvo 104 y enfocar las ópticas, en esta realización, un par de lentes móviles 106c, 106d, para ajustar una longitud focal del rayo láser. Los motores (no mostrados) accionan el movimiento de los espejos 106a y las lentes 106b, 106c, los motores son controlados por el procesador 131.

- Una computadora 130 controla módulos del aparato de fabricación aditiva, incluidos los dispositivos térmicos como los dispositivos de enfriamiento y los calentadores, como se describe a continuación. La computadora 130 comprende la unidad de procesador 131, la memoria 132, la pantalla 133, el dispositivo de entrada de usuario 134, como un teclado, pantalla táctil, etc., una conexión de datos a los módulos. En la memoria 132 se almacena un programa informático que le da instrucciones a la unidad de procesamiento para llevar a cabo el método como se describe a continuación.
- 5 El circuito de gas 160 comprende una boquilla de gas 140 y un escape de gas 141 para generar un flujo de gas 142 a través de la cámara 101 sobre la plataforma de construcción 102. El flujo de gas 142 actúa como una cuchilla de gas que lleva partículas transmitidas por el gas creadas por la fusión del polvo con el láser lejos del área de construcción.
- 10 El circuito de gas comprende una boquilla de gas adicional integrada a un anillo de retención 161 para generar un flujo de gas 148 a través de la ventana del láser 107. Este flujo de gas puede ayudar a evitar que se acumulen partículas en la ventana del láser 107, que a su vez podría afectar la calidad del rayo láser 118 que pasa a través de la ventana del láser 107.
- Una bomba 170 acciona la circulación de gas inerte a través del circuito de gas 160.
- 15 Un respiradero 143 proporciona un medio para ventilar/eliminar gas de las cámaras 120, 121. Una entrada de relleno 145 proporciona una entrada para rellenar las cámaras 120, 121 con gas inerte. La cámara inferior 121 puede comprender una entrada adicional 146 para mantener la cámara inferior 121 a una sobrepresión con respecto a la cámara superior 120.
- 20 El circuito de flujo de gas comprende conjuntos de filtro 180, 181 conectados en paralelo dentro del circuito de gas para filtrar partículas en el gas recirculado. Cada conjunto de filtro 180, 181 comprende un alojamiento de filtro 182, 183, un elemento de filtro 184, 185 ubicado en el alojamiento de filtro 182, 183 y válvulas 186, 187, 188, 189 accionadas manualmente para abrir y cerrar la entrada de gas y la salida de gas, respectivamente. Cada conjunto de filtro 180, 182 es desmontable del circuito de gas para reemplazar el elemento de filtro 182, 183, como se describe en el documento WO2010/026396.
- 25 El aparato comprende dispositivos térmicos que afectan el calentamiento y/o enfriamiento de una superficie interna del recipiente de gas inerte 100 para hacer que las partículas se depositen preferiblemente en una ubicación predeterminada en el recipiente 100 deseable para la acumulación de partículas.
- 30 Un primer dispositivo térmico es un anillo de retención de polímero 161 para mantener la ventana del láser 107 en su lugar. El material de polímero aísla la superficie interna del anillo del ambiente más frío que rodea la cámara de construcción 101. Otras superficies internas de la cámara de construcción 101 están provistas de un buen acoplamiento térmico al entorno circundante. Por ejemplo, las paredes 162 de la cámara de construcción 101 pueden estar hechas de material que tiene buena conductividad térmica, tal como un metal. En consecuencia, durante una construcción, las superficies internas de las paredes de la cámara de construcción 162 pueden estar más frías que las superficies internas del anillo de retención 161 y la ventana del láser 107, de manera que las partículas se acumulan preferiblemente en las superficies de las paredes de la cámara de construcción 162 en lugar de en el anillo de retención o la ventana del láser 107.
- 35 También se pueden proporcionar otros dispositivos térmicos en forma de aislamiento 165 alrededor de la boquilla de entrada para el gas inerte y la ventana de visualización 163 en la puerta 149 para asegurar que las superficies internas de la boquilla de entrada y la ventana de visualización 163 permanezcan a una temperatura más alta que otras superficies internas del recipiente 100 de modo que las partículas se depositen preferiblemente en las otras superficies internas.
- 40 El circuito de flujo de gas comprende además un dispositivo térmico para controlar la temperatura de las superficies internas del circuito de gas. En las Figuras 1 y 2, el dispositivo térmico es un dispositivo de enfriamiento 164 para enfriar los alojamientos de filtro 182, 183. El dispositivo de enfriamiento 164 está dispuesto para enfriar las superficies internas de cada alojamiento 182, 183 que están expuestos a un flujo de gas que aún no ha pasado a través de los elementos de filtro 184, 185. La superficie interna más fría de los alojamientos de filtro 182, 183 fomenta que las partículas en este flujo de gas se depositen en las superficies internas de los alojamientos 182, 183. Los alojamientos 182, 183 pueden comprender estructuras en forma de banda (no mostradas) para proporcionar un área de superficie aumentada para la acumulación de partículas.
- 45 El dispositivo de enfriamiento 164 puede ser una unidad de enfriamiento para enfriar un refrigerante, que a su vez fluye a través de conductos de intercambio de calor para enfriar los alojamientos 182, 183.
- La inundación de los alojamientos 182, 183 con agua durante el cambio del elemento de filtro limpia las partículas de las superficies internas del alojamiento 182, 183. Como resultado, las superficies internas del alojamiento del filtro 182, 183 son ubicaciones deseables en el recipiente 100 para la deposición de partículas.
- 55 El circuito de gas puede comprender además un calentador 167 para calentar el gas aguas abajo de los elementos de filtro, de modo que el gas inerte administrado a la cámara de construcción 101 esté cerca o por encima de la

temperatura ambiente del gas inerte en la cámara de construcción 101. Esto puede ayudar a evitar la acumulación de depósitos alrededor de la boquilla de entrada.

La Figura 3 muestra otro aparato de la descripción.

5 Las características de esta realización que son iguales o similares a las características de la realización descrita con referencia a las Figuras 1 y 2 han recibido los mismos números de referencia, excepto en la serie 200.

10 La realización que se muestra en la Figura 3 difiere de la que se muestra en las Figuras 1 y 2 en que el anillo de retención 261 es un anillo de retención de metal acoplado térmicamente a un calentador 271. El calentador 271 calienta el anillo de retención 261 de tal manera que una superficie interna del anillo de retención 261 expuesta al gas inerte en el recipiente 200 se calienta a una temperatura por encima de la temperatura ambiente del gas inerte. El calentamiento del anillo de retención 261 puede limitar o evitar por completo el depósito de partículas en el anillo de retención 261 y la ventana del láser 207.

La Figura 3 también difiere de la realización que se muestra en las Figuras 1 y 2 en que se omite el calentador 167, de manera que se suministra el gas inerte enfriado a la cámara de construcción 201.

15 La Figura 4 muestra otro aparato de la descripción. Las características de esta realización que son iguales o similares a las características de las realizaciones descritas con referencia a las Figuras 1 a 3 han recibido los mismos números de referencia, excepto en la serie 400. Esta realización difiere de las realizaciones que se muestran en las Figuras 1 a 3 en que se proporcionan dos dispositivos de enfriamiento 464a, 464b, el 464a para enfriar y capturar partículas antes de que el gas inerte ingrese a los conjuntos de filtro 482, 483 y el segundo aguas abajo de la bomba 470 para enfriar el gas calentado por la bomba 470. Los dispositivos de enfriamiento 464a, 464b definen al menos un paso en serpentina para el gas, las paredes del paso o de los pasos se enfrían con medios apropiados, por ejemplo, un refrigerante. Las superficies internas del paso pueden comprender puntas o barras que actúan como dedos fríos o anticontaminadores (similares a los dispositivos utilizados en microscopía electrónica) rellenos de un refrigerante. Al igual que la realización que se muestra en la Figura 3, no hay un calentador activo para calentar el gas que pasa a través del circuito de recirculación del gas.

25 Además, se proporciona la bomba 470 aguas arriba del dispositivo de enfriamiento 464b. Esto puede ser ventajoso ya que las especificaciones para la bomba 470 no están limitadas por la necesidad de pasar el gas enfriado a través de ella.

30 En el uso de cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente, el gas inerte se puede enfriar y pasar a la cámara de construcción 101, 201, 401 sin ser calentado por un calentador, para enfriar el gas dentro de la cámara 101 a una temperatura inferior a la de las superficies internas de la cámara de construcción 101, 201, 401. (En la primera realización, la computadora 130 puede desactivar el calentador 167 de manera que el gas inerte enfriado pase a la cámara de construcción 101). Esto puede reducir la capacidad del gas inerte en la cámara de construcción 101, 201, 401 de mantener material vaporizado, tal como un material metálico vaporizado, producido durante el proceso de construcción aditiva. En consecuencia, menos material vaporizado migrará a superficies críticas, como las ventanas 107, 207, 407, que se mantienen deseablemente libres de condensado. Además, es menos probable que el vapor de metal que se mantiene dentro del gas se condense sobre las superficies internas de la cámara de construcción porque las superficies están a una temperatura más alta (ya que las paredes de la cámara de construcción están en comunicación térmica con el entorno externo, que está a una temperatura más alta) que la temperatura del gas inerte. En particular, el calentador 271, 471 se puede usar para calentar el anillo de retención 261, 461 alrededor de la ventana 207, 407 para elevar la temperatura de una superficie interna de la ventana 207, 407 por encima de la temperatura del gas inerte en la cámara de construcción 201, 401. El gas enfriado 142, 242, 442 actúa como una manta/cortina de gas enfriado que aísla térmicamente las superficies críticas, como la ventana 107, 207, 407 y la ventana de visualización 163 de la puerta 165 del lecho de polvo calentado 104, 204, 404 y el material solidificado del objeto 103, 203, 404.

45 Los flujos de gas 142, 242, 442 pueden generar una capa de inversión de temperatura dentro de la cámara de construcción 101, 201, 401 en la que una capa de gas más caliente queda atrapada por encima del flujo de gas 142, 242, 442 del gas enfriado. La inversión de temperatura puede actuar para atrapar el material vaporizado debajo de la capa de gas caliente, donde las partículas se eliminan con la cuchilla de gas 142, 242, 442.

50 El gas inerte enfriado suministrado a la cámara de construcción puede estar a menos de 20 grados y preferiblemente entre 0 y 10 grados.

Además, al final de la construcción, se continúa recirculando/se recircula el gas inerte enfriado para enfriar la cámara de construcción 101, 201, 401 y el objeto construido mediante el uso del proceso de construcción aditiva. Esto puede reducir el tiempo entre el final de la construcción y el momento en el que la cámara de construcción y el objeto se hayan enfriado lo suficiente como para permitir que se abra la puerta de la cámara de construcción y se retire el objeto de la cámara de construcción 101, 201, 401.

Se entenderá que pueden realizarse alteraciones y modificaciones a las realizaciones descritas en este documento sin apartarse de la invención como se define en las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un aparato de fabricación aditiva para construir una pieza mediante la consolidación selectiva de material fluido en un proceso de construcción capa por capa que comprende un recipiente de gas inerte que comprende una cámara de construcción (401), un dispositivo de capas para depositar capas de material en la cámara de construcción (401); un escáner (406) para la emisión de un haz de energía (418) a áreas seleccionadas de cada capa para consolidar el material fluido de la capa, un circuito de flujo de gas (460) para generar un flujo de gas inerte a través de la cámara de construcción (401), el circuito de gas (460) comprende una bomba (470) para accionar la circulación de gas inerte a través del circuito de gas (460) y un dispositivo de enfriamiento (464b) dispuesto para enfriar una superficie interna del circuito de flujo de gas (460) para generar gas inerte enfriado, caracterizado por que el dispositivo de enfriamiento (464b) está aguas abajo de la bomba (470), de manera que el gas inerte enfriado se suministra a la cámara de construcción (401).
- 10 2. Un aparato de fabricación aditiva según la reivindicación 1, en donde el circuito de flujo de gas (460) está dispuesto para generar una cortina de gas (442, 448) del gas inerte enfriado sobre la cámara de construcción (401).
- 15 3. Un aparato de fabricación aditiva según la reivindicación 2, que comprende un láser (405) para generar un rayo láser (418) y la cámara de construcción (401) comprende una ventana (407) a través de la cual el rayo láser (418) es dirigido por el escáner (406), en donde el circuito de flujo de gas (460) está dispuesto para generar la cortina de gas (442, 448) a través de la cámara de construcción (401) entre la ventana (407) y las capas de material (404) depositadas en la cámara de construcción (401).
- 20 4. Un aparato de fabricación aditiva según la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en donde el circuito de gas (460) comprende una boquilla de gas (440) y un escape de gas (441) para generar una cuchilla de gas (442) del gas inerte enfriado a través de la cámara de construcción (401) sobre la plataforma de construcción (402).
- 25 5. Un aparato de fabricación aditiva según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo de enfriamiento (464b) comprende un dispositivo Peltier, un intercambiador de calor a través del cual se bombea el refrigerante y/o una unidad de refrigeración.
- 30 6. Un aparato de fabricación aditiva según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la temperatura del gas inerte enfriado suministrado a la cámara de construcción (401) es superior a 30 grados centígrados por debajo de la temperatura del gas en la cámara de construcción (401).
7. Un aparato de fabricación aditiva según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende una computadora (130) para controlar módulos del aparato de fabricación aditiva, lo cual incluye el dispositivo de enfriamiento (464b) de tal manera que, al final de una construcción, se recircula el gas inerte enfriado para enfriar la cámara de construcción (401) y un objeto (403) construido mediante el uso del proceso de construcción capa por capa.

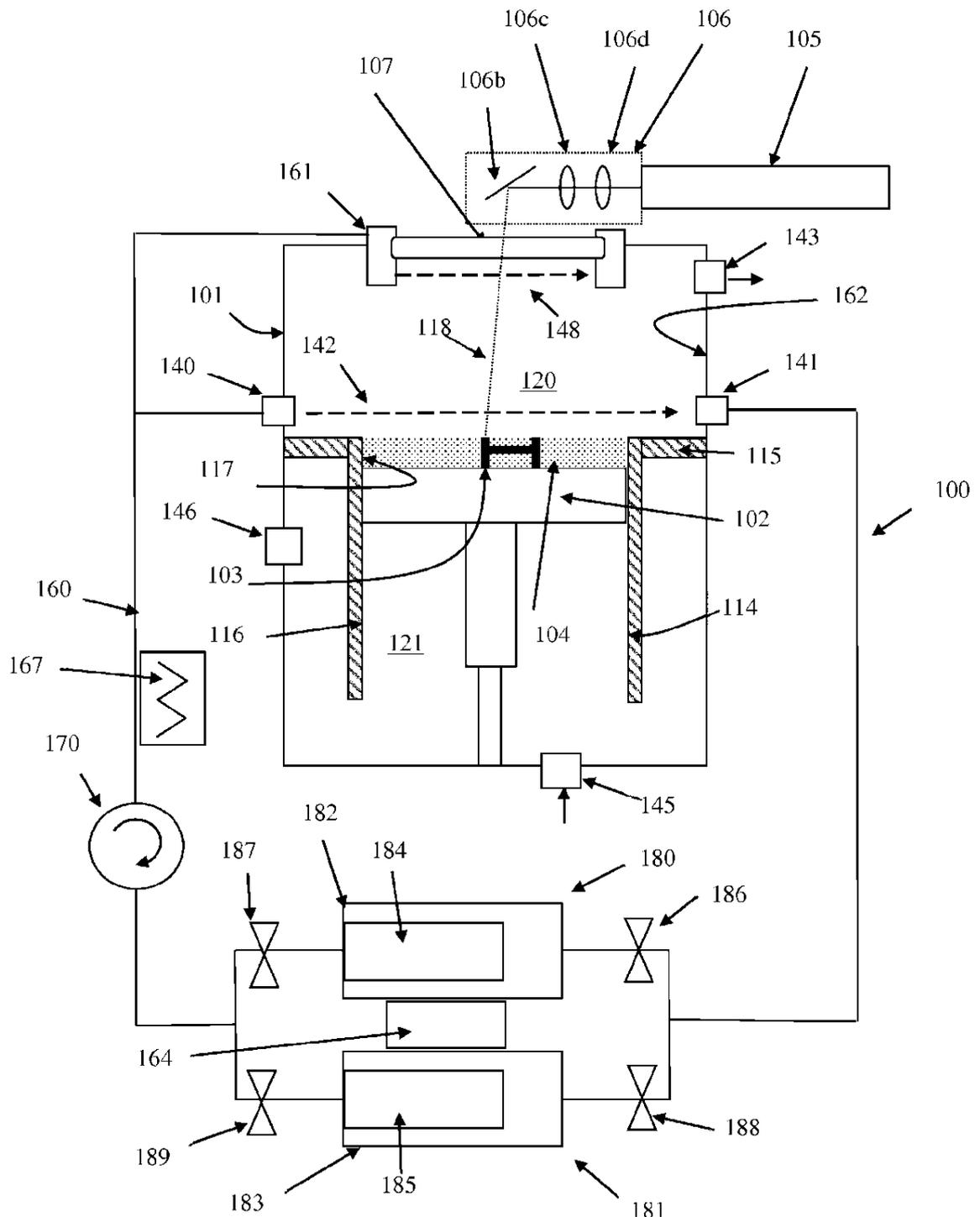


Fig. 1

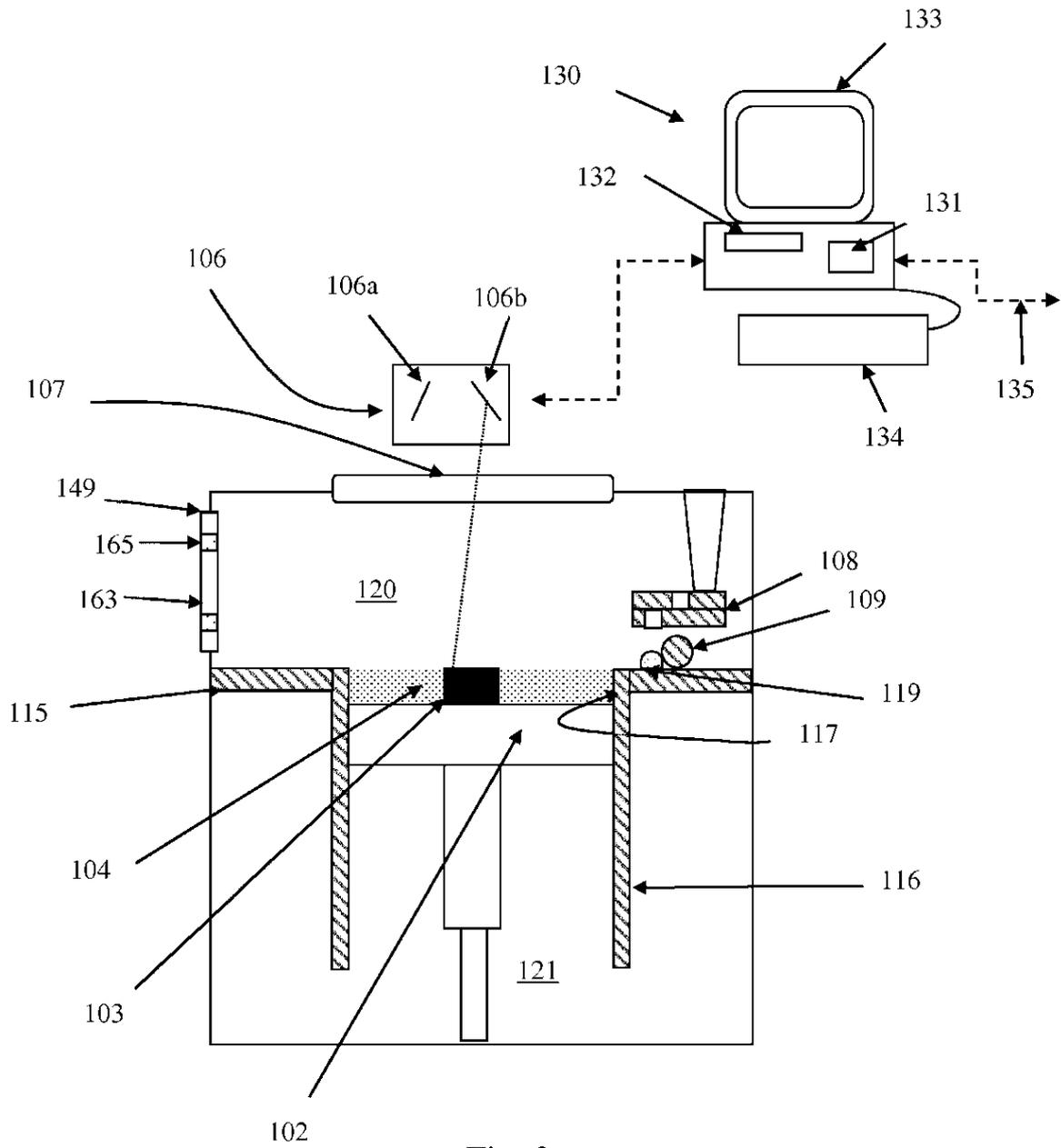


Fig. 2

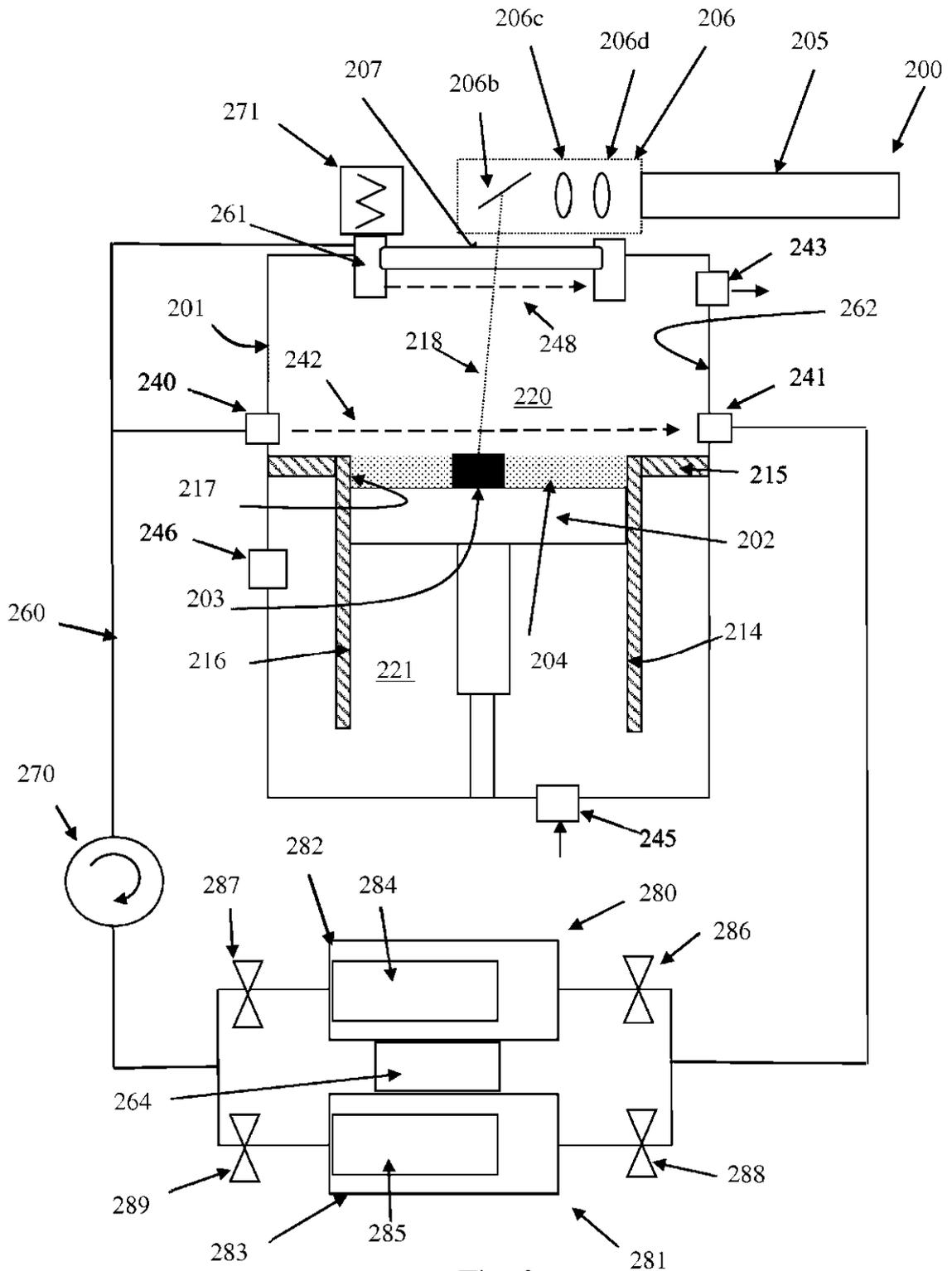


Fig. 3

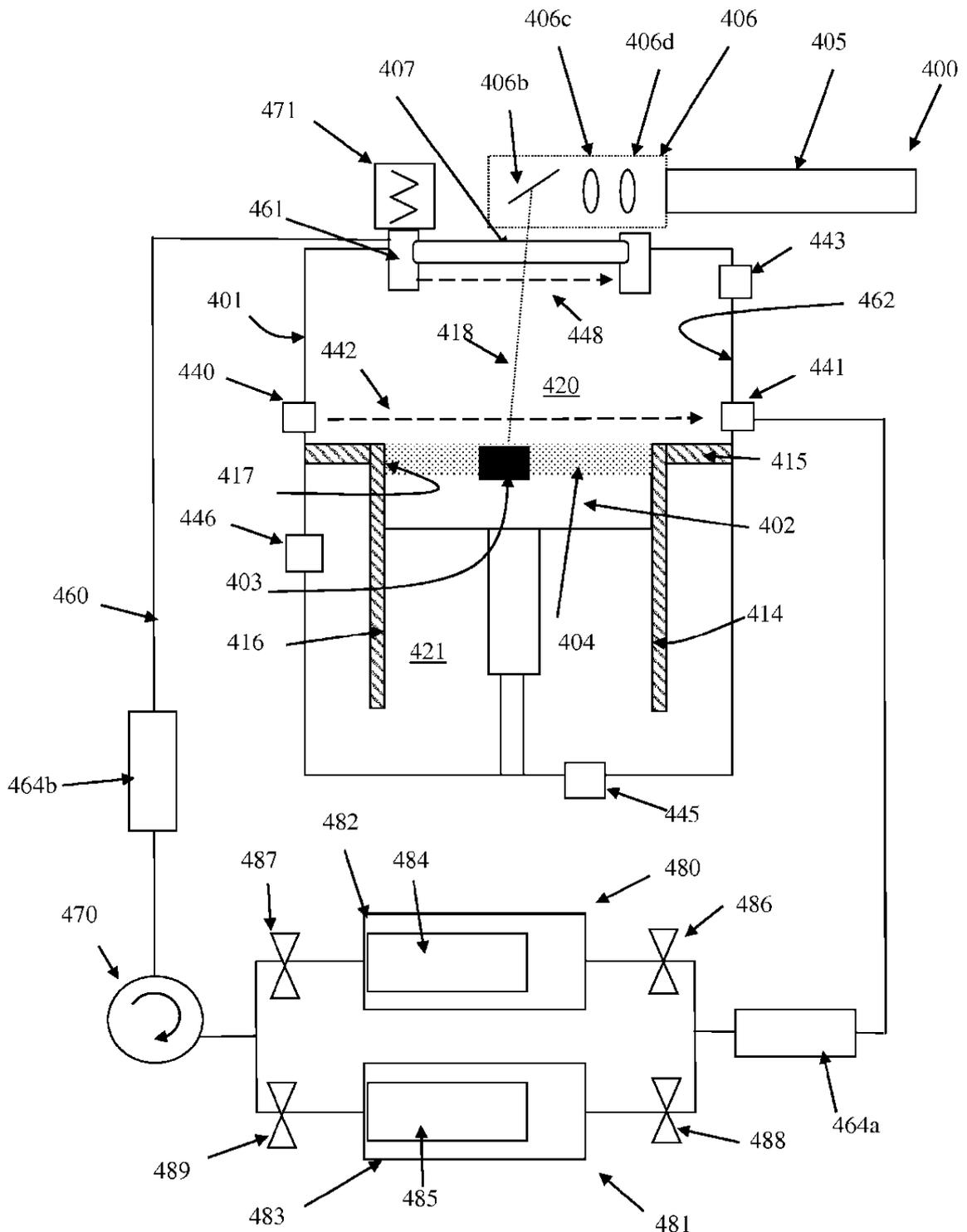


Fig. 4