

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 958**

51 Int. Cl.:

**B22F 3/105** (2006.01)

**B23K 26/34** (2014.01)

**B29C 67/00** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.07.2009 E 17170008 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018 EP 3231538**

54 Título: **Aparato y método de fabricación**

30 Prioridad:

**18.07.2008 GB 0813241**

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

**26.02.2019**

73 Titular/es:

**RENISHAW PLC (100.0%)**

**New Mills**

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

72 Inventor/es:

**SCOTT, SIMON**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 701 958 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 y método de fabricación

5 La invención se refiere a la operación de un aparato para producir un objeto tridimensional que utiliza un proceso de fabricación aditivo. En particular, la invención se refiere a la operación de una máquina para la fabricación rápida o creación rápida de prototipos tal como un proceso de sinterizado selectivo por láser (SLS) o fusión selectiva por láser (SLM).

10 Antecedentes de la Invención

Los métodos de fabricación aditiva o creación rápida de prototipos para producir componentes tridimensionales son bien conocidos en la técnica (véase por ejemplo el documento US 4863538 - Deckard). Hay diferentes métodos conocidos de fabricación aditiva incluyendo la consolidación de materiales en polvo y el curado de resinas poliméricas. Esta invención se refiere a métodos que implican polvos. Tales métodos implican una consolidación  
15 láser por láser de material en polvo que utiliza un haz de energía enfocado, tal como un haz de láser o un haz de electrones. Inicialmente, el uso de tales procesos de fabricación de forma libre estaba restringido a la producción de prototipos al sinterizar capas juntas de partículas de polvo. Avances recientes en la tecnología, sin embargo, han significado que componentes completamente densos, de alta integridad pueden ser fabricados por fabricación de componentes de forma libre.

20 En un proceso de sinterizado selectivo por láser (SLS) o de fusión selectiva por láser (SLM), una capa de polvo delgada es depositada sobre un área de construcción o una cama de polvo dentro de un aparato de SLS o de SLM. Un haz de láser enfocado es escaneado a través de las porciones de la capa de polvo que corresponde con una sección transversal del artículo tridimensional que es construido de tal manera que el polvo en los puntos donde el  
25 láser escanea es consolidado bien por sinterizado o bien por fusión. La sección transversal es generada típicamente a partir de una descripción 3-D del componente generado mediante el escaneado de un componente original o a partir de datos de diseño asistido por ordenador (CAD).

30 Después de la consolidación de una capa, la superficie de construcción se reduce por el espesor de la capa nuevamente consolidada y una capa adicional de polvo se extiende sobre la superficie. De nuevo, la superficie es irradiada con un haz de láser en porciones de la capa que corresponden con una sección transversal del artículo tridimensional, estando unida la capa nuevamente consolidada a la capa inicial consolidada. Este proceso es repetido hasta que se completa el componente.

35 Con el fin de fabricar de manera consistente un objeto con las propiedades estructurales deseadas es importante mantener una atmósfera controlada, a menudo una atmósfera de bajo contenido en oxígeno, en la proximidad de la superficie de construcción durante la fabricación. El equipamiento existente consigue esto mediante la inundación de una cámara de construcción, que rodea la superficie de construcción, con un gas inerte. El gas inerte es suministrado a una sobrepresión ligera comparada con la presión atmosférica y permite que el contenido de oxígeno  
40 de la atmósfera dentro de la cámara de construcción se reduzca de manera sustancial aproximadamente a un uno por ciento de oxígeno. Una atmósfera baja en oxígeno en la región de la placa de construcción permite que el polvo se caliente, y donde sea necesario se funda, sin someterse a reacciones excesivas de oxidación indeseable.

45 La Figura 1 ilustra una disposición típica de una cámara 20 de construcción en un sistema 10 de creación de prototipo rápido de la técnica anterior. La cámara 20 de construcción define un espacio 25 sobre una plataforma 30 de construcción que se puede bajar y es construida con suficiente integridad para ser inundada con gas inerte a una presión ligeramente elevada. La cámara 20 de construcción contiene un aparato 40 de dispensación y de revestimiento con polvo para extender el polvo 45 sobre la superficie de la plataforma de construcción y una ventana en una pared superior de la cámara 50 en una superficie 35 de construcción. Así, cualesquiera operaciones de  
50 sinterizado y/o fusión en el punto de interacción entre el haz de láser y el polvo 56 ocurren en una atmósfera baja en oxígeno.

55 La cámara de construcción es alimentada con un número de diferentes circuitos 60, 70, 80 de transporte de gas, teniendo cada circuito de transporte de gas su propia bomba 61, 71, 81, y su propio filtro 62, 72, 82.

60 La plataforma de construcción está dispuesta para que se pueda bajar dentro del ánima 95 de un cilindro 90 de construcción, que permite a la superficie 35 de construcción permanecer sustancialmente en la misma posición dentro de la máquina mientras un objeto 100 es construido a partir de capas de polvo sucesivas. La plataforma de construcción es hecha bajar típicamente por un mecanismo 110 de pistón y su borde 32 incorpora un cierre hermético 33 que se aplica con el ánima 95 del cilindro 90 de construcción para impedir la salida de polvo 45 del cilindro de construcción.

65 El sistema de la técnica anterior presenta un número de desventajas. La sobrepresión en la cámara de construcción tiende a forzar al polvo a través de los cierres herméticos entre la plataforma de construcción y el ánima del cilindro de construcción (ilustrado por las flechas en la Figura 1). Esto da como resultado que se deposite polvo suelto dentro del aparato, de donde debe ser limpiado, y puede comprender también la integridad del cierre hermético y

permite que el oxígeno entre en la cámara de construcción durante la fabricación.

Los dispositivos de transporte de gas tales como bombas, válvulas y tuberías son todos propensos a fugas, particularmente en puntos de conexión. Cualquier fuga de oxígeno en tal punto en el sistema de transporte de gas puede comprometer la integridad de la atmósfera baja en oxígeno en la cámara de construcción.

El documento US2008/134965 A1 describe un dispositivo para fabricar un objeto tridimensional mediante una solidificación en forma de capas de un material de construcción. Un dispositivo de soporte para soportar un objeto tridimensional que se ha de formar está dispuesto en el recipiente. El dispositivo de soporte puede ser movido hacia atrás y hacia adelante en el recipiente en una dirección vertical por medio de un accionamiento. El recipiente está diseñado como un recipiente de reemplazo o recipiente de intercambio, que se puede sacar del dispositivo junto con el dispositivo de soporte, que forma una plataforma de construcción y está ubicado en ella.

El documento EP1707341 A1 describe un aparato o sistema de sinterizado por láser que tiene una cámara de construcción extraíble.

El documento US2007/026145 A1 describe un dispositivo para la producción de un cuerpo moldeado tridimensional mediante consolidación sucesiva de capas de un material de acumulación pulverulento.

“Process Assembly for  $\mu\text{m}$ -Scale SLS, Reaction Sintering and CVD, Robby Ebert, Peter Regenfuss, Sacha Klötzer, Lars Hartwig and Horst Exner, Proceedings of SPIE Vol. 5063 Cuarto Simposio Internacional sobre Precisión Láser, páginas 183 a 189 describe un conjunto de proceso que comprende una cámara de sinterizado unida a una turbo bomba de vacío molecular. Una mesa de revestimiento y posicionamiento (CPB), donde tiene lugar el sinterizado, está montada dentro de un cofre de acero inoxidable hermético al vacío. La CPB tiene una plataforma de sinterizado. La plataforma está posicionada horizontalmente y tiene dos ánimas cilíndricas para el pistón de polvo y el pistón de sonda.

#### Compendio de la Invención

La invención proporciona un método de formación de un objeto tridimensional como se ha definido en la reivindicación independiente adjunta a la que se debería hacer referencia ahora. Las características preferidas o ventajosas de la invención son definidas en las reivindicaciones dependientes.

En un aparato convencional una atmósfera inerte, baja en oxígeno es mantenida solamente en la región sobre una plataforma de construcción. Esta atmósfera inerte es mantenida normalmente a una presión diferente de la presión por debajo de la plataforma. Si la presión por encima de la plataforma es mayor que por debajo, el polvo es forzado de manera natural entre un cierre hermético existente entre la plataforma de construcción y un ánima de un cilindro de construcción dentro de la cual desliza la plataforma. Controlando la atmósfera tanto por encima como por debajo de la plataforma de construcción, es decir a ambos lados del cierre hermético formado entre la plataforma de construcción y el cilindro de construcción, para tener la misma presión se puede evitar esta desventaja de los sistemas de la técnica anterior. Se prefiere que la composición de la atmósfera sea mantenida también, es decir baja en oxígeno tanto por encima como por debajo de la plataforma de construcción. Esto significa que, si el polvo es atrapado en el cierre hermético, cualquier fuga de gas posterior desde por debajo de la plataforma de construcción no comprometa la atmósfera de construcción.

Se ha observado que existen problemas similares si la cámara de construcción es mantenida a una presión baja y la región por debajo de la plataforma de construcción está a una presión relativamente más elevada, y se pueden aliviar estos problemas mediante el control de la atmósfera tanto por encima como por debajo de la plataforma de construcción.

El cilindro de construcción, que define un volumen de construcción, no es necesariamente circular. De hecho, el cilindro de construcción es más probable que sea de sección transversal cuadrada o rectangular.

Se prefiere que el aparato esté construido de tal manera que se pueda aplicar una presión baja o una presión de vacío tanto por encima como por debajo de la plataforma de construcción. Con el fin de conseguir esto, la construcción del aparato debe ser de alta integridad, es decir libre de grietas y aberturas que se abren al entorno externo, y se debe poder cerrar herméticamente en cualesquiera puntos de acceso al entorno externo. Los métodos que adaptan las aberturas de acceso de una cámara para el uso de vacío son bien conocidos en la técnica, por ejemplo, el uso de juntas tóricas en puertas.

Es particularmente preferible que el aparato permita la aplicación de una sobrepresión tanto por encima como por debajo de la plataforma de construcción.

Ventajosamente, el aparato comprende además un medio para la conexión a un suministro de gas que mantenga una atmósfera de gas inerte tanto por encima como por debajo de la plataforma de construcción. Tal medio podría, por ejemplo, ser una conexión de válvula de gas para conectar a un cilindro de gas inerte, tal como argón o nitrógeno.

En una realización particularmente preferida el aparato comprende dos cámaras separadas que se pueden cerrar herméticamente. Una cámara superior o cámara de construcción permite que la atmósfera que rodea el objeto y la región de la superficie de construcción sea controlada y una cámara inferior permite que la atmósfera sobre el lado inferior de la plataforma de construcción sea controlada. Esto puede ser ventajoso ya que la operación del aparato puede requerir flujos de gas inerte específicos cerca del objeto, por ejemplo, un flujo de protección óptica. Puede ser más simple proporcionar estos flujos de gas específicos si la cámara de construcción está separada de una cámara adicional que se puede cerrar herméticamente para controlar la atmósfera por debajo de la superficie de construcción.

Particularmente de forma preferible, en la situación donde el aparato comprende cámaras superior e inferior que se pueden cerrar herméticamente, una válvula o abertura se extiende entre las cámaras permitiendo que la presión y/o composición de gas y/o temperatura sean igualadas.

El aparato puede incluir una o más bombas para evacuar aire de la cámara o cámaras, suministrar una sobrepresión de gas y para accionar cualesquiera circuitos de gas dentro del aparato.

En algunas circunstancias puede ser ventajoso que al menos una y preferiblemente todas las bombas estén contenidas dentro de una atmósfera inerte, preferiblemente dentro de la cámara inferior.

Puede ser ventajoso también que al menos una y preferiblemente todas las válvulas de gas en el aparato estén contenidas dentro de una atmósfera inerte.

Puede ser ventajoso también que sustancialmente todos los elementos de cualquier circuito de transporte de gas del aparato estén alojados en una atmósfera inerte o atmósfera baja en oxígeno preferiblemente dentro de la cámara inferior.

La ventaja de mantener los dispositivos de transporte de gas, elementos y bombas dentro de una atmósfera controlada es que, si cualquiera de los elementos desarrolla una fuga a continuación la fuga tiene la composición de la atmósfera controlada de la cámara de construcción. El gas fugado a la bomba o circuito es por tanto sustancialmente de la misma composición que el gas dentro del circuito y no debería afectar sustancialmente la integridad del componente. Para algunas aplicaciones, el alojamiento de los componentes de transferencia de gas en una atmósfera baja en oxígeno puede mejorar sustancialmente la fiabilidad del aparato y así la reproducibilidad de los objetos formados utilizando el aparato.

Las bombas y válvulas que forman parte de un circuito de transporte de gas pueden ser incluidas dentro del término dispositivos de transporte de gas. Igualmente, las bombas y válvulas para bombear fuera de la cámara de construcción de un aparato y para mantener un suministro de gas inerte pueden ser incluidas también dentro de este término. Es ventajoso que cualesquiera uniones en la tubería de un circuito de transporte de gas o sistema de transporte de gas son mantenidas también dentro de la atmósfera controlada. Es ventajoso además que sustancialmente toda la propia tubería es mantenida dentro de la atmósfera controlada.

En un aparato que tiene más de un circuito de gas que suministra corrientes de gas a una cámara de construcción puede ser ventajoso que todos los circuitos de transporte de gas puedan ser accionados por una única bomba conectada a los circuitos por medio de válvulas apropiadas. Esta disposición puede reducir el número de componentes dentro del aparato.

El circuito de construcción define un volumen de construcción y la plataforma de construcción hace bajar el cilindro de construcción para asegurar que la superficie de construcción del objeto permanece sustancialmente al mismo nivel dentro del aparato cuando las capas sucesivas son añadidas al objeto o pieza de trabajo. Todo el cilindro de construcción es montado de forma extraíble dentro del aparato de tal manera que puede ser simple y rápidamente retirado al final de una operación de formación y reemplazado con un nuevo cilindro de construcción. Preferiblemente todo el cilindro de construcción está montado de tal manera que puede ser rodeado por una atmósfera controlada, o baja en oxígeno, durante la operación del aparato.

Preferiblemente la atmósfera por encima y por debajo de la plataforma de construcción es controlada para estar a la misma presión y/o temperatura y/o composición.

Preferiblemente de manera particular las porciones superior e inferior de la plataforma de construcción entran en contacto con una atmósfera en cámaras que se pueden cerrar herméticamente de forma separada y el método comprende además la operación de igualar la presión entre estas dos cámaras.

Una realización preferida de la invención será ahora descrita con referencia a las figuras en las que:

La Figura 1 ilustra esquemáticamente los circuitos de flujo de gas y la cámara de construcción en un típico aparato de tratamiento de polvo de la técnica anterior.

La Figura 2 ilustra la configuración de las cámaras y los sistemas de transporte de gas en un aparato según la invención.

Las Figuras 3 y 4 ilustran alternativamente configuraciones de los sistemas de transporte de gas en un aparato según la invención.

5 Con referencia a la Figura 2, un aparato 200 de fabricación aditiva según una realización de la invención incluye una cámara 220 de construcción o cámara de proceso que puede ser cerrada herméticamente del entorno externo y encierra una superficie 235 de construcción sobre la que se puede formar el objeto 300 tridimensional. La cámara 220 de construcción aloja un medio 240 de extensión de polvo, para extender una capa de polvo 245 sobre la  
10 superficie 235 de construcción, y permite el acceso óptico a un haz 255 de láser de alta potencia para escanear sobre la superficie 235 de construcción para consolidar las capas de polvo sucesivas. La superficie 235 de construcción es soportada por una plataforma 230 de construcción que se puede mover en vaivén dentro del ánima 295 de un cilindro 290 de construcción de tal manera que puede ser bajada para acomodar el objeto 300 cuando se forma capa por capa. La plataforma 230 de construcción es aplicada de forma que se puede cerrar herméticamente con el ánima 295 del cilindro 290 de construcción para mantener la atmósfera dentro de la cámara de construcción e impedir la salida de polvo 245. Esto se consigue mediante cierres herméticos 233, por ejemplo, cierres herméticos de silicona asociados con un borde 232 de la plataforma 230 de construcción que se aplica físicamente con el ánima 290 del cilindro de construcción. La atmósfera directamente por encima de la plataforma de construcción es sometida a la atmósfera 225 de la cámara de construcción incluso cuando se baja la plataforma de construcción.

20 Además de la cámara 220 de construcción superior el aparato define además una cámara 320 inferior en la que la atmósfera 325 puede ser controlada de forma similar. Esta cámara 230 inferior permite que se controle la atmósfera por debajo de la plataforma 230 de construcción.

25 Las cámaras 220, 320 superior e inferior están acopladas entre sí mediante una abertura 330 que permite que se iguale la presión en cada cámara. Preferiblemente hay un filtro dentro de la abertura para impedir que el polvo y el hollín entren en la cámara inferior. Esta disposición proporciona la ventaja de que la presión inmediatamente por encima y por debajo de la plataforma de construcción se puede mantener al mismo nivel, por ejemplo, ligeramente más elevada que la presión atmosférica.

30 Una sola bomba 450 para generar y mantener la atmósfera tanto en la cámara superior como inferior está situada dentro de la cámara inferior. La bomba está conectada a una válvula 455 de desgasificación para la comunicación con la atmósfera externa y con la primera 465, segunda 475, y tercera 485 válvulas de circuito para suministrar gas al primer 460, segundo 470 y tercer 480 circuitos de gas dentro de la cámara 220 de construcción. Un filtro 462 está dispuesto también en línea dentro de los circuitos de gas.

35 La bomba 450, las válvulas 465, 475, 485 y el conducto o tubería que comprenden los circuitos 460, 470, 480 de gas están sustancialmente contenidos de manera completa dentro de la cámara 320 inferior. Esto permite a los circuitos de transporte de gas estar rodeados por una atmósfera baja en oxígeno de tal manera que cualesquiera fugas no afectan sustancialmente a la integridad del producto formado.

40 En uso, la válvula 455 de desgasificación está abierta y la bomba 450 es activada para desgasificar tanto la cámara superior como inferior a un vacío irregular. Una vez que la atmósfera ha sido desgasificada, la válvula 455 de desgasificación es cerrada y las cámaras superior e inferior son rellenadas con argón a una presión de aproximadamente 10 milibares. El llenado con argón proporciona una presión elevada tanto en la cámara superior como inferior para dar una garantía de que el oxígeno no será capaz de fugarse.

45 Después de que las cámaras han sido llenadas con argón, la bomba 450 opera mediante una primera 465, segunda 475, y tercera 485 válvulas de circuito para proporcionar el flujo a través de cada uno de los circuitos de gas. Estas válvulas se pueden ajustar para permitir el control independiente del flujo de gas a la cámara de construcción a través de cada circuito. Una vez que la atmósfera tanto en la cámara superior como inferior de construcción es de constitución deseada, la fabricación del componente tridimensional es llevada a cabo por la consolidación en forma de capas de polvo que utiliza el haz de láser, como es bien conocido en la técnica anterior.

50 Preferiblemente uno de los circuitos de flujo de gas es un circuito de 'atmósfera inerte de gas'. Este circuito habilita que se forme una envoltura de gas inerte sobre la superficie de construcción para proteger el componente cuando se forma. El circuito de atmósfera inerte de gas entra en la cámara de construcción a un nivel bajo.

55 Preferiblemente uno de los circuitos de flujo de gas es un circuito "de protección óptica". Este circuito suministra una corriente plana de gas de alta velocidad a un nivel elevado dentro de la cámara para proteger al equipamiento óptico de la acumulación de hollín y partículas. Típicamente el circuito de protección óptica entra en la cámara de construcción mediante una estrecha hendidura en la parte alta de la cámara.

60 Puede haber otros circuitos de gas asociados con la cámara de construcción. Cada circuito de gas puede tener su propia salida de la cámara de construcción. En la realización ilustrada en la Figura 2 los circuitos de gas se combinan dentro de la cámara de construcción y salen de la cámara de construcción mediante una sola salida 466 y  
65

## ES 2 701 958 T3

el gas pasa a través del primer y segundo filtros 500, 510.

5 El primer filtro 500 después de que el gas haya salido de la cámara de construcción retira cualesquiera partículas de polvo y la mayor parte del hollín de la corriente de gas. El segundo filtro 510 es un filtro de aire de alta eficiencia (HEPA) que retira el polvo fino.

10 En la realización preferida el cilindro 290 de construcción que define el volumen de construcción está montado dentro de la cámara inferior (con la superficie de construcción dentro de la cámara superior) y puede ser retirado rápidamente una vez que se haya completado un componente. Así, el cilindro 290 de construcción, que al final de una construcción contiene el objeto 300 consolidado rodeado por polvo 245 no consolidado, puede ser retirado y descargado en un lugar alejado. Esto no solamente reduce el tiempo de inactividad de la máquina entre construcciones, sino que también permite que el polvo potencialmente peligroso sea descargado de la cámara en una ubicación segura.

15 Un sistema de flujo de gas alternativo para un aparato según la invención está ilustrado esquemáticamente en las Figuras 3 y 4 (todos los elementos distintos de los circuitos de flujo de gas son los mismos que los descritos anteriormente en relación con la Figura 2).

20 En este sistema alternativo el circuito de flujo de gas está situado fuera de la cámara inferior. Un solo agujero de ventilación 600 conduce fuera de la cámara y un circuito de gas pasa a través de un primer filtro 610 y de un segundo filtro 620 HEPA. El circuito incluye también una primera válvula 630, una segunda válvula 640 y una bomba 650. La bomba puede actuar sobre el circuito o puede bombear a la atmósfera mediante un agujero de ventilación 655.

25 En uso, la bomba 650 actúa mediante la primera válvula 630 para desgasificar la cámara 325 inferior a una presión de vacío irregular. El argón es a continuación relleno en la cámara mediante una entrada 660 hasta que la presión es de aproximadamente 10 milibares. Existe una conexión entre la cámara de construcción y la cámara inferior para permitir que se igualen las presiones y composiciones.

30 Una vez que la atmósfera está en la composición y presión deseadas la bomba 650 actúa para transportar el gas a través de los circuitos de flujo de gas. El gas que deja la cámara de construcción en el agujero de ventilación 600 pasa a su vez a través del primer filtro 610 y del segundo filtro 620.

35 La segunda válvula 640 permite que el circuito de gas sea dividido en dos partes. Una primera parte 700 entra en la cámara de construcción a un nivel elevado y actúa como una protección óptica o una cuchilla de aire para proteger elementos ópticos del aparato. Una segunda parte 710 entra en la cámara de construcción a un nivel bajo y actúa como una atmósfera inerte de gas para proteger la superficie de construcción.

40 Si es necesario, se podrían añadir bombas adicionales, por ejemplo, se podría añadir opcionalmente una bomba 720 de protección óptica al circuito para habilitar que presiones más elevadas se entreguen a aberturas que se abren a la cámara de construcción con el fin de formar la protección óptica.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un método de formación de un objeto tridimensional por consolidación en forma de capas de polvo que utiliza un aparato que comprende,  
5 un cilindro (290) de construcción,  
una plataforma (230) de construcción para soportar el objeto durante la fabricación, pudiendo bajarse la plataforma (230) de construcción dentro de un ánima (295) del cilindro (290) de construcción, y  
una cámara que se puede cerrar herméticamente para controlar una atmósfera que rodea el objeto,  
10 comprendiendo el método la formación de una atmósfera de vacío o de presión reducida en la cámara que se puede cerrar herméticamente tanto por encima como por debajo de la plataforma de construcción, rellenando la cámara que se puede cerrar herméticamente con gas inerte para formar una atmósfera de gas inerte tanto por encima como por debajo de la plataforma de construcción, escaneando un haz de láser de alta potencia sobre el polvo para consolidar las capas de polvo sucesivas para formar el objeto en la atmósfera inerte y retirar el cilindro (290) de construcción que contiene el objeto rodeado por el polvo no consolidado de la cámara que se puede cerrar herméticamente.  
15
2. Un método según la reivindicación 1, en donde el cilindro (290) de construcción está montado de tal manera que todo el cilindro (290) de construcción está rodeado por la atmósfera de vacío o de presión reducida o la atmósfera de gas inerte durante la operación del aparato.  
20
3. Un método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende retirar y descargar el objeto y el polvo no consolidado a un sitio alejado del aparato.
4. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende reemplazar el cilindro (290) de construcción con un nuevo cilindro de construcción.  
25
5. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el cilindro (290) de construcción tiene una sección transversal circular, cuadrada o rectangular.

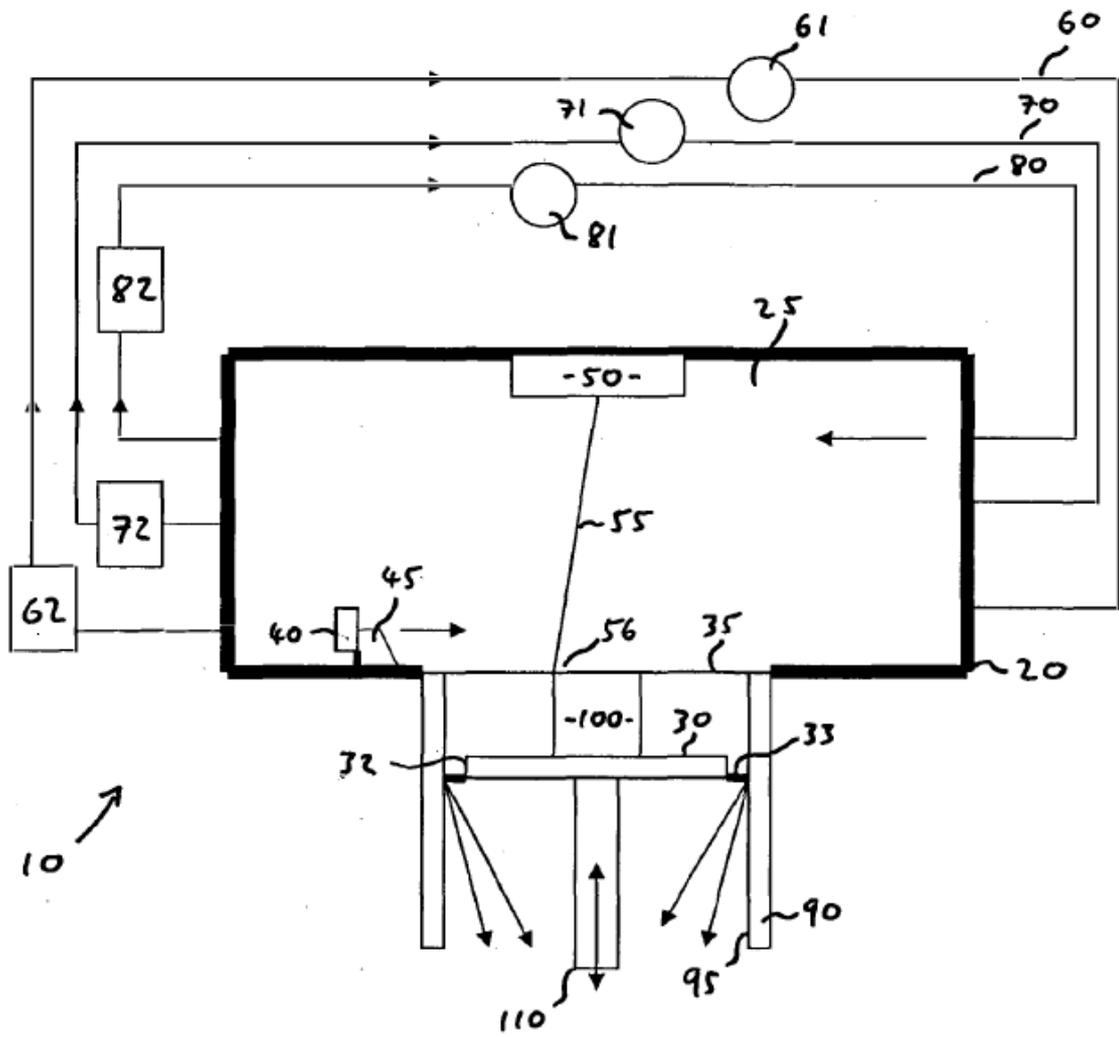


FIGURA 1

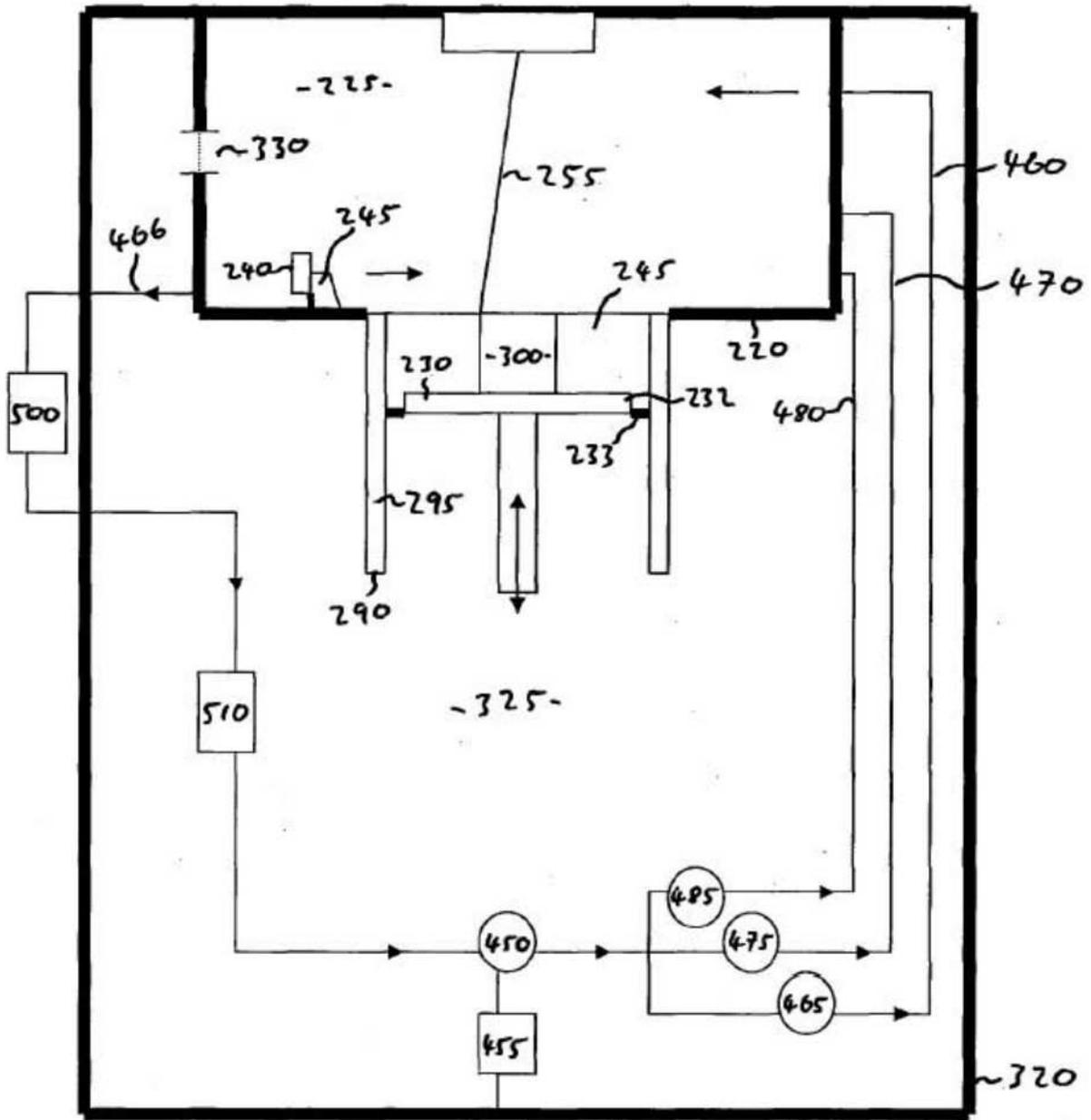


FIGURA 2

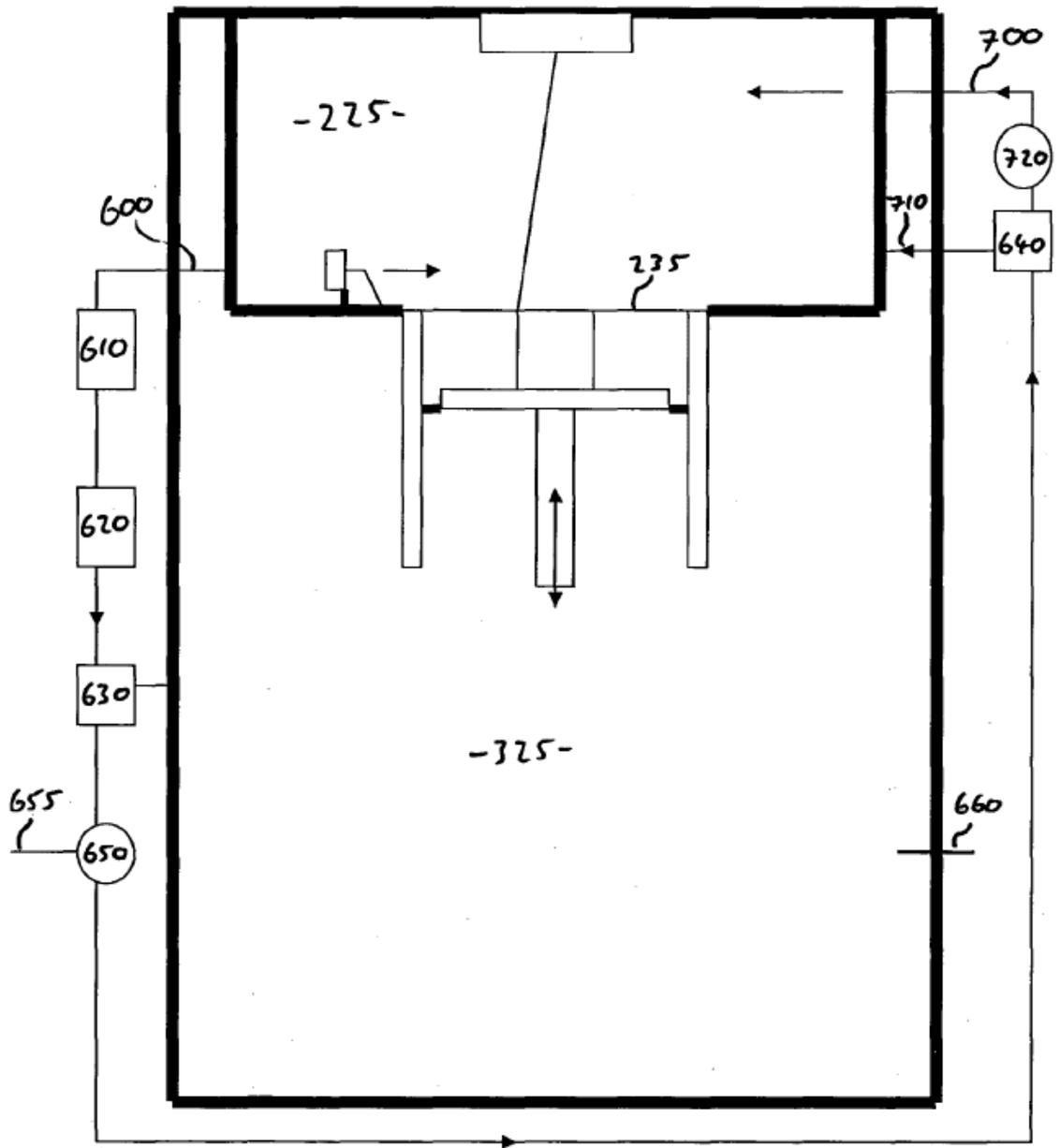


FIGURA 3

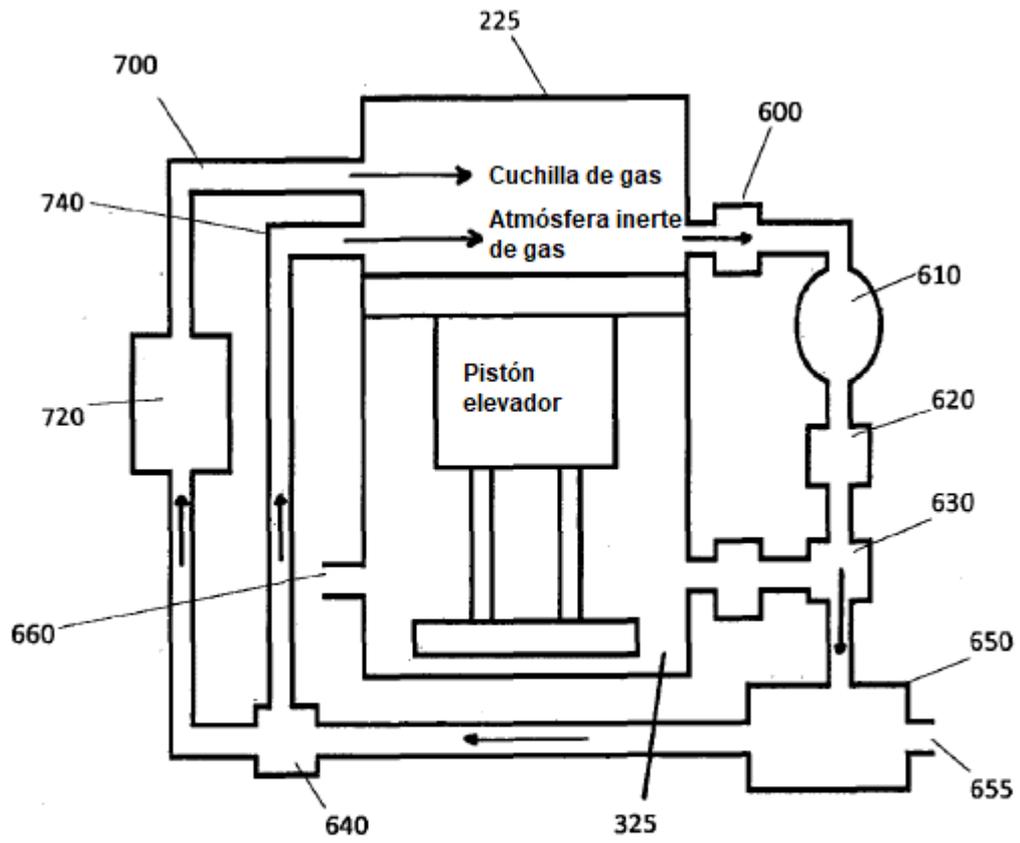


FIGURA 4