

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 667 127**

51 Int. Cl.:

B29C 67/00 (2007.01)

B22F 3/105 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.03.2015 PCT/GB2015/050791**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.09.2015 WO15140547**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2015 E 15713220 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.03.2018 EP 3119587**

54 Título: **Aparatos y métodos de solidificación selectiva**

30 Prioridad:

18.03.2014 GB 201404854

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

09.05.2018

73 Titular/es:

RENISHAW PLC (100.0%)

New Mills

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

72 Inventor/es:

BROWN, CERI y

MCFARLAND, GEOFFREY

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 667 127 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

Aparatos y métodos de solidificación selectiva

Campo de la invención

5 La invención se refiere a aparatos y métodos de solidificación selectiva en los que capas de polvo son solidificadas capa a capa para formar un objeto. La invención encuentra aplicación en aparatos de solidificación selectiva por láser, tales como aparatos de fusión selectiva por láser (SLM –“selective laser melting”–) y de sinterización selectiva por láser (SLS –“selective laser sintering”–).

Antecedentes

10 Los aparatos de fusión selectiva por láser (SLM) y sinterización selectiva por láser (SLS –“selective laser sintering”–) producen objetos por medio de la solidificación capa a capa de un material, tal como un material de polvo metálico, utilizando un haz de alta energía, tal como un haz de láser. Se forma una capa de polvo a través de un lecho en polvo situado dentro de una cámara de producción, al depositar un cúmulo de polvo en posición adyacente al lecho de polvo y esparcir el cúmulo de polvo con una escobilla a través de (de un lado a otro de) el lecho de polvo, a fin de formar una capa. Un haz de láser se hace barrer entonces a través de partes de la capa de polvo que corresponden a una sección transversal del objeto que se está construyendo. El haz de láser funde o sinteriza el polvo para formar una capa solidificada. Tras la solidificación selectiva de una capa, el lecho de polvo es hecho descender en un espesor de la capa recientemente solidificada, y se reparte una capa de polvo adicional sobre la superficie, y se solidifica, si se requiere. Un ejemplo de tal dispositivo se divulga en el documento US 6042774.

15 Un problema de semejante aparato es que puede llevar mucho tiempo construir un objeto, a menudo días y, para objetos muy grandes, más de una semana.

20 También, se utilizan escobillas en estereolitografía para acelerar la formación de una superficie plana de la resina líquida fotoendurecible, apta para ser curada de forma subsiguiente con un haz de láser. El desplazamiento de la escobilla y el control del haz de láser pueden llevarse a cabo simultáneamente de un modo tal, que el haz sigue la escobilla e índice en la capa de resina dentro de la región situada inmediatamente por detrás de la escobilla. Ejemplos de tales disposiciones se divulgan en los documentos US 5582876, US 5780070 y US 5204823.

25 El método SmartSeep™, de 3D Systems, proporciona una mejora adicional en la que la cuchilla de nuevo recubrimiento no se desplaza en toda la longitud de la cuba de resina, sino que únicamente barre a través de la porción de la cuba en la que se está construyendo la parte.

30 El documento US 8172563 divulga un dispositivo para fabricar un objeto tridimensional, en el que el dispositivo de aplicación de material se extiende en una dirección radial a través de una extensión radial máxima de una plataforma de producción circular, y la plataforma de producción se hace rotar (ya sea de una manera continua, ya sea paso a paso) y se hace descender para mover la escobilla en torno a la plataforma de producción con el fin de formar una capa de material. En una realización, se proporcionan cuatro dispositivos de aplicación de material y el material se solidifica en cuatro regiones de solidificación situadas entre los dispositivos de aplicación de material.

35 El documento DE 102007040755 divulga un dispositivo de sinterización por láser para producir objetos tridimensionales, que comprende diez dispositivos de recubrimiento para aplicar capas de polvo. Cada dispositivo de recubrimiento puede estar asociado con un láser.

40 El documento DE 202009016400 U1 divulga un aparato para producir cuerpos moldeados por acumulación en capas de material en polvo, en el cual, tras la preparación de una capa respectiva sobre la plataforma de producción, la capa es selectivamente irradiada por un haz de láser. La escobilla se ha dispuesto de manera que se mueve de un modo tal, que el polvo puede ser repartido a lo largo y ancho de la plataforma de producción en una carrera de ida y una carrera de retorno.

45 El documento WO 02/36331 A2 divulga un dispositivo de sinterización por láser que comprende un dispositivo de suministro de material por medio del cual puede transportarse polvo desde un recipiente de suministro al interior del área de tratamiento situada sobre la plataforma de la pieza de trabajo. A fin de solidificar esta capa, se enfoca radiación electromagnética en forma de un haz de láser sobre la capa, por lo que esta última se funde parcial o completamente.

Compendio de la invención

50 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un aparato de solidificación selectiva de acuerdo con la reivindicación 1.

Las dos o más carreras pueden comprender una carrera en la que la escobilla forma la capa de polvo, y una o más carreras subsiguientes. Las una o más carreras subsiguientes pueden comprender una carrera en la que la escobilla forma una capa de polvo subsiguiente. De manera adicional o alternativa, las una o más carreras subsiguientes pueden comprender una carrera de retorno, en la que la escobilla no forma ninguna capa de polvo. Una primera

región de la capa de polvo puede ser consolidada por el haz de energía cuando la escobilla se está moviendo en alejamiento de la primera región, durante la formación de la capa de polvo con la escobilla, y puede consolidarse una segunda región de la capa de polvo por el haz de energía cuando la escobilla se está moviendo hacia la segunda región en el curso de la carrera subsiguiente.

5 De esta manera, un objeto puede ser formado más rápidamente, debido a que el polvo es consolidado durante el tiempo en que la escobilla se está moviendo a lo largo y ancho del lecho de polvo. De acuerdo con ello, puede ser posible acortar los tiempos de producción, en comparación con la consolidación del polvo con el haz de energía una vez que la escobilla ha terminado de formar la capa. Por otra parte, la(s) área(s) del lecho de polvo que se está(n) consolidando no está(n) limitada(s) por el emplazamiento de la escobilla, debido a que el polvo situado a uno de los
10 lados de la escobilla es consolidado durante una carrera de la escobilla. En particular, el barrido del haz de energía a través de al menos una capa de polvo durante dos o más carreras puede reducir el tiempo de producción, en comparación con la práctica de completar todo el barrido de la capa de polvo durante una carrera inicial de la escobilla y antes de una carrera adicional. Esto puede permitir la optimización de la estrategia de barrido más allá de un simple barrido del haz de energía por detrás de la escobilla. En particular, una sección transversal del (de los)
15 objeto(s) que se está(n) formando tiende a cubrir un área pequeña en relación con la sección transversal total del lecho de polvo, y, por tanto, el punto de incidencia del haz de energía pasará la mayor parte del tiempo localizado en áreas pequeñas del lecho de polvo. El hecho de permitir que el haz de energía barra ambos lados de la escobilla permite que el haz de energía consolide el polvo en estas áreas pequeñas durante el movimiento de la escobilla.

20 El procesador puede haberse dispuesto para controlar el escáner de manera que cambie el foco del haz de energía con el fin de adaptarse a un cambio en el nivel de una superficie (superior) del lecho de polvo, de tal manera que un punto de incidencia de energía que tiene un perfil preestablecido es mantenido sobre la superficie del lecho de polvo.

25 Durante el reparto de una capa de polvo, el nivel (altura) de la superficie del lecho de polvo a cada lado de la escobilla diferirá. De acuerdo con ello, en una realización, durante el reparto del polvo por parte de la escobilla, el procesador puede controlar el escáner de manera que cambie el foco del haz de energía, al objeto de compensar un cambio de nivel del lecho de polvo conforme el punto de incidencia de energía se mueve de un lado al otro de la escobilla, a medida que la escobilla se desplaza a través del lecho de polvo.

30 En el caso de una escobilla que reparte polvo a lo largo y ancho del lecho de polvo en tan solo una única dirección, la plataforma de producción puede hacerse descender para proporcionar un espacio de separación de la escobilla en su carrera de retorno (sin realizar reparto). De acuerdo con ello, el procesador puede controlar el escáner para que cambie el foco del haz de energía con el fin de compensar un cambio de nivel de la superficie superior del lecho de polvo entre una carrera de ida y una carrera de retorno de la escobilla.

35 El procesador puede haberse dispuesto para controlar el escáner de manera que haga barrer el haz de energía a través del lecho de polvo durante el movimiento, tal como de descenso, de la plataforma de producción. El procesador puede haberse dispuesto para controlar el escáner de manera que haga barrer el haz de energía a través del lecho de polvo de un modo tal, que, durante el descenso de la plataforma de producción, un ángulo del haz de energía con respecto a la superficie del lecho de polvo permanece por encima de un ángulo preestablecido, siendo el ángulo preestablecido más grande que un ángulo que puede formar el haz de energía con la superficie del lecho de polvo cuando la plataforma de producción no se está haciendo descender. De esta manera, los cambios en
40 el emplazamiento del haz de energía sobre la superficie del lecho de polvo durante el descenso de la plataforma de producción se reducen en comparación con el barrido del haz de energía en ángulos inferiores al ángulo preestablecido. El ángulo preestablecido puede ser ajustado por el usuario. El ángulo preestablecido puede depender de una precisión y un espesor requeridos para las capas de polvo.

45 La plataforma de producción puede hacerse descender o elevarse durante el reparto del polvo a lo largo y ancho del lecho de polvo con la escobilla, a fin de proporcionar una capa de espesor variable. Las tres acciones de hacer barrer el haz de láser con la escobilla, repartir una capa con la escobilla y hacer descender o elevar la plataforma de producción pueden producirse simultáneamente. El descenso de la plataforma de producción puede producirse de forma continua a todo lo largo de la producción. Ello puede aumentar la velocidad de la producción, ya que pueden evitarse los retardos en el reparto del polvo mientras se hace descender la plataforma de producción.

50 El haz de energía puede ser un haz de electrones o un haz de láser.

El escáner puede comprender óptica móvil para cambiar el foco del haz de láser.

55 El escáner puede comprender óptica basculante para hacer barrer el punto de incidencia de láser a través del lecho de polvo, al tiempo que el procesador se ha dispuesto para controlar la óptica basculante para compensar automáticamente el hecho de que una única posición de la óptica basculante hará barrer diferentes puntos de incidencia sobre la superficie del lecho de polvo dependiendo del nivel de la superficie. El hecho de hacer descender el lecho de polvo puede cambiar una distancia de la superficie del lecho de polvo desde el escáner, para condiciones en las que el haz de láser es dirigido por la óptica basculante en un ángulo que no es perpendicular a la superficie, de manera que el cambio del nivel de la superficie del lecho de polvo modificará la posición del punto de incidencia

de láser sobre la superficie. De acuerdo con ello, el modo como la posición de la óptica basculante establece una relación de correspondencia sobre la superficie del lecho de polvo, diferirá para diferentes niveles de la superficie.

El aparato puede comprender un dispositivo de medición de la posición para medir la posición de la escobilla conforme la escobilla se mueve a través del lecho de polvo, tal como un codificador de posición, y el procesador puede haberse dispuesto para recibir señales desde el dispositivo de medición de posición y controlar el escáner basándose en las señales procedentes del dispositivo de medición de posición. Por ejemplo, el procesador puede haberse dispuesto para ajustar la regulación temporal de un barrido basándose en señales procedentes del dispositivo de medición de posición. El hecho de proporcionar realimentación sobre la posición real de la escobilla permite al procesador ajustar la secuencia de barrido en caso de que la posición real de la escobilla difiera de una posición esperada.

La escobilla puede ser susceptible de ser movida en una dirección perpendicular a la superficie del lecho de polvo (habitualmente, una dirección vertical) durante la producción. La escobilla puede ser susceptible de ser movida perpendicularmente a la superficie del lecho de polvo durante el reparto de una capa, al objeto de formar una capa de polvo no plana. De manera adicional o alternativa, la escobilla puede ser susceptible de ser movida perpendicularmente a la superficie del lecho de polvo en un lado del lecho de polvo, por ejemplo, para pasar sobre un cúmulo de polvo y/o para recolocar la escobilla para un paso subsiguiente sobre el lecho de polvo.

De manera adicional o alternativa, el procesador puede haberse dispuesto para controlar el movimiento vertical de la plataforma de producción de un modo tal, que la plataforma de producción es movida verticalmente a medida que la escobilla se mueve a través del lecho de polvo. La escobilla puede ser movida verticalmente de forma sincrónica con el movimiento de la plataforma de producción, por ejemplo, a fin de mantener una capa de polvo de un espesor deseado (uniforme). Alternativamente, el movimiento vertical de la escobilla y la plataforma de producción pueden ser tales, que se forman capas de polvo irregulares. El ajuste dinámico de la altura vertical de la escobilla con el movimiento de la plataforma de producción puede reducir o incluso eliminar el tiempo al final de cada carrera en que la escobilla queda estacionaria. En sistemas convencionales, la escobilla tiene que aguardar a que la altura de la plataforma de producción sea ajustada y a que la plataforma de producción se asiente, antes de la escobilla inicie la siguiente carrera de reparto de polvo.

El aparato puede comprender una unidad de láser para generar una pluralidad de haces de láser, así como escáneres dedicados o de uso exclusivo para cada haz de láser, de tal manera que cada haz de láser puede hacerse barrer de forma independiente a través del lecho de polvo. Los escáneres pueden disponerse de forma tal, que el lecho de polvo puede ser barrido simultáneamente por los haces de láser en ambos lados de la escobilla. El procesador puede haberse dispuesto para controlar cada escáner de forma que haga barrer el haz correspondiente de la pluralidad de haces de láser a través del lecho de polvo, a fin de consolidar el material en polvo a cada lado de la escobilla cuando la escobilla se está moviendo a través del lecho de polvo.

El procesador puede haberse dispuesto para controlar el movimiento de la escobilla basándose en datos geométricos que definen las trayectorias de barrido que ha de tomar el haz de energía o cada uno de los haces de energía con el fin de solidificar el material en polvo a la hora de producir un objeto capa a capa. Por ejemplo, el procesador puede ser capaz de variar la velocidad y/o la altura vertical de la escobilla en la formación de cada capa.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método para formar un objeto por solidificación selectiva de acuerdo con la reivindicación 7.

El método puede comprender hacer barrer el haz de energía a través de una de las capas de polvo durante dos o más carreras de la escobilla a través del lecho de polvo. Las dos o más carreras pueden comprender una carrera en la que la escobilla forma la capa de polvo, y una o más carreras subsiguientes. Las una o más carreras subsiguientes pueden comprender una carrera en la que la escobilla forma una capa de polvo subsiguiente. De manera adicional o alternativa, las una o más carreras subsiguientes pueden comprender una carrera de retorno en la que la escobilla no forma una capa de polvo. Una primera región de la capa de polvo puede ser consolidada por el haz de energía cuando la escobilla se está moviendo en alejamiento de la primera región durante la formación de la capa de polvo con la escobilla, y una segunda región de la capa de polvo puede ser consolidada por el haz de energía cuando la escobilla se está moviendo hacia la segunda región durante la carrera subsiguiente.

El método puede comprender cambiar el foco del haz de energía para adaptarse a un cambio en el nivel de una superficie (superior) del lecho de polvo, de tal manera que un punto de incidencia de energía que tiene un perfil preestablecido se mantiene sobre la superficie del lecho de polvo. El método puede comprender cambiar el foco del haz de energía durante el reparto de polvo por parte de la escobilla, a medida que el punto de incidencia del haz de energía es movido de un lado al otro de la escobilla. El método puede comprender cambiar el foco del haz de energía para compensar un cambio de nivel de la superficie superior del lecho de polvo entre una carrera de ida y una carrera de retorno de la escobilla.

De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se proporciona un elemento portador de datos que tiene instrucciones almacenadas en él, siendo las instrucciones destinadas a ser ejecutadas por un procesador para controlar un aparato de solidificación selectiva que comprende una cámara de producción, una plataforma de

producción, susceptible de hacerse descender dentro de la cámara de producción, una escobilla para repartir material en polvo a lo largo y ancho de la plataforma de producción con el fin de formar sucesivas capas de polvo de un lecho de polvo, una unidad de haz de energía, destinada a generar un haz de energía para consolidar el material en polvo, y un escáner para dirigir y enfocar el haz de energía sobre cada capa de polvo, de tal manera que las instrucciones, cuando son ejecutadas por el procesador, hacen que el procesador controle el escáner para llevar a cabo el método del segundo aspecto de la invención.

De acuerdo con un cuarto aspecto de la invención, se proporciona un método para generar instrucciones para controlar un aparato de solidificación selectiva de acuerdo con la reivindicación 11.

La primera carrera puede ser una carrera en la que la escobilla forma la capa de polvo. La segunda carrera puede comprender una carrera en la cual la escobilla forma una capa de polvo subsiguiente. De manera adicional o alternativa, la segunda carrera puede comprender una carrera de retorno en la que la escobilla no forma una capa de polvo. El primer conjunto de trayectorias de barrido o de partes de trayectorias de barrido puede ser para consolidar una primera región de la capa de polvo cuando la escobilla se está moviendo en alejamiento de la primera región, durante la primera carrera, y el segundo conjunto de trayectorias de barrido o de partes de trayectorias de barrido puede ser para consolidar una segunda región de la capa de polvo cuando la escobilla se está moviendo hacia la segunda región, durante la segunda carrera.

Las trayectorias de barrido o las partes de las trayectorias de barrido que se han de barrer para consolidar el material en polvo a cada lado de la escobilla por parte del haz de energía durante cada carrera de la escobilla, pueden ser identificadas basándose en el movimiento esperado de la escobilla durante cada carrera. De forma alternativa o adicional, la velocidad de la escobilla o tiempo entre carreras de esta puede ser determinada basándose en el tiempo que se espera que sea necesario para barrer las trayectorias de barrido o las partes de las trayectorias de barrido.

Se conoce la práctica de diseñar trayectorias de barrido según una configuración establecida en la que un área de una capa de polvo que se ha de solidificar se divide en distintas regiones que barrer. Puede utilizarse, por ejemplo, una configuración de tablero de ajedrez o de franjas en la que un área que se ha de solidificar se divide en una pluralidad de regiones que tienen lados paralelos, de manera que cada región está formada por una pluralidad de líneas de barrido paralelas formadas transversalmente a los lados paralelos. Una configuración de tablero de ajedrez o de franjas puede contribuir a garantizar que se haga progresar un frente de fusión a través de la región sustancialmente a la misma velocidad para la mayoría de las regiones del área que se ha de solidificar. El método de la invención puede comprender identificar regiones que se han de barrer para consolidar el material en polvo a cada lado de la escobilla por el haz de energía, durante cada carrera de la escobilla. El método puede comprender programar temporalmente el orden en que son barridas las regiones basándose en el movimiento de la escobilla. Por ejemplo, la programación temporal puede seleccionarse con el objetivo de maximizar el tiempo que el haz de energía solidifica material durante cada carrera de escobilla. Tal objetivo puede conseguirse restringiendo el número de veces que la dirección del punto de incidencia del haz de energía se hace conmutar de ser a un lado de la escobilla a ser al otro lado de la escobilla, ya que el haz de energía tendrá que ser desconectado durante el tiempo en que el escáner dirige el haz de energía sobre la escobilla. El número de veces que el punto de incidencia conmuta de uno de los lados de la escobilla al otro lado de la escobilla puede ser limitado a una única conmutación.

Se conoce la práctica de barrer áreas utilizando una estrategia de «corteza y núcleo», en la que se forma un núcleo del área utilizando una configuración establecida de trayectorias de barrido paralelas, tal como un barrido de trama (al que se hace referencia en ocasiones como de meandro), configuración de tablero de ajedrez o de franjas, y se forma una corteza (una periferia) del área utilizando una o más trayectorias de barrido de contorno que siguen la forma de un borde del área. El método puede comprender identificar cuándo se ha de hacer barrer el haz de energía a lo largo de la trayectoria de barrido de contorno, o de cada una de ellas, durante una carrera de la escobilla, de tal modo que toda la trayectoria de barrido de contorno puede ser completada en un único barrido continuo. Se entenderá que el barrido con el haz de energía puede comprender hacer moverse de forma progresiva el punto de incidencia del haz de energía a lo largo de una trayectoria de barrido o de puntos de iluminación separados entre sí a lo largo de la trayectoria de barrido con el punto de incidencia. Un barrido continuo, tal y como se utiliza en esta memoria, puede incluir cualquier tipo de barrido. En el caso de mover progresivamente un punto de incidencia del haz de energía a lo largo de la trayectoria de barrido, se efectúa un barrido continuo en el que el movimiento progresivo del punto de incidencia del haz de energía es ininterrumpido. En el caso de puntos de iluminación separados entre sí a lo largo de la trayectoria de barrido, un barrido continuo es un barrido en el que puntos adyacentes separados entre sí una distancia establecida son progresivamente iluminados con un tiempo de exposición establecido (y un tiempo constante entre exposiciones (que puede ser definido por el usuario o definirse por los límites físicos del escáner)), sin interrupción.

El método puede comprender determinar trayectorias de barrido basándose en el movimiento de la escobilla. Por ejemplo, puede seleccionarse un borde / extremo de la trayectoria de barrido basándose en una posición esperada de la escobilla durante el tiempo en que la trayectoria de barrido está siendo recorrida.

La identificación de las trayectorias de barrido o de las partes de las trayectorias de barrido que han de ser barridas para consolidar el material en polvo a cada lado de la escobilla, por parte del haz de energía, durante cada carrera

de la escobilla, puede tener en cuenta una zona de seguridad a uno o a ambos lados de la escobilla, en la cual no habrá de producirse el barrido. La zona de seguridad puede determinarse basándose en al menos uno, o más, de entre un error potencial en una posición determinada de la escobilla en el curso de una carrera, un error potencial en la regulación temporal del barrido, y una anchura esperada del montículo de polvo que es empujado por la escobilla para formar la capa de polvo.

De acuerdo con un quinto aspecto de la invención, se proporciona un elemento portador de datos que tiene instrucciones almacenadas en él, de tal manera que las instrucciones, cuando se ejecutan por un procesador, hacen que el procesador lleve a cabo el método del cuarto aspecto de la invención.

El elemento portador de datos de los anteriores aspectos de la invención puede ser un medio adecuado para proporcionar a una máquina instrucciones, tal como un elemento portador de datos no transitorio, por ejemplo, un disco flexible, un CD ROM, un DVD ROM / RAM (incluyendo -R/-RW y +R / + RW), un HD DVD, un disco Blue Ray(TM), una memoria (tal como un Memory Stick(TM), una tarjeta SD, una tarjeta flash compacta, o un elemento similar), un dispositivo de accionamiento de disco (tal como un dispositivo de accionamiento de disco duro), una cinta magnética, un elemento de almacenamiento magnético / óptico, o bien un elemento portador de datos transitorio, tal como una señal por un cable o fibra óptica, o una señal inalámbrica, por ejemplo, señales enviadas por una red cableada o inalámbrica (tal como una descarga de internet, una transferencia de FTP [protocolo de transferencia de archivos –“File Transfer Protocol”–], o un elemento similar).

Descripción de los dibujos

La Figura 1 es un esquema de un aparato de solidificación selectiva por láser de acuerdo con una realización de la invención;

La Figura 2 es un esquema del aparato de solidificación selectiva por láser, desde otro lado;

La Figura 3 es un esquema del aparato en funcionamiento, de manera que un haz de láser se está haciendo barrer sobre el lecho de polvo de un lado de la escobilla, al tiempo que la escobilla reparte polvo en una carrera de ida;

La Figura 4 es un esquema del aparato en funcionamiento, de manera que el haz de láser se está haciendo barrer sobre el lecho de polvo del otro lado de la escobilla (con respecto al mostrado en la Figura 3), al tiempo que la escobilla reparte polvo en una carrera de ida;

La Figura 5 es un esquema del aparato en funcionamiento, de tal modo que el haz de láser se está haciendo barrer sobre el lecho de polvo en una carrera de retorno de la escobilla;

La Figura 6 muestra trayectorias de barrido para un área que se ha de solidificar de una capa de polvo, según las cuales se ha de formar un núcleo del área utilizando una configuración de tablero de ajedrez de trayectorias de barrido;

Las Figuras 7 y 8 son representaciones esquemáticas de un método para clasificar regiones de un área que se ha de solidificar, en un orden con el que efectuar el barrido durante las carreras de ida y de retorno de la escobilla;

La Figura 9 muestra trayectorias de barrido para un área que se ha de solidificar de una capa de polvo, según las cuales se ha de formar un núcleo del área utilizando una configuración de franjas de las trayectorias de barrido;

La Figura 10 muestra trayectorias de barrido para un área que se ha de solidificar de una capa de polvo, según las cuales se ha de formar un núcleo del área utilizando un barrido de trama; y

La Figura 11 es un esquema de un aparato en el cual una escobilla puede repartir polvo en ambas direcciones.

Descripción de realizaciones

Haciendo referencia a las Figuras 1 a 5, un aparato de solidificación por láser de acuerdo con una realización de la invención comprende una cámara principal 101, que tiene en su interior elementos divisorios 115, 116 que definen una cámara de producción 117, y una superficie sobre la que puede depositarse polvo. Se ha proporcionado una plataforma de producción 102 para soportar un objeto 103 producido por fusión selectiva por láser del polvo 104. La plataforma 102 puede hacerse descender dentro de la cámara de producción 117 a medida que se forman capas sucesivas del objeto 103. Un volumen de producción disponible se define por la extensión en la que puede hacerse descender la plataforma de producción 102 dentro de la cámara de producción 117.

Las capas de polvo 104 se forman a medida que el objeto 103 se produce, por medio del aparato de dispensación 108 y una escobilla alargada 109. Por ejemplo, el aparato de dispensación 108 puede ser un aparato como el descrito en el documento WO 2010/007396. La escobilla 109 se mueve en una dirección rectilínea a través de la plataforma de producción 102, y una dirección de desplazamiento durante el reparto de polvo en una carrera de ida se ha ilustrado por la flecha W.

Un dispositivo de medición de la posición, en esta realización, un codificador de posición 140, mide una posición de

la escobilla 109 y envía señales indicativas de la posición medida a un procesador 131 de una computadora 130. El dispositivo de medición de la posición se ha mostrado esquemáticamente como una caja en la Figura 2 por claridad, pero comprenderá, por lo común, una escala asegurada a un carril (no mostrado) que guía el movimiento de la escobilla 109, y un cabezal de lectura, montado de manera que se mueve con la escobilla 109 para detectar marcas de escala en la escala. A partir de las marcas de escala detectadas, es posible determinar una posición de la escobilla.

Un módulo de láser 105 genera un láser para fundir el polvo 104, de tal modo que el láser es dirigido según se requiera por un escáner óptico 106, bajo el control de una computadora 130. El láser entra en la cámara 101 a través de una ventana 107.

El escáner óptico 106 comprende óptica de direccionamiento, en esta realización, dos espejos móviles 106a, 106b para dirigir el haz de láser al emplazamiento deseado del lecho de polvo 104, así como óptica de enfoque, en esta realización, un par de lentes móviles 106c, 106d para ajustar la longitud focal del haz de láser. Unos motores (no mostrados) impulsan el movimiento de los espejos 106a y de las lentes 106b, 106c, siendo los motores controlados por un procesador 131.

La computadora 130 comprende la unidad de procesador 131, una memoria 132, un dispositivo de presentación visual 133, un dispositivo de entrada 134 de usuario, tal como un teclado, una pantalla táctil, etc., una conexión de datos a módulos de la unidad de fusión por láser, tales como un módulo óptico 106 y un módulo de láser 105, el dispositivo de medición de posición 140 y una conexión de datos externa 135. Almacenado en la memoria 132, hay un programa informático que da instrucciones a la unidad de procesador para llevar a cabo el método según se describe a continuación.

El procesador recibe por medio de la conexión externa 135 datos geométricos que describen trayectorias de barrido que se han de adoptar a la hora de solidificar áreas de polvo de cada capa de polvo. Para producir una parte, el procesador controla el escáner 106 para que dirija el haz de láser de acuerdo con las trayectorias de barrido definidas en los datos geométricos. En esta realización, a fin de llevar a cabo un barrido a lo largo de una trayectoria de barrido, el láser 105 y el escáner 106 son sincronizados para exponer al haz de láser una serie de puntos discretos a lo largo de la trayectoria de barrido. Para cada trayectoria de barrido, se definen una distancia entre puntos, un tiempo de exposición de punto y un tamaño del punto de incidencia. En una realización alternativa, el punto de incidencia puede hacerse barrer de forma continua a lo largo de la trayectoria de barrido. En tal realización, en lugar de definir una distancia entre puntos y un tiempo de exposición, puede especificarse una velocidad del punto de incidencia de láser para cada trayectoria de barrido.

Durante el uso, los datos geométricos son recibidos por el procesador 131. El procesador 131 analiza las trayectorias de barrido definidas en los datos geométricos con el fin de determinar qué trayectorias de barrido o qué partes de las trayectorias de barrido han de ser barridas a uno de los lados de la escobilla 109 y qué trayectorias de barrido o qué partes de las trayectorias de barrido han de ser barridas al otro lado de la escobilla 109. En esta realización, en la que la escobilla únicamente reparte polvo en una sola dirección, el procesador 131 puede también determinar qué trayectorias de barrido o qué partes de las trayectorias de barrido han de ser barridas por el haz de láser en una carrera de ida de la escobilla 109 (en la que se reparte polvo por parte de la escobilla 109), y qué trayectorias de barrido o qué partes de las trayectorias de barrido han de ser barridas por el haz de láser en una carrera de retorno de la escobilla 109 (en la que no se reparte polvo por parte de la escobilla 109).

Una vez que el procesador 131 ha determinado la programación temporal del barrido para cada capa de polvo, el procesador 131 controla el escáner 106 para que barra cada capa de polvo de acuerdo con las trayectorias de barrido y con la programación temporal del barrido. La Figura 3 muestra la escobilla 109 en una carrera de ida que reparte una capa de polvo 104a a través del lecho de polvo 104. El haz de láser barre, en primer lugar, por delante de la escobilla 109, solidificando áreas de una capa de polvo previamente formada, con lo que se completa cualquier solidificación que haya de llevarse a cabo en esta capa de polvo antes de que sea cubierta por la siguiente capa de polvo. A fin de solidificar el polvo situado frente a la escobilla en una carrera de ida de la escobilla 109, el escáner 106 enfoca el haz de láser de manera que mantenga un tamaño de punto de incidencia de láser deseado en un plano inferior P_L , que coincide con la superficie superior del lecho de polvo situado por delante de la escobilla 109. La programación temporal del barrido se selecciona por el procesador 131 de tal manera que el barrido se produzca fuera de una zona prohibida 150 en torno a la escobilla 109. El hecho de mantener el barrido fuera de la zona prohibida 150 garantiza que la escobilla 109 no se dañe por la proximidad a la balsa de material fundido generada por el haz de láser, y el montículo de polvo 104b empujado a través del lecho de polvo 104 por la escobilla 109 no es fundido por el haz de láser.

Durante la carrera de ida de la escobilla 109, el haz de láser se traslada de barrer por delante de la escobilla a barrer por detrás de la escobilla 109. Durante un periodo de tiempo en que el barrido 106 dirigiría el punto de incidencia de láser al interior de la zona prohibida 150, el láser es desconectado por el procesador 131. Cuando el láser se conecta de nuevo, el escáner enfoca el haz de láser de manera que mantenga un tamaño de punto de incidencia de láser deseado en un plano superior P_U correspondiente a la superficie más elevada del lecho de polvo 104, que se encuentra por detrás de la escobilla 109. Esto se ha mostrado en la Figura 4. El escáner 106 dirige el haz de láser a lo largo de las trayectorias de barrido programadas temporalmente para esta configuración.

El barrido del lecho de polvo puede continuar una vez que la escobilla 109 se ha trasladado a una posición más allá del lecho de polvo 104. Por ejemplo, el tiempo requerido para solidificar un área deseada de una capa de polvo puede ser mayor que el tiempo que le lleva a la escobilla pasar por encima del lecho de polvo en las carreras de ida y de retorno. De acuerdo con esto, el barrido puede producirse cuando la escobilla 109 detiene su movimiento a un lado del lecho de polvo 104 (ya sea entre la carrera de ida y la de retorno, ya sea cuando el polvo está siendo dispensado por la unidad de dosificación 108). Esto puede ser de utilidad a la hora de barrer trayectorias de barrido que se extienden sobre una porción significativa del lecho de polvo 104.

El movimiento de la escobilla 109 puede ser controlado dinámicamente por el procesador 131 basándose en el tamaño del área que se ha de solidificar de una capa y/o de las trayectorias de barrido. Por ejemplo, puede variarse el tiempo que la escobilla 109 queda estacionaria entre carreras, o bien puede variarse la velocidad de la escobilla 109 a medida que esta se mueve sobre el lecho de polvo.

Antes de la carrera de retorno, la plataforma de producción 102 se hace descender para proporcionar un espacio de separación entre la parte superior del lecho de polvo 104 y la escobilla 109. Por lo común, la plataforma de producción 102 es hecha descender una distancia equivalente al espesor de la siguiente capa de polvo que ha de ser repartida por la escobilla 109.

La Figura 5 muestra la escobilla 109 en la carrera de retorno, moviéndose en una dirección R. El escáner 106 es controlado por el procesador 131 para que efectúe un barrido con el haz de láser tanto por delante de la escobilla 109 como por detrás de esta, a lo largo de las trayectorias de barrido programadas temporalmente para trazarse en este momento. Durante la carrera de retorno, el escáner enfoca el haz de láser para que mantenga un tamaño del punto de incidencia de láser deseado en el plano inferior P_L , a fin de tener en cuenta el descenso de la plataforma de producción 102. Al igual que con la carrera de ida, cuando el haz de láser es trasladado de barrer por delante de la escobilla 109 a barrer por detrás de la escobilla 109, o viceversa, el láser es desconectado durante el periodo de tiempo en que el escáner 106 dirigiría el punto de incidencia de láser al interior de la zona prohibida 150.

En las Figuras 6 a 8 se ilustra un ejemplo del modo como puede programarse temporalmente el barrido de las trayectorias de barrido. La Figura 6 muestra trayectorias de barrido para solidificar un área de una capa de polvo. Se utiliza una estrategia de «corteza y núcleo», en la que un núcleo 201 del área es barrido utilizando un estilo / parámetros de producción, y la corteza se forma utilizando un estilo / parámetros de producción diferentes.

En la Figura 6, se utiliza una configuración de tablero de ajedrez para formar el núcleo, de tal manera que un área del núcleo 201 se divide en una pluralidad de regiones cuadradas 203, de modo que cada región cuadrada 203 comprende una pluralidad de trayectorias de barrido paralelas 204 (en la Figura 6, únicamente se han mostrado las trayectorias de barrido paralelas 204 para algunas de las regiones cuadradas 203, por claridad). Para cada región cuadrada 203, las trayectorias de barrido paralelas 204 son barridas perpendicularmente a las trayectorias de barrido 204 de regiones cuadradas 203 adyacentes. Las trayectorias de barrido paralelas 204 de igual longitud contribuyen a garantizar que un frente fundido, generado a través del barrido de las trayectorias 204 con un láser, avanza sustancialmente a la misma velocidad para cada región cuadrada 203, de tal manera que se obtienen sustancialmente las mismas propiedades del material solidificado a lo largo y ancho del núcleo 201 del área. La rotación del ángulo con el que se forman las trayectorias de barrido paralelas 204 para regiones cuadradas adyacentes 203 ayuda a evitar la formación de líneas de debilidad (estratificación) a través del núcleo 201. En la Figura 6, la configuración de tablero de ajedrez se muestra de manera que es paralela a la dirección del movimiento de la escobilla. Se entenderá, sin embargo, que pueden utilizarse otras direcciones de la configuración de tablero de ajedrez y que la dirección de la configuración de tablero de ajedrez puede variarse entre capas.

La corteza se forma, en esta realización, por medio de dos trayectorias de barrido de contorno 205, 206. Pueden utilizarse, sin embargo, una o más trayectorias de barrido de contorno.

Los parámetros tales como el tamaño del punto de incidencia de láser, la distancia entre puntos, el tiempo de exposición de punto y la potencia del láser, especificados para las trayectorias de barrido del núcleo, pueden ser diferentes de los parámetros especificados para las trayectorias de barrido de contorno 205, 206.

Haciendo referencia a la Figura 7, el procesador 131 clasifica las trayectorias de barrido basándose en estilos de producción (barridos que requieren parámetros de producción diferentes). Se utilizan, por lo común, parámetros de producción diferentes para los barridos de contorno en una estrategia de corteza y núcleo, en comparación con los barridos de tablero de ajedrez. De acuerdo con ello, para las trayectorias de barrido mostradas en la Figura 6, existen dos estilos de producción en que se clasifican las trayectorias de barrido. Las trayectorias de barrido 204, 205, 206 se agrupan, entonces, para formar regiones que se situarán en un cierto orden de barrido. La medida en que las trayectorias de barrido 204, 205, 206 se agrupan unas con otras para formar regiones dependerá de la naturaleza de las trayectorias de barrido. En la Figura 6, cada cuadrado 203 del tablero de ajedrez se identifica como una región que ordenar, y cada barrido de contorno independiente 205, 206 es identificado como una región que ordenar. El número de trayectorias de barrido que se agrupen en una región dependerá de un compromiso entre la velocidad de tratamiento y la resolución para el ordenamiento de las trayectorias de barrido. En la Figura 6, los cuadrados 203 de la configuración de tablero de ajedrez se muestran de manera que son bastante grandes en relación con el lecho de polvo 104, pero, por lo común, los cuadrados serán más pequeños. Con cuadrados más

pequeños, las trayectorias de barrido de múltiples cuadrados pueden agruparse unas con otras en una región que clasificar para conseguir el compromiso deseado.

5 El lecho de polvo se divide conceptualmente en tres o más secciones, en esta realización, las secciones A, B y C. El procesador 131 determina entonces si cada región 203, 205, 206 de trayectorias de barrido de un tipo particular cae dentro de una sección A, B, C o de una combinación de las secciones A, B, C. En la Figura 6, existen regiones 203a, 203b, 203c que caen completamente dentro de las secciones A, B o C, respectivamente, y regiones 203d, 203e que abarcan dos secciones, A y B o B y C. Las dos trayectorias de barrido de contorno 205 y 206 abarcan las tres secciones A, B y C.

10 Las regiones son entonces clasificadas en un cierto orden de barrido basándose en la(s) sección (secciones) A, B y C dentro de la(s) que cae cada región. La Figura 8 ilustra esquemáticamente un orden en que diferentes secciones del lecho de polvo 104 se ponen a disposición para su barrido a medida que la escobilla 109 se mueve adelante y atrás a través del lecho, de tal modo que la dirección de avance del tiempo se ha ilustrado por la flecha T. La línea temporal es para ilustrar el modo como progresa la disponibilidad de las secciones A, B y C para el propósito de ordenar el barrido de las regiones, y no representa necesariamente el momento en que cada conjunto de secciones A, B y C se pone a disposición para el barrido. En una realización, puede ser posible para el procesador 131 alterar dinámicamente la velocidad de la escobilla 109 con el fin de que se ponga a disposición el tiempo suficiente para barrer regiones que caen dentro de un conjunto particular de secciones A, B y C. Los periodos entre corchetes etiquetados como «Idea» representan un periodo de tiempo en que la escobilla 109 se mueve a través del lecho en polvo 104 en una carrera de ida, y los periodos entre paréntesis etiquetados como «Retorno» representan un periodo de tiempo en que la escobilla 109 se mueve a través del lecho de polvo 104 en una carrera de retorno. En cada carrera de ida, se solidifica material en polvo tanto en una capa inferior que se repartió en la carrera de ida previa, como la capa que está siendo repartida en la presente carrera de retorno. La línea de trazos representa una transición del barrido entre estas capas. El periodo de tiempo E entre las carreras de ida y de retorno representa el tiempo que la escobilla 109 se encuentra situada a un lado del lecho de polvo 104, tiempo durante el cual todo el lecho de polvo 104 se encuentra disponible para el barrido. El periodo de tiempo D entre las carreras de retorno y de ida representa el tiempo en que la escobilla 109 está situada al otro lado del lecho de polvo 104, tiempo durante el cual se dosifica el polvo para repartir la siguiente capa y, de nuevo, todo el lecho en polvo 104 se encuentra disponible para su barrido.

30 A fin de determinar un orden en el que se barren las regiones de una capa, el barrido de cada región se asigna a un periodo de tiempo en el que la sección o combinación de secciones A, B, C en las que cae la región se encuentra disponible para su barrido. Los periodos de tiempo se llenan en el orden indicado por las flechas S₁ y, a continuación, S₂. De acuerdo con ello, las primeras regiones 203 que caen dentro de la sección A serán asignadas al primer periodo de tiempo, hasta que el periodo de tiempo se complete o no haya más regiones que caigan dentro de la sección A que se ha de asignar, y, a continuación, las regiones que caen dentro de las secciones A, B o A y B serán asignadas al segundo periodo de tiempo, y, seguidamente, las regiones que caen dentro de la región C serán asignadas al décimo periodo de tiempo. La asignación continúa en la dirección de la flecha S₂ hasta que a todas las regiones se les ha asignado un periodo de tiempo para el barrido, siendo el periodo final para asignación el tercer periodo de tiempo. El tercer periodo (y/o, posiblemente, el 8º) de tiempo puede expandirse programando temporalmente un retardo en el movimiento de la escobilla en caso de que sea necesario tal retardo para completar el barrido de la capa. Puede darse prioridad a la asignación de regiones a periodos de tiempo en los que hay más de una sección A, B, C disponible para el barrido. Por ejemplo, pueden priorizarse las regiones que abarcan secciones sobre las regiones que se extienden enteramente dentro de una única sección, para su asignación a tales periodos de tiempo. Por ejemplo, en la Figura 6, la asignación de los barridos de contorno 205, 206 a los 3º y/o 8º periodos puede priorizarse sobre la asignación de las regiones 204 a estos periodos.

45 Durante el 8º periodo de tiempo, la plataforma de producción se hace descender. En esta realización, el barrido que se asigna al 8º periodo de tiempo continúa durante el descenso de la plataforma de producción 102. Las regiones asignadas para ser barridas durante el descenso de la plataforma de producción 102 pueden ser regiones que pueden barrerse con el haz de láser en un ángulo con respecto a la superficie del lecho de polvo 104 por encima de un ángulo preestablecido que es mayor que el ángulo que forma el haz de láser con la superficie cuando se barren otras regiones del lecho de polvo 104. El presente ángulo puede ser ajustado por un usuario.

Una vez que las regiones 203, 205 y 206 han sido asignadas a ciertos periodos de tiempo, esta información puede ser incorporada a instrucciones para accionar el escáner 106 durante una producción.

55 Las trayectorias de barrido descritas con respecto a la Figura 6 son únicamente para propósitos ilustrativos y son posibles otros muchos diseños de trayectorias de barrido y método para barrer regiones que se han de barrer. Por ejemplo, en la Figura 9, el área que se ha de solidificar se divide en regiones de franjas paralelas 303, en lugar de en regiones cuadradas, de tal manera que las trayectorias de barrido paralelas 303 de cada región de franja 303 se extienden transversalmente a la dirección longitudinal de la franja. Dependiendo de la dirección de las regiones de franjas 303, las regiones de franjas 303 pueden extenderse dentro de las tres secciones A, B y C. A fin de evitar que todo el barrido se asigne a los 3º y 8º periodos de tiempo, en que todas las secciones del lecho de polvo 104 se encuentran disponibles para el barrido, las regiones de franjas 303 pueden dividirse en subregiones más pequeñas que caen dentro de un menor número de secciones A, B, C, de tal modo que el barrido de estas subregiones más

pequeñas puede repartirse a través de otros de los periodos de tiempo. Cada región de franja 303 puede dividirse a lo largo de una o más líneas, lo que evita dividir las trayectorias de barrido 304 de la región de franja 303. Por ejemplo, la región de franja 304 puede dividirse en regiones más pequeñas a lo largo de líneas de trazos 307, 308 que son paralelas a las trayectorias de barrido 304. Esto ayudará a garantizar que el avance del frente de fusión es sustancialmente el mismo para cada una de las subregiones, tal y como habría sido el caso para la región de franja más grande 303. Se programa entonces temporalmente el barrido de estas subregiones utilizando el algoritmo descrito con referencia a las Figuras 7 y 8.

La Figura 10 muestra una realización en la que las trayectorias de barrido del núcleo forman un barrido de trama 403 que se extiende en toda la anchura del núcleo. Al igual que con la realización mostrada en la Figura 8, para evitar que todo el barrido de trama sea asignado a periodos de tiempo en los que todas las secciones A, B y C se encuentran disponibles para el barrido, el barrido de trama 403 se divide en subregiones que pueden ser barridas durante otros periodos de tiempo. Para el barrido de trama 403, puede ser aceptable la partición de una trayectoria de barrido 404 cualquiera del barrido de trama puesto que, a diferencia de la configuración de tablero de ajedrez y de la configuración de franjas, no hay intención, con el barrido de trama 403, de mantener una longitud constante de cada trayectoria de barrido 404. De acuerdo con ello, el barrido de trama 403 puede ser dividido en subregiones a lo largo de las líneas de frontera de las secciones A, B y C. Se programa entonces temporalmente el barrido de estas subregiones utilizando el algoritmo descrito con referencia a las Figuras 7 y 8.

Se entenderá que, si un área que ha de solidificarse cae dentro únicamente de algunas, no todas, de las secciones A, B y C, puede no ser necesario dividir la configuración de franjas o barrido de trama para los propósitos de la programación temporal.

La Figura 11 muestra una unidad de escobilla de acuerdo con otra realización de la invención. En esta realización, la disposición de escobillas 509 se ha dispuesto para repartir polvo en ambas direcciones de desplazamiento a través del lecho de polvo 504. La unidad de escobillas 509 comprende dos escobillas 509a y 509b, montadas separadas entre sí en una distancia fija. Se dispensa polvo dentro del espacio de separación entre las escobillas 509a y 509b, de tal manera que la escobilla 509a reparte polvo formando una capa a medida que la unidad de escobillas 509 se desplaza de izquierda a derecha a través del lecho de polvo 504, y la escobilla 509b reparte polvo formando una capa a medida que la unidad de escobillas 509 se desplaza de derecha a izquierda a través del lecho de polvo 504. Para ambas direcciones de movimiento a través del lecho de polvo, se hace barrer el láser a través del lecho de polvo 404 tanto por delante de la unidad de escobillas 509 como por detrás de la unidad de escobillas 509. Como se ha descrito anteriormente con la realización mostrada en las Figuras 1 a 6, a la hora de barrer por delante de la unidad de escobillas 509, el escáner 106 enfoca el haz de láser para mantener un tamaño del punto de incidencia de láser deseado en un plano inferior P_L correspondiente a la superficie inferior del lecho de polvo 504 que se encuentra por delante de la escobilla 509, y, a la hora de barrer por detrás de la unidad de escobillas 509, el escáner 106 enfoca el haz de láser para mantener un tamaño del punto de incidencia de láser deseado en un plano superior P_U correspondiente a la superficie más alta del lecho de polvo 504 que se encuentra por detrás de la unidad de escobillas 509.

En una realización alternativa (no mostrada), el aparato puede comprender múltiples haces de láser (generados por láseres independientes o por la división de uno o más haces de láser), de tal manera que cada haz de láser es dirigido al lecho de polvo por una óptica de barrido independiente, de modo que el lecho de polvo puede ser simultáneamente barrido a ambos lados de la escobilla.

Por otra parte, la escobilla puede haberse dispuesto para ser movida verticalmente durante la producción, de tal manera que puede dosificarse polvo desde un único lado de la plataforma de producción, de tal modo que la escobilla es levantada en el otro lado de la plataforma de producción y desplazada sobre el cúmulo de polvo que queda tras el reparto de una capa, a fin de que la escobilla pueda empujar el cúmulo de polvo hacia detrás, en la otra dirección, para repartir una capa adicional de polvo. Por otra parte, la escobilla puede ser movida verticalmente durante el reparto de una capa para formar capas no planas. Por ejemplo, puede utilizarse una potencia de láser más alta para solidificar el polvo de las regiones de polvo más profundas de la capa no plana, de tal manera que el hecho de que se forme o no una región más gruesa de polvo puede basarse en la geometría del objeto y en las tolerancias requeridas para el objeto.

Se entenderá que es posible realizar alteraciones y modificaciones en las realizaciones descritas en lo anterior sin apartarse del alcance de la invención, tal y como se define en las reivindicaciones que se acompañan. Por ejemplo, el lecho de polvo puede ser barrido únicamente en una carrera de ida de la escobilla. El escáner puede haberse dispuesto únicamente para mantener el foco del escáner en el plano inferior P_L , por ejemplo, utilizando una lente $f\theta$, de tal modo que el escáner dirige el haz de láser para barrer partes del lecho de polvo que tengan una superficie contenida en este plano (tal como por delante de la escobilla en la carrera de ida y tanto por delante como por detrás de la escobilla en una carrera de retorno).

La plataforma de producción puede hacerse descender o elevarse durante el reparto de polvo a través del lecho de polvo con la escobilla, a fin de proporcionar una capa de espesor variable. Las tres acciones de hacer barrer el haz de láser con la escobilla, repartir una capa con la escobilla y hacer descender o elevar la plataforma de producción pueden tener lugar simultáneamente. El descenso de la plataforma de producción puede producirse de forma

ES 2 667 127 T3

continúa a todo lo largo de la producción. Esto puede aumentar la velocidad de la producción, ya pueden evitarse los retardos en el reparto del polvo que se producen mientras se hace descender la plataforma de producción.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un aparato de solidificación selectiva que comprende una cámara de producción (101), una plataforma de producción (102), susceptible de hacerse descender dentro de la cámara de producción (101), una escobilla (109) para repartir un material en polvo a través de la plataforma de producción (102), a fin de formar sucesivas capas de polvo de un lecho de polvo (104), una unidad de haz de energía (105) para generar un haz de energía (118) destinado a consolidar el material en polvo, un escáner (106) para dirigir y enfocar el haz de energía (118) en cada capa de polvo, y un procesador (131) para controlar el escáner (106), de tal manera que el procesador (131) se ha dispuesto para controlar el escáner (106) para que haga barrer el haz de energía (118) a través del lecho de polvo con el fin de consolidar el material en polvo a cada lado de la escobilla (109) cuando la escobilla (109) se está moviendo a través del lecho de polvo (104), caracterizado por que el procesador se ha dispuesto para hacer barrer el haz de energía (118) a través de una de las capas de polvo durante dos o más carreras de la escobilla (109) a través del lecho de polvo (104).
- 2.- Un aparato de solidificación selectiva de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual las dos o más carreras comprenden una carrera en la que la escobilla (109) forma la capa de polvo y una o más carreras subsiguientes, y en el que las una o más carreras subsiguientes pueden comprender una carrera en la que la escobilla (109) forma una capa de polvo subsiguiente, y/o una carrera de retorno en la que la escobilla (109) no forma ninguna capa de polvo.
- 3.- Un aparato de solidificación selectiva de acuerdo con la reivindicación 2, en el cual el procesador (131) está dispuesto para controlar el escáner (106) para que haga barrer el haz de energía (118) a través del lecho de polvo (104) de tal manera que una primera región de la capa de polvo es consolidada por el haz de energía (118) cuando al escobilla (109) se está moviendo en alejamiento de la primera región, durante la formación de la capa de polvo con la escobilla (109), y una segunda región de la capa de polvo es consolidada por el haz de energía (118) cuando la escobilla (109) se está moviendo hacia la segunda región, durante la carrera subsiguiente.
- 4.- Un aparato de solidificación selectiva de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el procesador (131) se ha dispuesto para controlar el escáner (106) para que cambie el foco del haz de energía (118) de manera que se ajuste a un cambio en un nivel (P_U , P_L) de una superficie del lecho de polvo (104) para que, así, un punto de incidencia de energía que tiene un perfil preestablecido se mantenga en la superficie del lecho de polvo (104), y en el cual el procesador (131) puede haberse dispuesto para controlar el escáner (106) para que cambie el foco del haz de energía (118) con el fin de compensar un cambio en el nivel (P_U , P_L) del lecho de polvo (104) a medida que el punto de incidencia de energía movido de uno de los lados de la escobilla (109) al otro lado, conforme la escobilla (109) se mueve a través del lecho de polvo (104), y/o haberse dispuesto para controlar el escáner (106) para que cambie el foco del haz de energía (118) de manera que compense un cambio en el nivel (P_U , P_L) de la superficie superior del lecho de polvo (104) entre una carrera de ida y una carrera de retorno de la escobilla (109).
- 5.- Un aparato de solidificación selectiva de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual el haz de energía comprende un haz de láser y el escáner comprende óptica basculante para hacer barrer el punto de incidencia de láser a través del lecho de polvo, de tal manera que el procesador se ha dispuesto para controlar la óptica basculante al objeto de compensar automáticamente el hecho de que una misma posición de la óptica basculante barrerá diferentes puntos de incidencia de la superficie del lecho de polvo dependiendo del nivel de la superficie.
- 6.- Un aparato de solidificación selectiva de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende adicionalmente un dispositivo de medición de posición, destinado a medir la posición de la escobilla a medida que la escobilla se mueve a través del lecho de polvo, y en el que el procesador se ha dispuesto para recibir señales procedentes del dispositivo de medición de posición y controlar el escáner basándose en las señales procedentes del dispositivo de medición de posición.
- 7.- Un método para formar un objeto por solidificación selectiva, en el cual se solidifican capas de polvo utilizando un haz de energía de una manera capa a capa, a fin de formar un objeto, de tal modo que el método comprende, repetidamente, repartir material en polvo a través de una plataforma de producción con una escobilla, para formar una capa de polvo de un lecho de polvo, y, durante el movimiento de la escobilla a través del lecho de polvo, hacer barrer el haz de energía a través del lecho de polvo para consolidar el material en polvo a cada lado de la escobilla, y hacer barrer el haz de energía a través de una de las capas de polvo durante dos o más carreras de la escobilla a través del lecho de polvo.
- 8.- Un método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que las dos o más carreras comprenden una carrera en la que la escobilla forma una capa de polvo, y una o más carreras subsiguientes, de tal manera que las una o más carreras subsiguientes pueden comprender una carrera en la que la escobilla forma una capa de polvo subsiguiente, y/o una carrera de retorno en la que la escobilla no forma ninguna capa de polvo, y en el cual una primera región de la capa de polvo puede ser consolidada por el haz de energía cuando la escobilla se está moviendo en alejamiento de la primera región, durante la formación de la capa de polvo con la escobilla, y una segunda región de la capa de polvo puede ser consolidada por el haz de energía cuando la escobilla se está moviendo hacia la segunda región, durante la carrera subsiguiente.

- 9.- Un método de acuerdo con la reivindicación 7 o la reivindicación 8, que comprende adicionalmente cambiar el foco del haz de energía para adaptarse a un cambio en un nivel de una superficie del lecho de polvo, de tal manera que un punto de incidencia de energía que tiene un perfil preestablecido se mantiene en la superficie del lecho de polvo, de forma que el foco del haz de energía puede cambiarse durante el reparto de polvo por parte de la escobilla, a medida que el punto de incidencia del haz de energía es movido de uno de los lados de la escobilla al otro lado, y/o para compensar un cambio en el nivel de la superficie superior del lecho de polvo entre una carrera de ida y una carrera de retorno de la escobilla.
- 10.- Un elemento portador de datos que tiene instrucciones almacenadas en él, siendo las instrucciones destinadas a ser ejecutadas por un procesador para controlar un aparato de solidificación selectiva que comprende una cámara de producción, una plataforma de producción susceptible de hacerse descender dentro de la cámara de producción, una escobilla para repartir material en polvo a través de la plataforma de producción, con el fin de formar sucesivas capas de polvo de un lecho de polvo, una unidad de haz de energía para generar un haz de energía con el fin de consolidar el material en polvo, y un escáner para dirigir y enfocar el haz de energía sobre cada capa de polvo, de tal manera que las instrucciones, cuando son ejecutadas por el procesador, hacen que el procesador lleve a cabo el método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9.
- 11.- Un método para generar instrucciones para controlar un aparato de solidificación selectiva que comprende una cámara de producción, una plataforma de producción susceptible de hacerse descender dentro de la cámara de producción, una escobilla para repartir material en polvo a través de la plataforma de producción, con el fin de formar sucesivas capas de polvo de un lecho de polvo, una unidad de energía para generar un haz de energía con el fin de consolidar el material en polvo, y un escáner para dirigir y enfocar el haz de energía sobre cada capa de polvo del lecho de polvo, a fin de consolidar el material de polvo a cada lado de la escobilla cuando la escobilla se está moviendo a través del lecho de polvo, de tal manera que el método comprende:
- i) recibir datos geométricos que definen trayectorias de barrido que tomar por parte del haz de energía para solidificar el material en polvo a la hora de producir un objeto capa a capa;
 - ii) identificar las trayectorias de barrido o partes de las trayectorias de barrido que se han de recorrer para consolidar el material en polvo a cada lado de la escobilla por el haz de energía durante cada carrera de la escobilla, caracterizado por que la identificación de las trayectorias de barrido comprende identificar un primer conjunto de trayectorias de barrido o de partes de las trayectorias de barrido para una capa de polvo, que se han de recorrer durante una primera carrera de la escobilla a través del lecho de polvo, y un segundo conjunto de trayectorias de barrido o de partes de trayectorias de barrido para la capa de polvo, que se han de recorrer durante una segunda carrera de la escobilla a través del lecho de polvo.
- 12.- Un método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la primera carrera es una carrera en la que la escobilla forma la capa de polvo, y en el que la segunda carrera puede comprender una carrera en la que la escobilla forma una capa de polvo subsiguiente, y/o una carrera de retorno en la que la escobilla no forma ninguna capa de polvo, y en el cual el primer conjunto de trayectorias de barrido o de partes de trayectorias de barrido puede ser para consolidar una primera región de la capa de polvo cuando la escobilla se está moviendo en alejamiento de la primera región, durante la primera carrera, y el segundo conjunto de trayectorias de barrido o de partes de trayectorias de barrido puede ser para consolidar una segunda región de la capa de polvo cuando la escobilla se está moviendo hacia la segunda región, durante la segunda carrera.
- 13.- Un método de acuerdo con la reivindicación 11 o la reivindicación 12, en el cual las trayectorias de barrido o las partes de las trayectorias de barrido que se han de recorrer para consolidar el material en polvo a cada lado de la escobilla por el haz de energía durante cada carrera de la escobilla, se identifican basándose en el movimiento esperado de la escobilla durante cada carrera.
- 14.- Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13, en el cual:
- i) las trayectorias de barrido comprenden una configuración de trayectorias de barrido para solidificar un área de una capa de polvo, de tal manera que la configuración de trayectorias de barrido divide el área en regiones diferenciadas que escanear, comprendiendo el método identificar a qué lado de la escobilla se ha de barrer cada región durante una o más carreras de la escobilla, y de modo que el método puede comprender, adicionalmente, programar temporalmente el orden en el que son barridas las regiones basándose en el movimiento de la escobilla, y/o
 - ii) un núcleo del área se forma utilizando una configuración establecida de trayectorias de barrido, y una corteza del área se forma utilizando una o más trayectorias de barrido de contorno, de tal manera que cada trayectoria de barrido de contorno sigue la forma de un borde del área, comprendiendo el método identificar cuándo hacer barrer el haz de energía a lo largo de la, o de cada, trayectoria de barrido de contorno durante una carrera de la escobilla, de manera que pueda completarse toda la trayectoria de barrido de contorno en un único barrido continuo, y/o
 - iii) identificar las trayectorias de barrido o las partes de las trayectorias de barrido que se han de recorrer para consolidar el material en polvo a cada lado de la escobilla por el haz de energía durante cada carrera de la escobilla, comprende tener en cuenta una zona de seguridad a uno o a ambos lados de la escobilla, en la que no debe producirse el barrido.

15.- Un elemento portador de datos que tiene instrucciones almacenadas en él, de tal manera que las instrucciones, cuando son ejecutadas por un procesador, hacen que el procesador lleve a cabo el método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14.

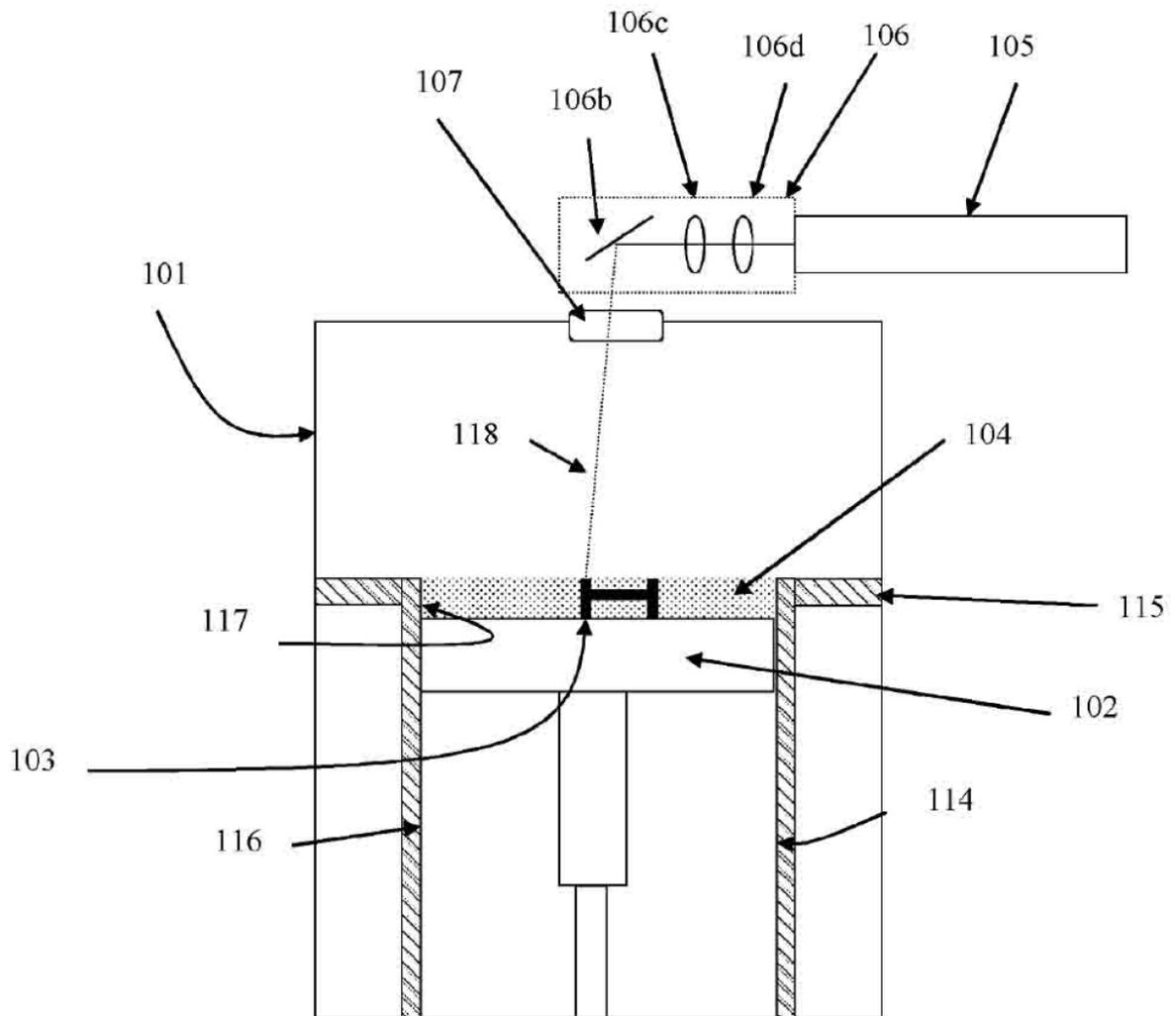


Fig. 1

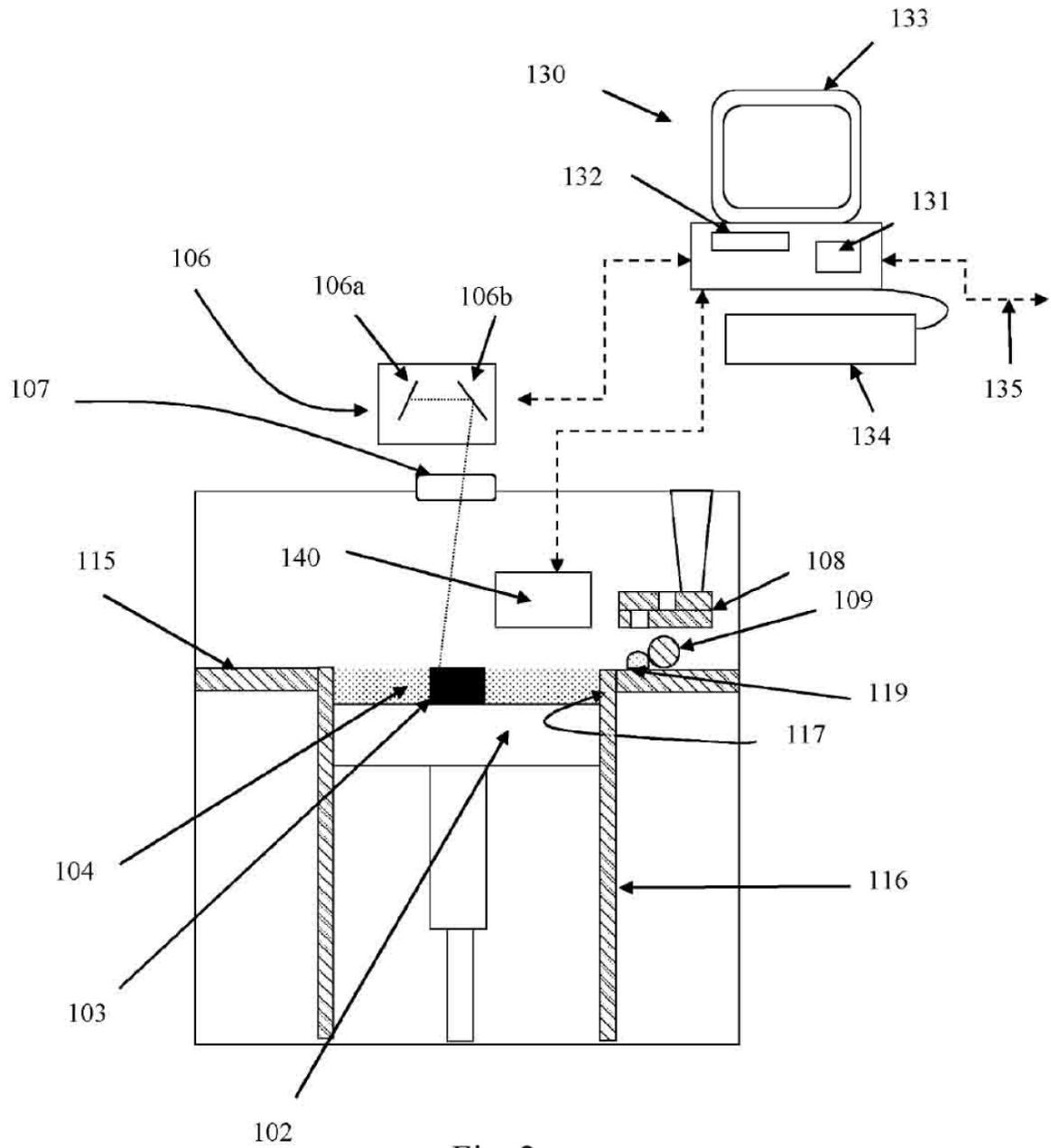


Fig. 2

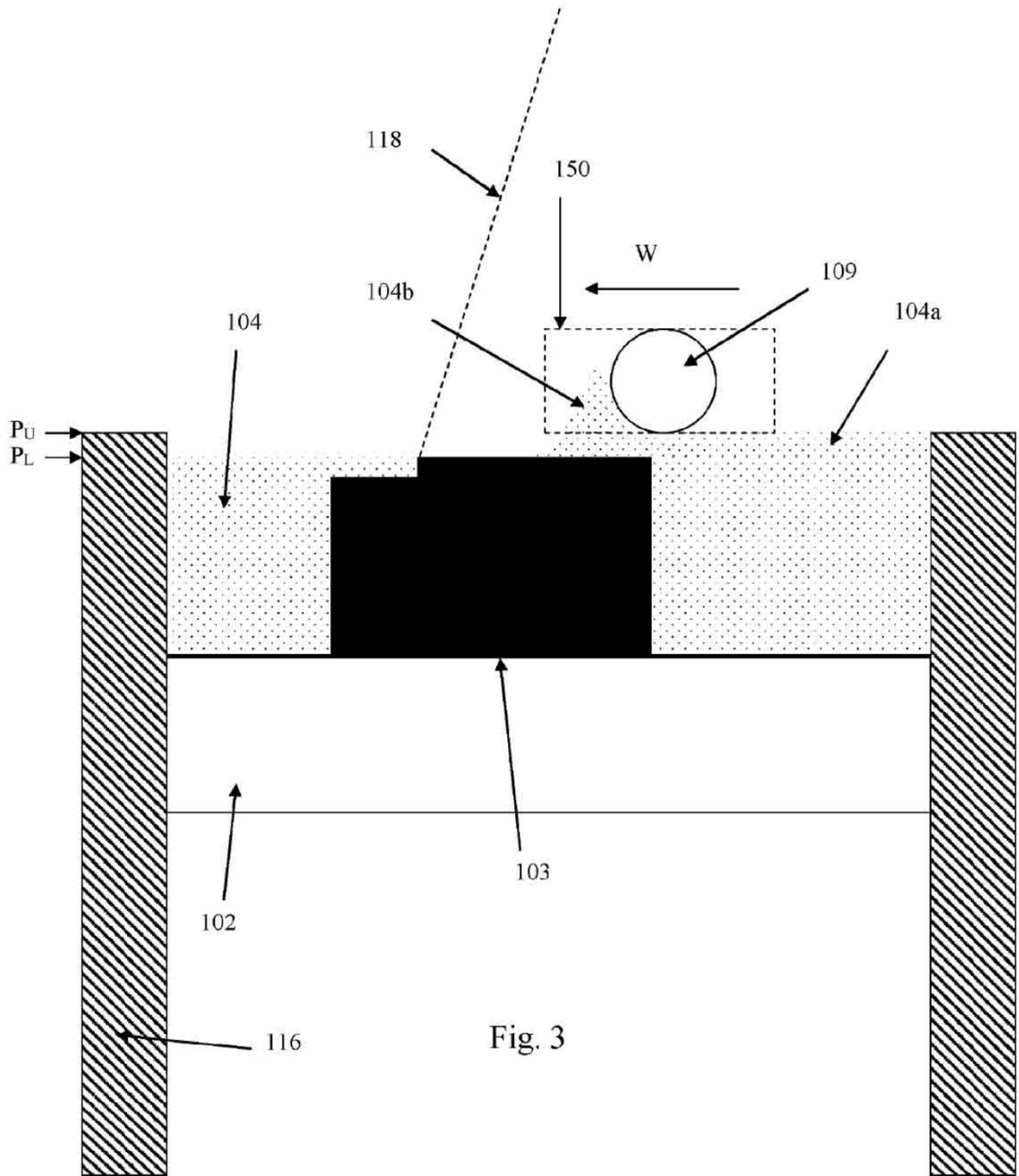


Fig. 3

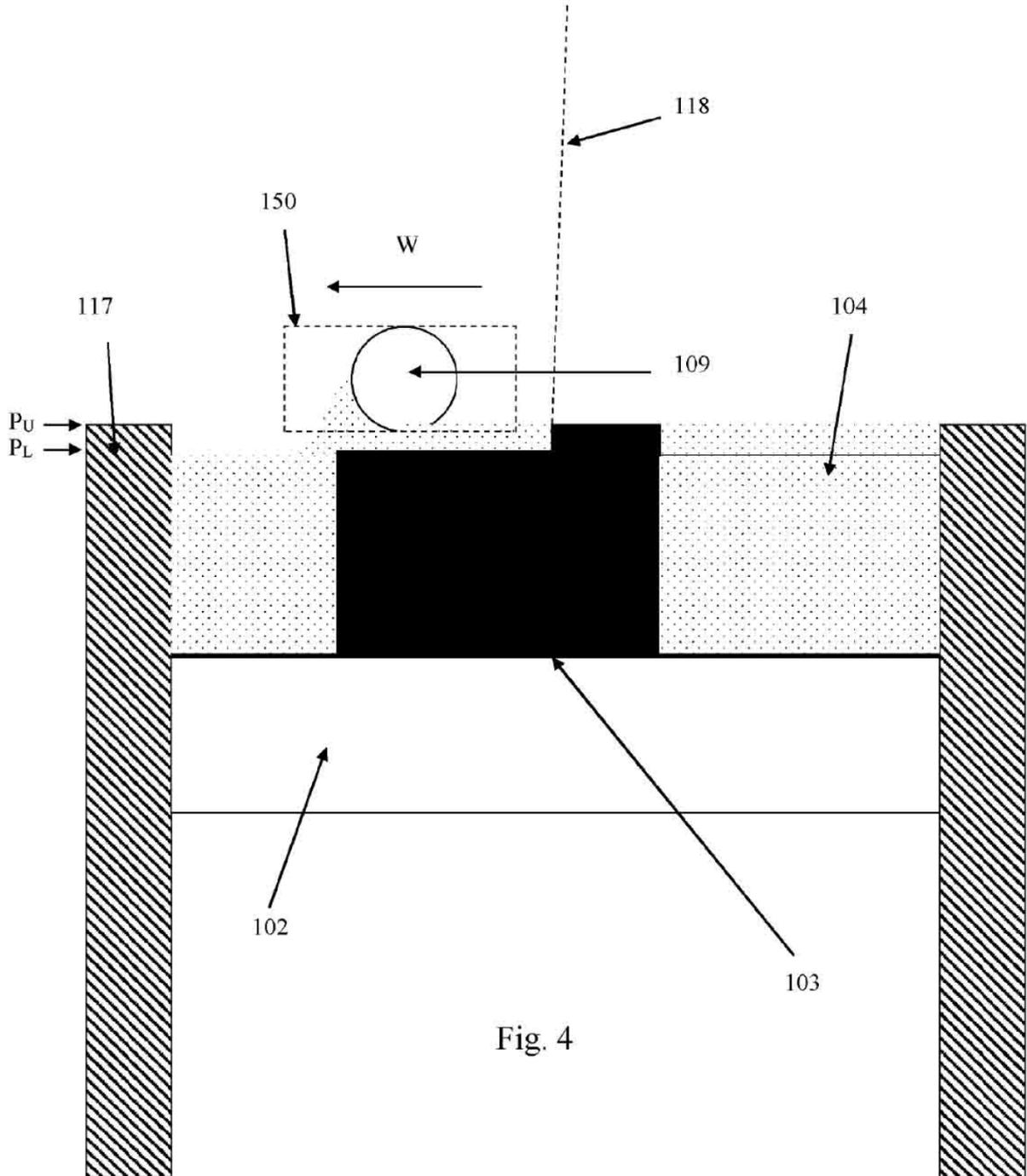


Fig. 4

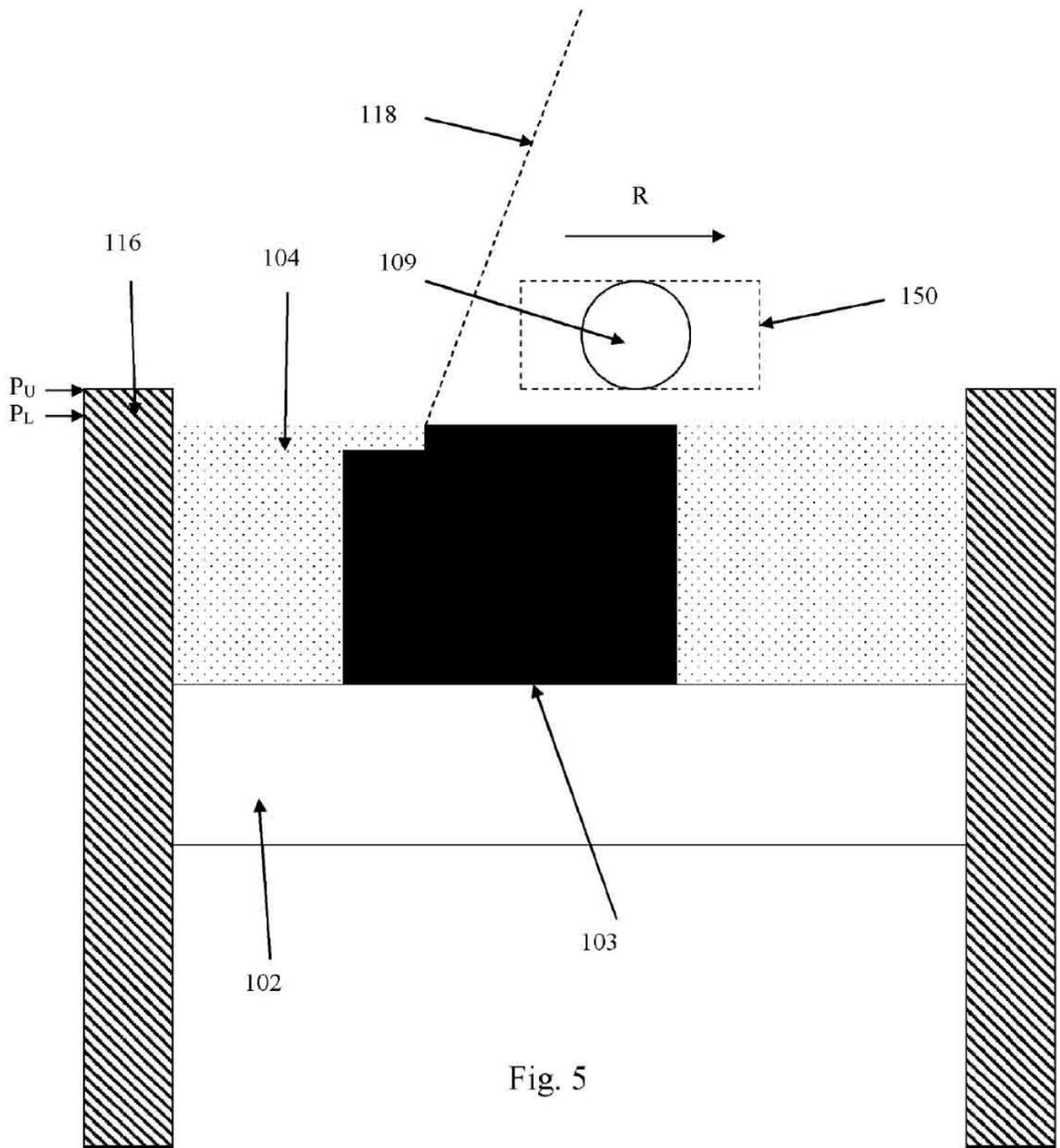


Fig. 5

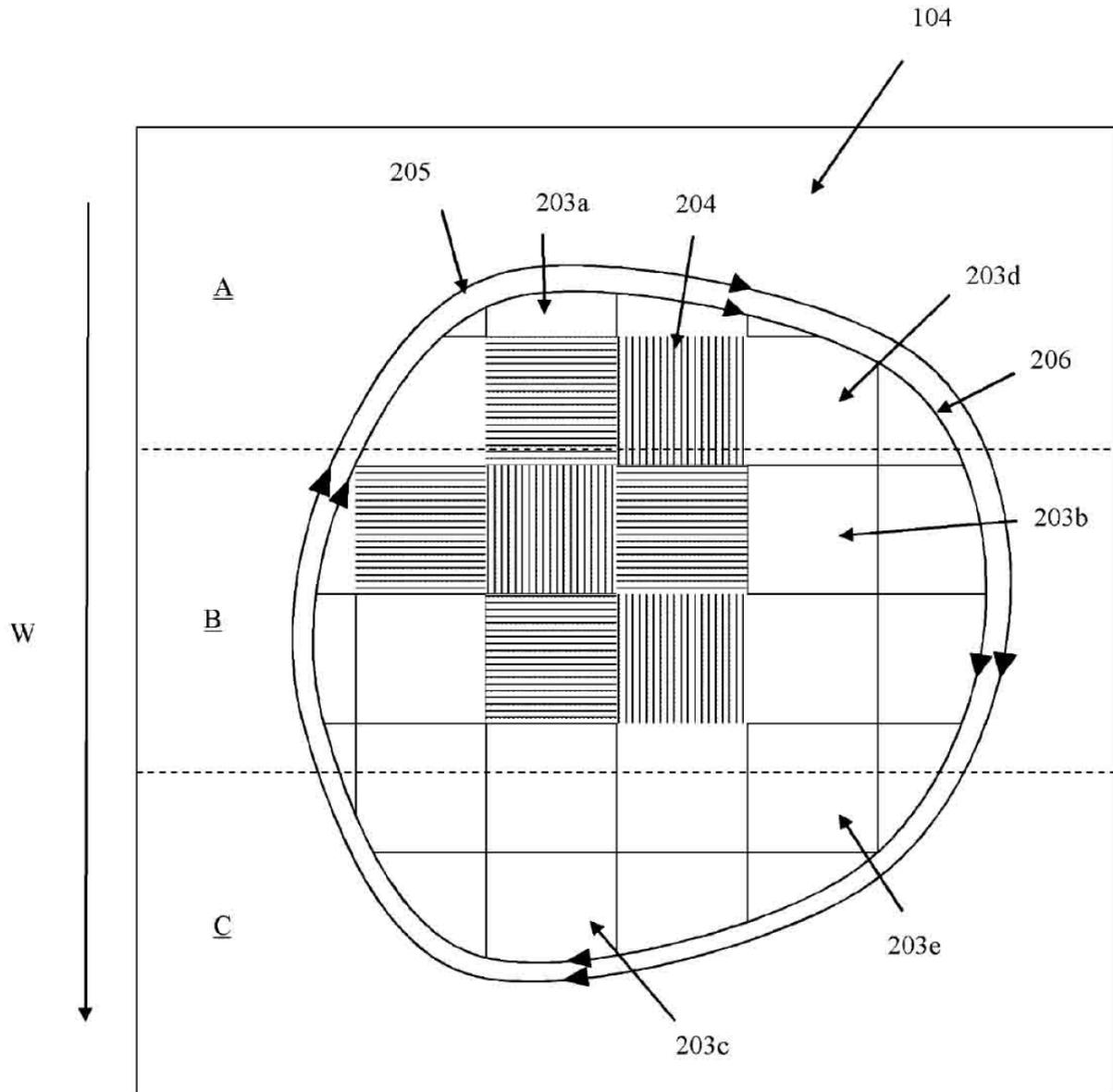


Fig. 6

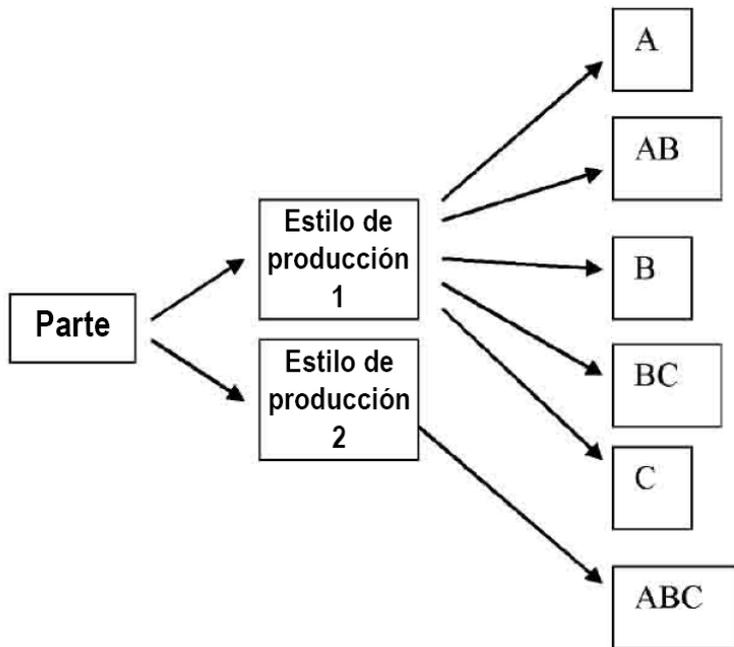


Fig. 7

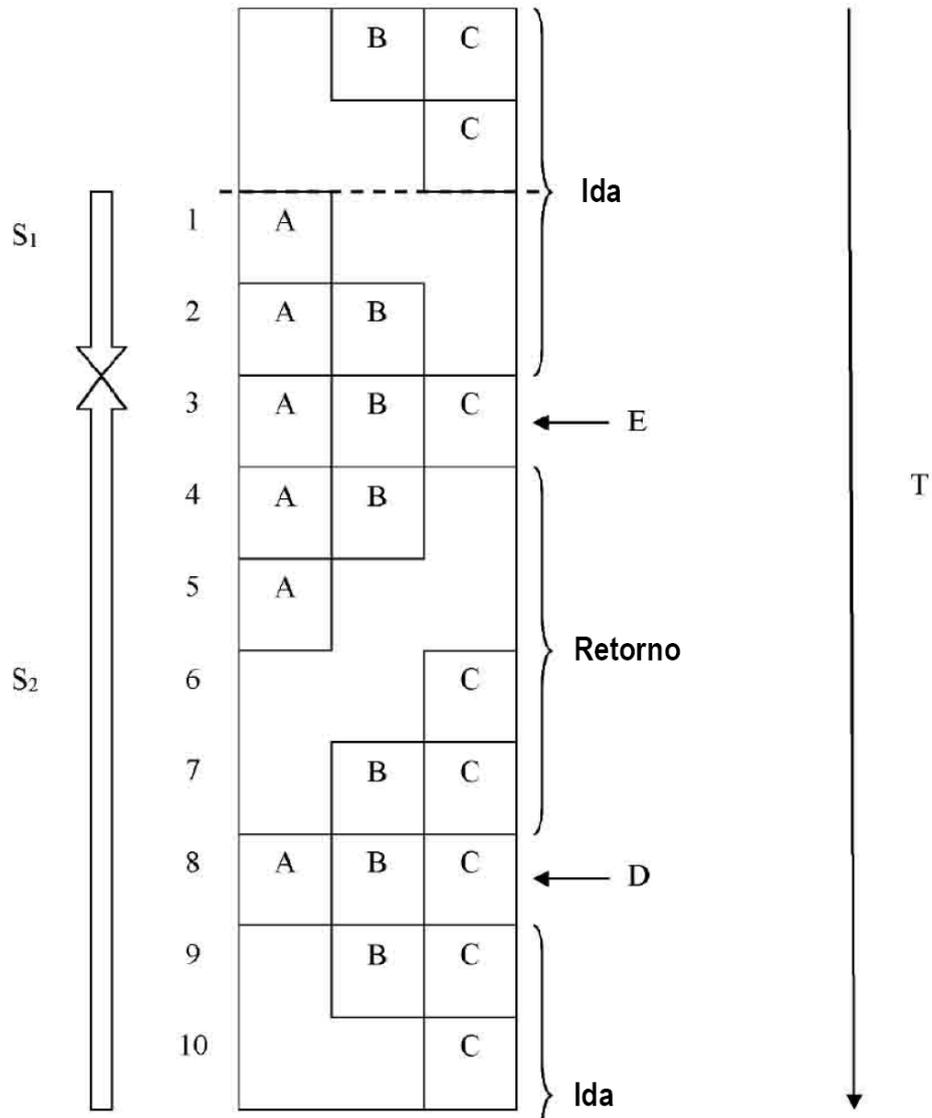


Fig. 8

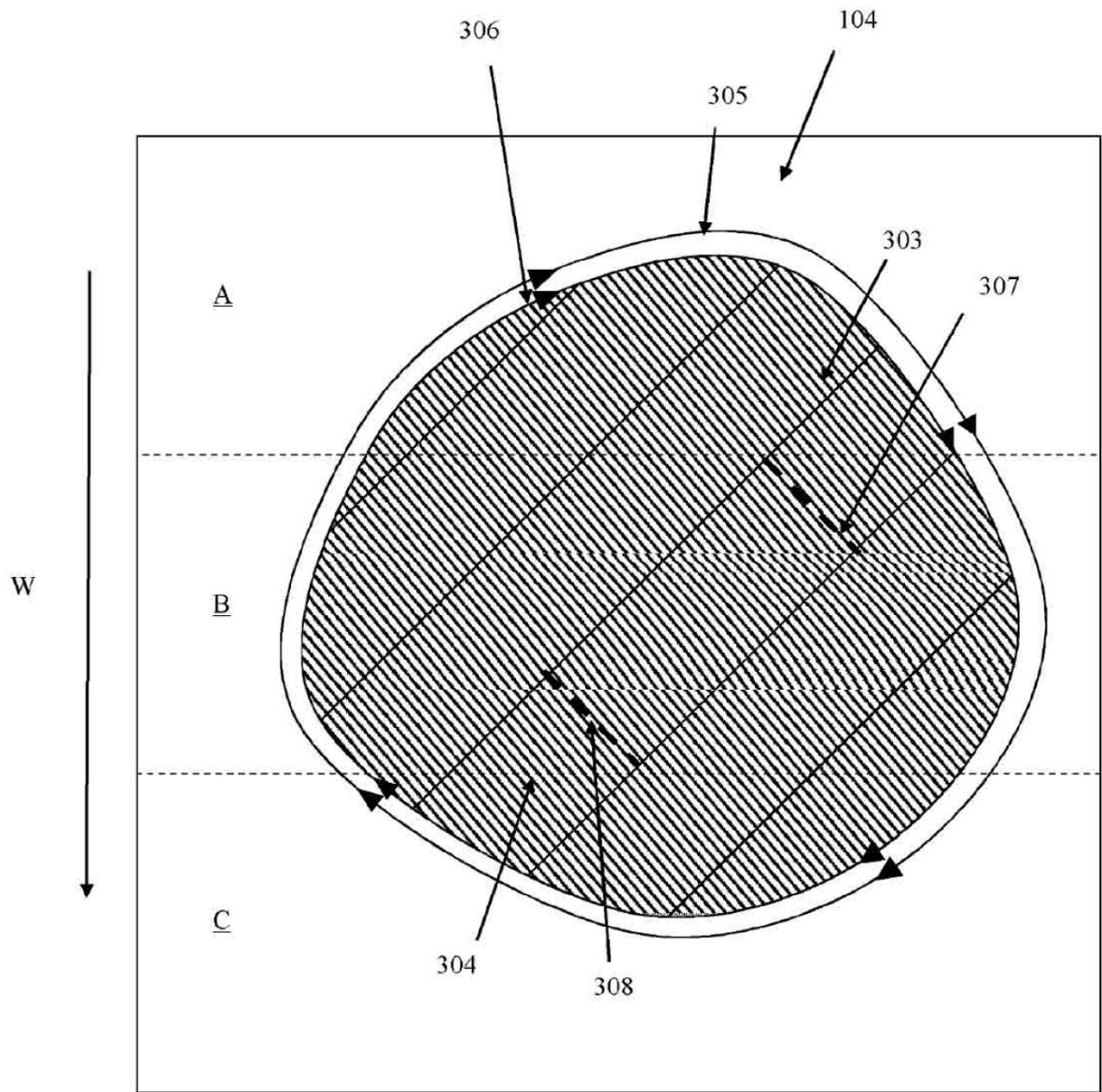


Fig. 9

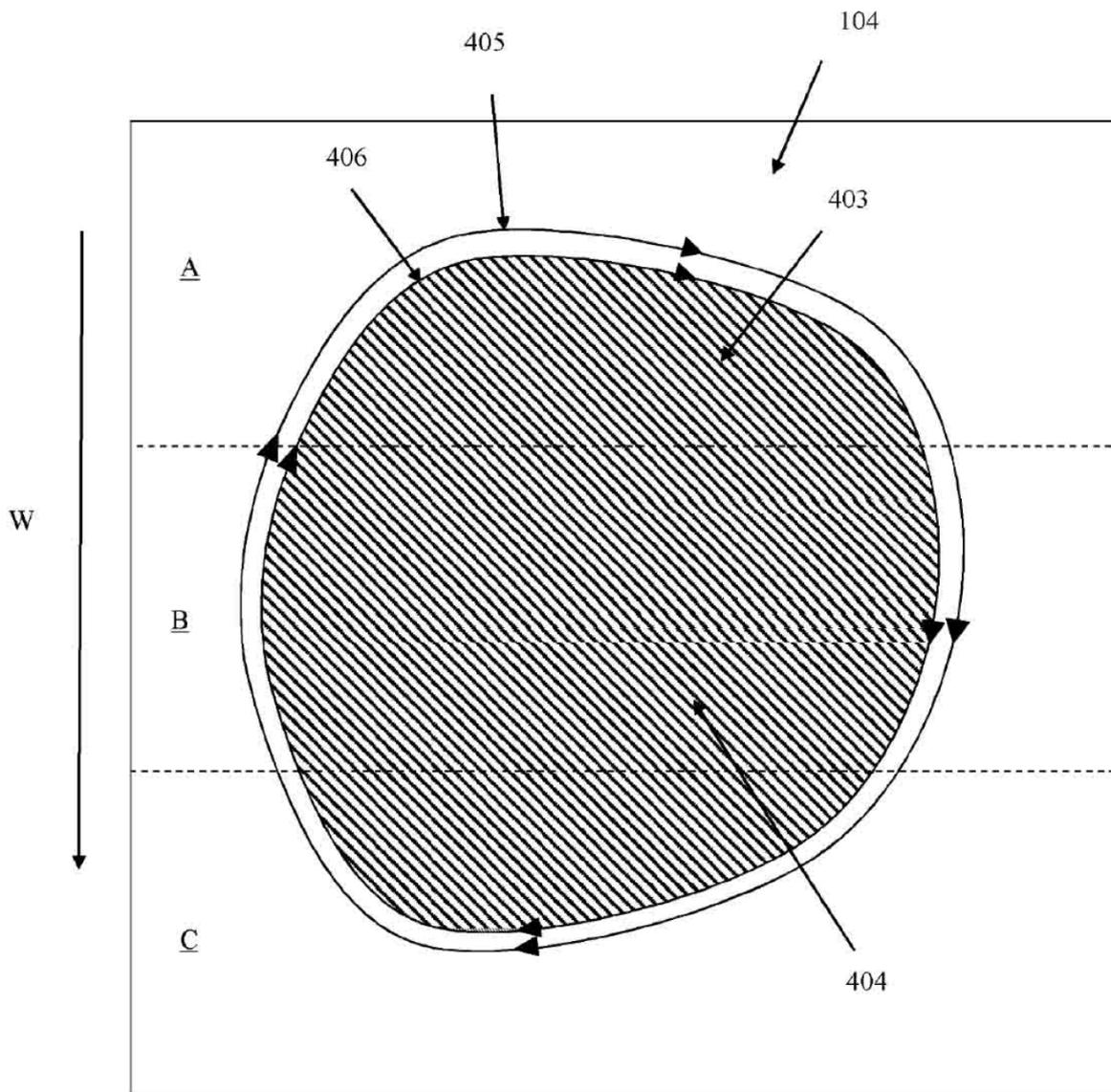


Fig. 10

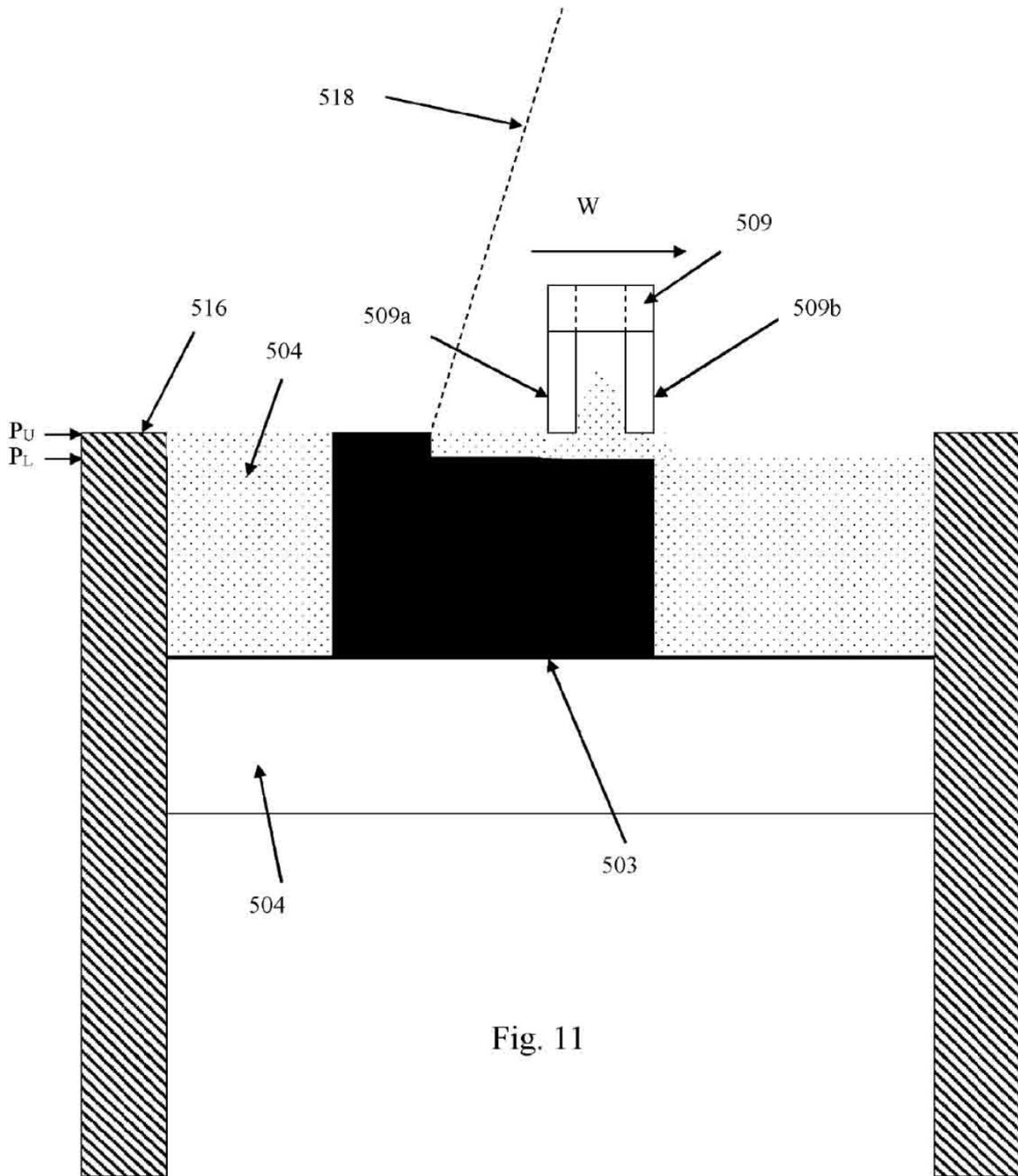


Fig. 11