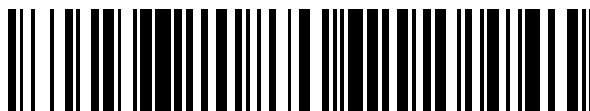


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 807 596**

51 Int. Cl.:

<b>B22F 3/105</b>	(2006.01)
<b>B28B 1/00</b>	(2006.01)
<b>B29C 67/00</b>	(2007.01)
<b>B33Y 10/00</b>	(2015.01)
<b>B33Y 30/00</b>	(2015.01)
<b>B29C 64/153</b>	(2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.11.2015 PCT/GB2015/053484**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2016 WO16079496**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2015 E 15800896 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020 EP 3221075**

54 Título: **Aparatos de fabricación adicionales y métodos relacionados con estrategias de escaneo especiales**

30 Prioridad:  
**21.11.2014 GB 201420717**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.02.2021**

73 Titular/es:  
**RENISHAW PLC. (100.0%)  
New Mills  
Wotton-Under-Edge, Gloucestershire GL12 8JR, GB**

72 Inventor/es:  
**MCCLELLAND, MICHAEL, JOSEPH;  
BROWN, CERI y  
ASWATHANARAYANASWAMY, RAVI,  
GUTTAMINDAPALLI**

74 Agente/Representante:  
**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 807 596 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 de fabricación adicionales y métodos relacionados con estrategias de escaneo especiales

**Campo de la invención**

5 Esta invención se refiere a aparatos y métodos de fabricación aditiva por fusión selectiva mediante láser en los que las capas de material se solidifican capa por capa para formar un objeto.

**Antecedentes**

10 Los aparatos de fusión selectiva por láser (SLM) y de sinterización selectiva por láser (SLS) producen objetos a través de una solidificación capa por capa de un material, tal como un material de polvo metálico, utilizando un haz de alta energía, como un haz de láser. Se forma una capa de polvo en un lecho de polvo en una cámara de construcción depositando un montón de polvo adyacente al lecho de polvo y extendiendo el montón de polvo con una escobilla  
15 cruzando un lecho de polvo (de un lado a otro lado) para formar la capa. Luego se barren con un haz de láser las áreas de la capa de polvo que corresponden a una sección transversal del objeto que se está construyendo. El haz de láser derrite o sinteriza el polvo para formar una capa solidificada. Después de la solidificación selectiva de una capa, el lecho de polvo queda rebajado por el espesor de la capa recién solidificada y se extiende sobre la superficie y se solidifica, según sea necesario, una capa adicional de polvo. En el documento US6042774 se describe un ejemplo de tal dispositivo.

20 Normalmente, el haz de láser realiza un barrido en el polvo a lo largo de una trayectoria de barrido. La disposición de las trayectorias de barrido se definirá mediante una estrategia de barrido. El documento US5155324 describe una estrategia de barrido que comprende la realización de un barrido del contorno (borde) de una sección transversal de una pieza seguida por un barrido del interior (centro) de la sección transversal de la pieza. Efectuar el barrido del borde de la pieza puede mejorar la resolución, la definición y la homogeneidad de las superficies de la pieza.

25 Es conocido el uso de un modo continuo de operación de un láser, en el que el láser se mantiene encendido mientras los espejos se mueven para dirigir el punto láser a lo largo de la trayectoria de barrido, o de un modo pulsátil de operación de un láser, en el que el láser se activa y desactiva por impulsos mientras los espejos dirigen el punto láser a diferentes ubicaciones a lo largo de la trayectoria de barrido.

La estrategia usada para efectuar el barrido de una pieza puede afectar a las cargas térmicas generadas durante la construcción y a la precisión de la línea de material solidificado resultante.

30 Las tensiones térmicas excesivas y sin restricciones creadas durante la construcción causan deformación y/u ondulaciones de la pieza que se está construyendo. A medida que el material solidificado se enfría, el gradiente de temperatura a través del material solidificado que se enfría puede causar deformación y/u ondulaciones de la pieza. Los documentos US5155324 y US2008/0241392 A1 describen el barrido de un área en múltiples trayectorias de barrido paralelas (barrido por filas). La dirección de las trayectorias de barrido gira entre capas para homogeneizar las tensiones generadas durante la construcción. El documento US2008/0241392 A1 extiende este concepto al barrido  
35 en una serie de franjas paralelas, consistiendo cada franja en múltiples trayectorias de barrido paralelas que se extienden perpendicularmente a la dirección longitudinal de la franja. La dirección de las franjas gira 67 grados entre capas.

40 El documento US2005/0142024 divulga una estrategia de barrido para reducir las cargas térmicas que comprende irradiar sucesivamente áreas individuales de una capa que están a una distancia mutua que es mayor o al menos igual al diámetro medio de las áreas individuales. Cada área individual es irradiada en una serie de trayectorias de barrido paralelas.

45 El baño de fusión generado por el láser depende de las propiedades y del estado (en polvo o solidificado) del material y de la temperatura del material que rodea el volumen que se está fundiendo. La estrategia de barrido utilizada puede afectar al estado y a la temperatura del material contiguo. Por ejemplo, el barrido del punto láser a lo largo de una trayectoria de barrido en modo continuo forma un gran baño de fusión que es arrastrado inmediatamente por detrás del punto láser, dando como resultado líneas de solidificación más grandes y menos detalladas. Para algunos materiales, como los aceros para herramientas y las súper aleaciones de calidad aeronáutica, puede ser difícil arrastrar el baño de fusión a través de la capa en un modo continuo de funcionamiento del láser. Estos problemas pueden mitigarse mediante el uso del haz de láser en el modo de operación pulsátil. En particular, establecer el tiempo entre impulsos para que sea lo suficientemente largo como para permitir que un baño de fusión previamente formado se  
50 enfríe antes de formar un baño de fusión adyacente puede dar como resultado líneas de solidificación más precisas, lo que puede ser particularmente beneficioso para los barridos de los bordes. Sin embargo, ralentizar los barridos hasta este punto puede aumentar significativamente el tiempo para barrer esa área/trayectoria y, por lo tanto, aumentar significativamente el tiempo de construcción.

55 El documento US2013/0264750 A1 da a conocer un método para realizar una sinterización selectiva por láser que comprende múltiples aplicaciones lineales de energía, que son tan cortas que forman, respectivamente, entre otras cosas, solo subporciones de un contorno de un área de sección transversal. Se garantiza que las aplicaciones

sucesivas de energía no se encuentren demasiado juntas, de modo que se evite el calentamiento local excesivo de la pieza de trabajo que se está formando.

5 El documento EP2620240 A1 divulga la formación de un álabe de ventilador para un motor de turbina de gas usando deposición láser directa y que las propiedades de cada una de las capas —tales como el tamaño del polvo, el tamaño del baño de fusión y la velocidad de enfriamiento— pueden controlarse estrechamente.

El documento EP2926925 A2 da a conocer un equipo de moldeo tridimensional en el que múltiples haces de luz o haces de electrones se mueven sincrónicamente a lo largo de una trayectoria predeterminada mientras se mantienen en una línea que es sustancialmente ortogonal a la trayectoria de barrido predeterminada.

10 El documento US2003/0214571 A1 da a conocer un aparato de exposición para usar en un sistema de creación rápida de prototipos que comprende un baño de una resina fotoendurecible. El aparato de exposición comprende múltiples cabezales de exposición, cada uno de los cuales incluye un dispositivo digital de microespejos (DMD) como modulador de luz espacial, que modula el haz de luz incidente en cada píxel según los datos de la imagen. El cabezal de exposición está montado en un escenario para permitir que el cabezal de exposición se mueva sobre el baño de resina fotoendurecible. En un método de exposición, la región de exposición se divide en un primer grupo de píxeles que incluye píxeles que no son adyacentes entre sí y un segundo grupo de píxeles que incluye píxeles que no son adyacentes entre sí. Los píxeles que pertenecen al primer grupo son expuestos en un primer tiempo de barrido y los píxeles que pertenecen al segundo grupo son expuestos en el segundo tiempo de barrido. En consecuencia, se rellena el espacio entre los píxeles y se expone toda la superficie de la región de exposición en la superficie líquida de la resina fotoendurecible.

20 El documento EP0429196 A2 divulga un método para construir piezas formadas estereolitográficamente. En una realización, las exposiciones puntuales en capas sucesivas están desfasadas entre sí y los bolos se endurecen aproximadamente a la profundidad del espesor de una capa. La separación de las exposiciones puntuales en una sola capa es tan cercana como sea razonable sin que el material curado en asociación con cada bolo afecte al material curado en asociación con los bolos adyacentes.

25 El documento US2002/0128714 A1 divulga un método de deposición de polvo metálico mediante láser, en el que cada capa se forma colocando material en un patrón de rayas. Normalmente se agrega una segunda capa a una primera capa en un patrón de rayas que está desplazado 90 grados con respecto al patrón de rayas de la primera capa.

### Compendio de la invención

30 Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un aparato de fabricación aditiva por fusión selectiva mediante láser según la reivindicación 1.

35 De esta manera, mientras se deja solidificar una sección previamente irradiada por el haz de láser, otra sección, separada de la sección previamente irradiada, es irradiada con el haz de láser. En consecuencia, los retrasos en la solidificación del área seleccionada se reducen en comparación con esperar a que la sección anterior se solidifique antes de irradiar la sección adyacente, a la vez que se evitan imprecisiones y tensiones térmicas formadas por el barrido continuo de grandes secciones.

Con secciones tan pequeñas, se puede formar una sección solidificada más isotrópica en comparación con secciones más largas. Se entenderá que “sección de tamaño submilimétrico” significa que todas las dimensiones de la sección son inferiores a 1 mm.

40 El procesador puede estar dispuesto para controlar la unidad de barrido para dirigir el haz de láser para solidificar un área seleccionada de material haciendo avanzar el haz de láser múltiples veces a lo largo de una trayectoria de barrido, solidificando el haz de láser, en cada pasada a lo largo de la trayectoria de barrido, secciones de la trayectoria de barrido separadas entre sí, solidificando cada pasada subsiguiente las secciones que se encuentran entre las secciones solidificadas en una pasada anterior.

45 El aparato de fabricación aditiva puede comprender una fuente de láser para generar múltiples haces de láser, estando la unidad de barrido dispuesta para dirigir los haces de láser sobre cada capa para solidificar selectivamente el material, y estando el procesador dispuesto para controlar la unidad de barrido para dirigir los haces de láser para solidificar un área seleccionada de material haciendo avanzar consecutivamente múltiples de los haces de láser a lo largo de una trayectoria de barrido, solidificando cada uno de los haces de láser, en cada pasada a lo largo de la trayectoria de barrido, secciones de la trayectoria de barrido separadas entre sí, y solidificando la pasada de uno de los haces de láser a lo largo de la trayectoria de barrido las secciones que se encuentran entre las secciones de la trayectoria de barrido solidificadas por otro de los haces de láser.

55 La trayectoria de barrido puede ser una trayectoria de barrido de borde alrededor de un borde del área seleccionada. La realización de tal barrido puede aumentar el tiempo de construcción en comparación con la formación de una línea de solidificación continua a lo largo de la trayectoria de barrido. En consecuencia, para el centro de un área seleccionada, puede ser preferible utilizar una estrategia de barrido más eficiente. Sin embargo, en los bordes de un área, puede desearse una fusión sumamente precisa, y un método de barrido según la invención puede lograr una

- mayor precisión a lo largo de los barridos de borde. Sin embargo, en ciertas circunstancias puede ser deseable utilizar una estrategia de barrido de este tipo para que el centro de un área se solidifique. Por ejemplo, para materiales que son difíciles de procesar con estrategias de barrido que solidifican el material en grandes líneas (rayas) continuas, como aceros para herramientas y súper aleaciones de calidad aeronáutica, dicha estrategia de barrido también puede usarse para el centro de áreas que hayan de solidificarse.
- Una primera pasada del haz de láser a lo largo de la trayectoria de barrido puede ser en una primera dirección y una pasada posterior, tal como una segunda pasada, del haz de láser, o de otro haz de láser, a lo largo de la trayectoria de barrido puede ser en una segunda dirección opuesta. Por ejemplo, para un barrido de borde, la primera pasada puede ser en sentido horario/antihorario alrededor del borde y la segunda pasada puede ser en la otra dirección, en sentido antihorario/horario.
- Cada sección puede ser formada irradiando un solo punto con el haz (estático) de láser o moviendo el haz de láser a través de la capa, por ejemplo en la formación de una línea. El tamaño de la sección puede establecerse según el tiempo que tarda el material en solidificarse. En la invención, la sección tiene un tamaño tal que la irradiación de la sección con el haz de láser da como resultado un baño de fusión que se extiende por toda la sección.
- El procesador está dispuesto para controlar la unidad de barrido para dirigir el haz de láser para solidificar un área seleccionada del polvo irradiando secciones del área con el haz de láser de manera que cada sección irradiada se solidifique antes de que una sección adyacente sea irradiada con el haz de láser, o con otro haz de láser.
- Cada sección de un área seleccionada de una capa puede estar dispuesta para solaparse (solo) parcialmente con secciones de un área seleccionada correspondiente de una capa anterior. Cada sección puede ser un punto sustancialmente redondo, estando dispuestos los puntos de cada capa en un patrón regular, estando desplazado el patrón de una capa con respecto al correspondiente patrón de la capa anterior. Los puntos pueden estar dispuestos en un patrón triangular. Los puntos del patrón pueden solidificarse en un orden tal que los puntos adyacentes no se solidifiquen secuencialmente.
- La irradiación de los puntos del patrón con el haz o con múltiples haces de láser puede avanzar a través del patrón en una dirección diferente a la dirección en la que avanzó la irradiación de puntos (de manera similar) a través de un patrón en la correspondiente área seleccionada de la capa anterior. Para un patrón triangular, la dirección en la que avanza la irradiación de los puntos puede ser girada 60 o 120 grados entre cada capa.
- Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método de barrido de capas de material en un proceso de fabricación aditiva por fusión selectiva mediante láser capa por capa según la reivindicación 10.
- El método puede comprender dirigir el haz de láser para solidificar un área seleccionada de material haciendo avanzar el haz de láser múltiples veces a lo largo de una trayectoria de barrido, solidificando el haz de láser, en cada pasada a lo largo de la trayectoria de barrido, secciones de la trayectoria de barrido separadas entre sí, solidificando cada pasada subsiguiente las secciones que se encuentran entre las secciones solidificadas en una pasada anterior.
- El método puede comprender dirigir múltiples haces de láser para solidificar un área seleccionada de material haciendo avanzar consecutivamente múltiples de los haces de láser a lo largo de una trayectoria de barrido, solidificando cada uno de los haces de láser, en cada pasada a lo largo de la trayectoria de barrido, secciones de la trayectoria de barrido separadas entre sí, y solidificando la pasada de uno de los haces de láser a lo largo de la trayectoria de barrido las secciones que se encuentran entre las secciones de la trayectoria de barrido solidificadas por otro de los haces de láser.
- El método comprende dirigir el haz de láser para solidificar un área seleccionada del material irradiando secciones del área con el haz de láser de manera que cada sección irradiada pueda solidificarse antes de que una sección adyacente sea irradiada con el haz de láser, pudiendo disponerse cada sección de un área seleccionada de una capa para solaparse (solo) parcialmente con secciones de un área seleccionada correspondiente de una capa anterior.
- Según un tercer aspecto de la invención, se proporciona un soporte de datos que tiene instrucciones almacenadas en el mismo, que, cuando son ejecutadas por una unidad de procesamiento de un aparato de fabricación aditiva por fusión selectiva mediante láser, hacen que la unidad de procesamiento controle el aparato de fabricación aditiva por fusión selectiva mediante láser para llevar a cabo el método del segundo aspecto de la invención.
- El soporte de datos de los aspectos anteriores de la invención puede ser un medio adecuado para proporcionar a una máquina instrucciones tales como un soporte de datos no transitorio —por ejemplo, un disquete, un CD ROM, un DVD ROM/RAM (incluyendo -R/-RW y +R/+RW), un HD DVD, un disco Blu-ray™—, una memoria (como una Memory Stick™, una tarjeta SD, una tarjeta flash compacta o similar), una unidad de disco (como una unidad de disco duro), una cinta, cualquier almacenamiento magneto/óptico o un soporte de datos transitorio, como una señal en un cable o fibra óptica o una señal inalámbrica; por ejemplo, señales enviadas a través de una red cableada o inalámbrica (como una descarga de Internet, una transferencia FTP o similares).

**Descripción de los dibujos**

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

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

las Figuras 3a y 3b son diagramas esquemáticos que ilustran barridos a lo largo de una trayectoria de barrido;

5 la Figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra un barrido de relleno de un área según una realización de la invención; y

la Figura 5 es un diagrama esquemático que ilustra el barrido de relleno de la Figura 4 para múltiples capas.

**Descripción de realizaciones**

10 Con referencia a las Figuras 1 y 2, un aparato de solidificación por láser según una realización de la invención comprende una cámara principal 101 que tiene divisiones 115, 116 que definen una cámara 117 de construcción y una superficie sobre la cual se puede depositar polvo. Se proporciona una plataforma 102 de construcción para soportar un objeto 103 construido por polvo 104 de fusión selectiva por láser. Se puede hacer que la plataforma 102 baje dentro de la cámara 117 de construcción a medida que se forman capas sucesivas del objeto 103. Un volumen de construcción disponible se define por el grado hasta el que la plataforma 102 de construcción puede bajar en la  
15 cámara 117 de construcción.

Se forman capas de polvo 104 a medida que el objeto 103 se construye mediante el aparato 108 de distribución y una escobilla alargada 109. El aparato 108 de distribución puede ser, por ejemplo, el aparato descrito en el documento WO2010/007396.

20 Un módulo láser 105 genera un rayo láser para fundir el polvo 104, siendo dirigido el láser según lo requerido por el escáner óptico 106 bajo el control de un ordenador 130. El rayo láser entra en la cámara 101 a través de una ventana 107.

25 El escáner óptico 106 comprende una óptica de dirección —en esta realización, dos espejos amovibles 106a, 106b— para dirigir el haz de láser a la ubicación deseada en el lecho 104 de polvo y una óptica de enfoque —en esta realización un par de lentes amovibles 106c, 106d— para regular la distancia focal del haz de láser. Unos motores (no mostrados) impulsan el movimiento de los espejos 106a y las lentes 106b, 106c, estando los motores controlados por el procesador 131.

30 El ordenador 130 comprende la unidad 131 de procesador, una memoria 132, un medio 133 de visualización, un dispositivo 134 de entrada de usuario, como un teclado, una pantalla táctil, etc., una conexión de datos a módulos de la unidad de fusión por láser, como el módulo óptico 106 y el módulo láser 105 y una conexión externa 135 de datos. En la memoria 132 hay almacenado un programa informático que da instrucciones a la unidad de procesamiento para que lleve a cabo el método ahora descrito.

El procesador recibe a través de una conexión externa 135 datos geométricos que describen las trayectorias de barrido para incluir áreas de solidificación de polvo en cada capa de polvo. Para construir una pieza, el procesador controla el escáner 106 para dirigir el haz de láser según las trayectorias de barrido definidas en los datos geométricos.

35 Con referencia a las Figuras 3a y 3b, en esta realización, para realizar un barrido a lo largo de una trayectoria de barrido, tal como una trayectoria 200 de barrido de borde, que se extiende alrededor de un área de material que ha de solidificarse, el láser 105 y el escáner 106 están sincronizados para exponer al haz de láser una serie de puntos individuales 201 a lo largo de la trayectoria 200 de barrido. Para cada trayectoria 200 de barrido, se define una distancia entre puntos, d, un tiempo de exposición de punto y un tamaño de punto. También se define una dirección, D, en la que los puntos 201 son objeto de barrido. En la Figura 3a, la trayectoria 200 de barrido de borde es barrida dos veces en la dirección D, siendo expuestos los puntos separados 201a —mostrados en la Figura 3a con un relleno de línea horizontal— en una primera pasada del haz de láser a lo largo de la trayectoria 200 de barrido y siendo expuestos los puntos separados 201b — mostrados en la Figura 3a con un relleno punteado entre puntos 201a— en una segunda pasada a lo largo de la trayectoria 200 de barrido. En la Figura 3a, se muestra, en aras de una mayor claridad, que los puntos 201 (baños de fusión formados por el haz de láser) no se superponen, pero, en aplicaciones prácticas, se superpondrían al menos ligeramente, de modo que se forme una línea de material solidificado a lo largo de la trayectoria 200 de barrido.  
40  
45

50 Al solidificarse sucesivamente cada dos puntos 201 a lo largo de la trayectoria de barrido, el material fundido en cada punto 201 se solidifica antes de que se solidifique el material en un punto adyacente, tiempo durante el cual el haz de láser funde el material en otros puntos 201. Dejar que una fusión formada en cada punto 201 solidifique por separado puede permitir que se formen líneas de solidificación más precisas. En particular, un haz de láser no arrastra un frente de fusión alrededor de la trayectoria 200 de barrido, lo que puede dar lugar a imprecisiones y a crecimiento epitaxial o columnar del grano.

En la realización mostrada en la Figura 3a, cuando cada punto 201 está siendo irradiado por el haz de láser, el punto del haz de láser se mantiene sustancialmente estacionario en el punto 201, formando un baño de fusión sustancialmente esférico. Sin embargo, como se ilustra en la Figura 3b, pueden seguir lográndose algunas de las ventajas de precisión mediante la formación de baños de fusión alargados separados entre sí de menos de 1 mm de longitud a través de pequeños movimientos del haz de láser en el lecho de polvo antes de que el haz de láser se desactive y salte a la siguiente sección separada 210, 211 de una trayectoria 200 de barrido que ha de ser expuesta. Puede ser deseable formar secciones alargadas 210, 211 en lugar de puntos individuales 201 para equilibrar la precisión con la eficiencia.

Se cree que, para los parámetros típicos de láser utilizados en la fusión selectiva por láser, el haz de láser puede irradiar secciones de menos de 1 mm para formar un baño de fusión que se extiende a lo largo de toda la sección. De esta manera, la sección solidificada 210, 211 tendrá pocas propiedades direccionales. Más allá de 1 mm, el inicio de una sección se solidificará antes de que el final de la sección se haya derretido. El material metálico generalmente se solidifica en 0,1 a 1,66  $\mu$ s. La velocidad del haz de láser está dictada por la energía que el haz de láser puede concentrar en el material dentro de un periodo de tiempo unitario, al mismo tiempo que evita la vaporización excesiva del material. Para un láser de 500 vatios enfocado sobre un punto de 80 micrómetros, la velocidad del haz de láser puede ser del orden de 2 a 500 m/s.

En la Figura 3b, en una primera pasada a lo largo de la trayectoria 200 de barrido, el haz de láser irradia secciones separadas 210 y en una segunda pasada de la trayectoria de barrido, el haz de láser irradia las secciones separadas 211 que se encuentran entre las secciones 210.

En ambas Figuras 3a y 3b, tanto la primera pasada como la segunda pasada son en la misma dirección. Sin embargo, en una realización alternativa, la primera pasada y la segunda pasada son en direcciones opuestas. Además, en otra realización más, los puntos o secciones están espaciados de modo que se tengan que hacer tres o más pasadas a lo largo de la trayectoria de barrido para formar una línea de solidificación continua a lo largo de la trayectoria de barrido.

La Figura 4 muestra una estrategia de barrido adicional según una realización de la invención para solidificar el centro de un área 303. Los puntos 301 son irradiados por el haz de láser para solidificar el área 303. Los puntos 301 están dispuestos en un patrón triangular bidimensional y el láser irradia los puntos en un orden, indicado por los números 1 a 28, de modo que los puntos 301 irradiados sucesivamente se separan y un punto (o posiblemente puntos) entre los puntos irradiados sucesivamente se irradia después de que los puntos irradiados sucesivamente hayan tenido tiempo de solidificarse o se irradia y solidifica antes de que los puntos irradiados sucesivamente sean irradiados.

En el orden mostrado en la Figura 4, los puntos 301 son objeto de barrido a lo largo de las trayectorias lineales de barrido (cada columna de puntos 301) en una de las dos direcciones indicadas por la flecha, D. Los puntos 301 separados en una primera trayectoria de barrido (columna del extremo izquierdo) son objeto de barrido en una primera dirección (hacia abajo de la página) y luego los puntos 301 separados en una segunda trayectoria de barrido (columna segunda desde la derecha) son objeto de barrido en una segunda dirección opuesta (hacia arriba de la página). El haz de láser vuelve luego a la primera trayectoria de barrido para someter a barrido los puntos separados 301 separados entre los puntos 301 previamente irradiados en la primera pasada a lo largo de la primera trayectoria de barrido. Esto continúa para todas las trayectorias de barrido (columnas de puntos en la dirección D) hasta que se haya solidificado toda el área 303.

Se entenderá que, al igual que la Figura 3b, en lugar de los puntos 301, el centro puede llenarse con secciones alargadas irradiadas por separado. Además, en lugar de que cada pasada a lo largo de una trayectoria de barrido sea en la misma dirección, cada pasada a lo largo de la trayectoria de barrido puede ser en direcciones opuestas.

La Figura 5 muestra el patrón de relleno para tres capas sucesivas 402a a 402c. La ubicación de los puntos 401 para cada capa 402a a 402c está desplazada con respecto a las capas adyacentes, de modo que los centros de los puntos 401 de las capas adyacentes no coinciden. Las trayectorias lineales de barrido de los puntos 401 para cada capa 402a a 402c son barridas en las direcciones indicadas por las flechas D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, girándose las direcciones entre cada capa 402a a 402c. En esta realización, el patrón triangular de los puntos 401 permite que las direcciones giren 60 grados entre cada capa.

En lugar de avanzar a lo largo de las trayectorias lineales de barrido en una de las dos direcciones opuestas como se ha descrito anteriormente, la secuencia de barrido para el patrón triangular de los puntos 301, 401, mostrado en las Figuras 4 y 5, puede avanzar con el movimiento del haz de láser en direcciones ortogonales. De esta manera, los puntos irradiados sucesivamente 301, 401 del patrón se ubican separados en la dirección D, y en una dirección ortogonal a D.

Se entenderá que se pueden hacer alteraciones y modificaciones a las realizaciones descritas anteriormente sin apartarse del alcance de la invención, definido en las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, el aparato de fabricación aditiva puede comprender múltiples haces de láser y módulos de barrido para dirigir independientemente cada haz de láser. En la realización mostrada en las Figuras 3a y 3b, cada pasada a lo largo de la trayectoria de barrido del borde puede ser por el mismo haz de láser o por uno diferente. En particular, un segundo haz de láser puede comenzar a efectuar su barrido a lo largo de la trayectoria de barrido antes de que el primer haz de láser haya completado el

5 barrido de la trayectoria del láser, estando los dos barridos suficientemente espaciados, de modo que las secciones irradiadas por el primer haz de láser se hayan solidificado para cuando el segundo haz de láser comienza a solidificar secciones adyacentes a lo largo de la trayectoria de barrido. En la segunda realización mostrada en las Figuras 4 y 5, se podrían usar diversas estrategias de barrido con múltiples haces de láser. Los haces de láser podrían efectuar su barrido a lo largo de las mismas trayectorias o, alternativamente, podrían usarse estrategias de barrido más complejas, en las que cada haz de láser avanza a lo largo de una trayectoria de barrido diferente (que puede superponerse en parte o no).

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato de fabricación aditiva por fusión selectiva mediante láser que comprende una cámara (101) de construcción, una plataforma (102) de construcción que se puede bajar en la cámara (101) de construcción de manera que se puedan formar sucesivamente capas de polvo (104) sobre la plataforma (102) de construcción, un láser (105) para generar un haz (118) de láser, una unidad (106) de barrido para dirigir el haz (118) de láser sobre cada capa para solidificar selectivamente el polvo (104) y un procesador (131) para controlar la unidad (106) de barrido, estando dispuesto el procesador (131) para controlar la unidad (106) de barrido para dirigir el haz (118) de láser para solidificar un área seleccionada de una capa de polvo:
- 5 irradiando secciones del área seleccionada con el haz de láser de manera que se permita que cada sección irradiada solidifique antes de que una sección adyacente sea irradiada con el haz (118) de láser, o con otro haz de láser, y
- 10 solidificando las secciones de forma no continua y en un orden tal que las secciones solidificadas consecutivamente (201a; 201b, 210; 211) estén separadas entre sí, teniendo cada sección (201, 210, 211, 301, 401) un tamaño submilimétrico, de tal manera que la irradiación de la sección con el haz de láser dé como resultado un baño de fusión que se extiende por toda la sección (201, 210, 211, 301, 401) y siendo el polvo (104) un metal.
- 15 2. Un aparato de fabricación aditiva por fusión selectiva mediante láser según la reivindicación 1, en donde cada sección (201, 301, 401) se forma a partir de la irradiación de un único punto con el haz (118) de láser.
3. Un aparato de fabricación aditiva por fusión selectiva mediante láser según la reivindicación 1, en donde cada sección (210, 211) se forma moviendo el haz (118) de láser a través de la capa.
- 20 4. Un aparato de fabricación aditiva por fusión selectiva mediante láser según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde cada sección (401) de un área seleccionada de una capa (402b, 402c) está dispuesta para solaparse parcialmente con secciones de un área seleccionada correspondiente de una capa anterior (402a, 402b).
5. Un aparato de fabricación aditiva por fusión selectiva mediante láser según la reivindicación 4, en donde cada sección (401) es un punto sustancialmente redondo, estando dispuestos los puntos de cada capa (402a, 402b, 402c) en un patrón regular, estando desplazado el patrón de una capa (402b, 402c) con respecto al correspondiente patrón de la capa anterior (402a, 402b).
- 25 6. Un aparato de fabricación aditiva por fusión selectiva mediante láser según la reivindicación 5, en donde los puntos están dispuestos en un patrón triangular.
7. Un aparato de fabricación aditiva por fusión selectiva mediante láser según la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en donde los puntos del patrón se solidifican en un orden tal que los puntos adyacentes no se solidifican secuencialmente.
- 30 8. Un aparato de fabricación aditiva por fusión selectiva mediante láser según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7 en donde la irradiación de los puntos del patrón con el haz (118) de láser avanza en el patrón en una dirección (D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>) diferente de la dirección (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>) en la que la irradiación de puntos avanzó en el patrón del área seleccionada correspondiente de la capa anterior (402a, 402b).
- 35 9. Un método de barrido de capas de material en polvo en un proceso de fabricación aditiva por fusión selectiva mediante láser capa por capa, en donde se forman capas sucesivas de polvo (104) sobre una plataforma (102) de construcción y un haz (118) de láser que barre áreas seleccionadas de cada capa para solidificar el polvo en las áreas seleccionadas, comprendiendo el método dirigir el haz (118) de láser para solidificar un área seleccionada de una capa del polvo:
- 40 irradiando secciones del área seleccionada con el haz (118) de láser de manera que cada sección irradiada solidifique antes de que una sección adyacente sea irradiada con el haz (118) de láser, o con otro haz de láser, y
- 45 solidificando las secciones del área seleccionada de forma no continua y en un orden tal que las secciones solidificadas consecutivamente (201a; 201b, 210; 211) estén separadas entre sí, siendo cada sección (201, 210, 211, 301, 401) una sección de tamaño submilimétrico de tal manera que el baño de fusión se extienda por toda la sección (201, 210, 211, 301, 401) y siendo el polvo un metal.
10. Un método según la reivindicación 9, en donde cada sección (401) de un área seleccionada de una capa (402b, 402c) está dispuesta para solaparse parcialmente con secciones de una correspondiente área seleccionada de una capa previa (402a, 402b).
- 50 11. Un soporte de datos que tiene instrucciones almacenadas en el mismo, que, cuando son ejecutadas por una unidad de procesamiento de un aparato de fabricación aditiva por fusión selectiva mediante láser, hacen que la unidad de procesamiento controle el aparato de fabricación aditiva por fusión selectiva mediante láser para llevar a cabo el método de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10.



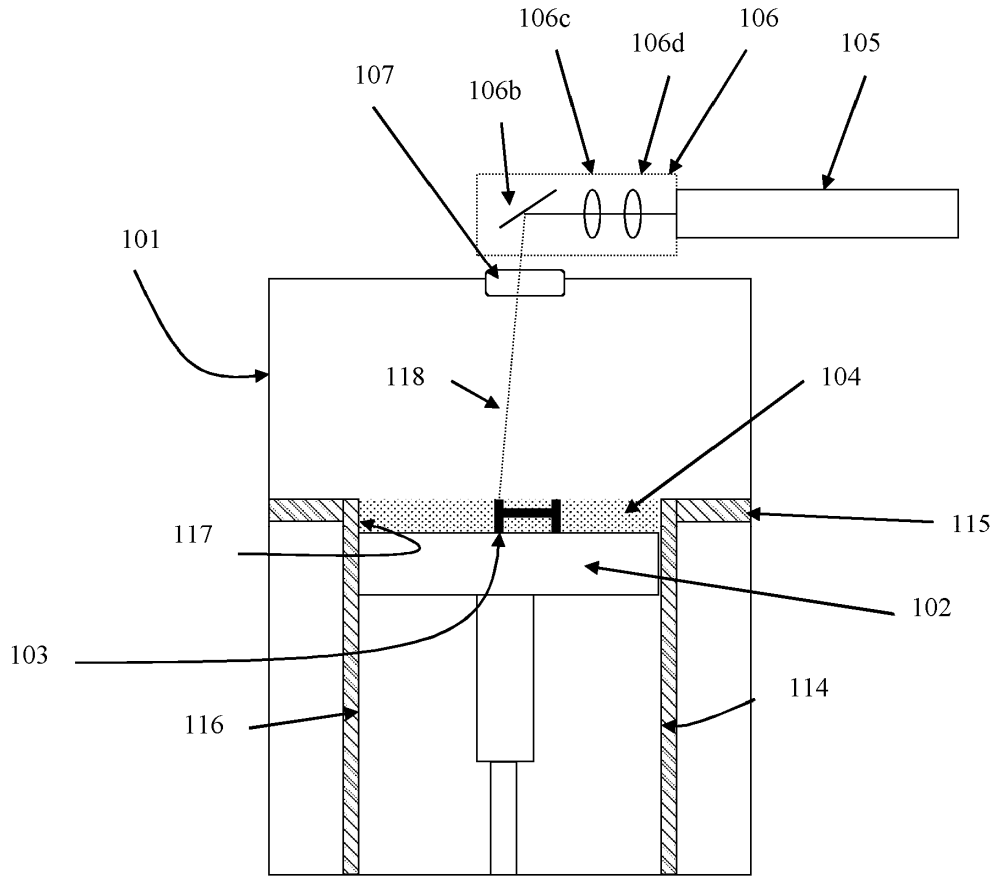


Fig. 1

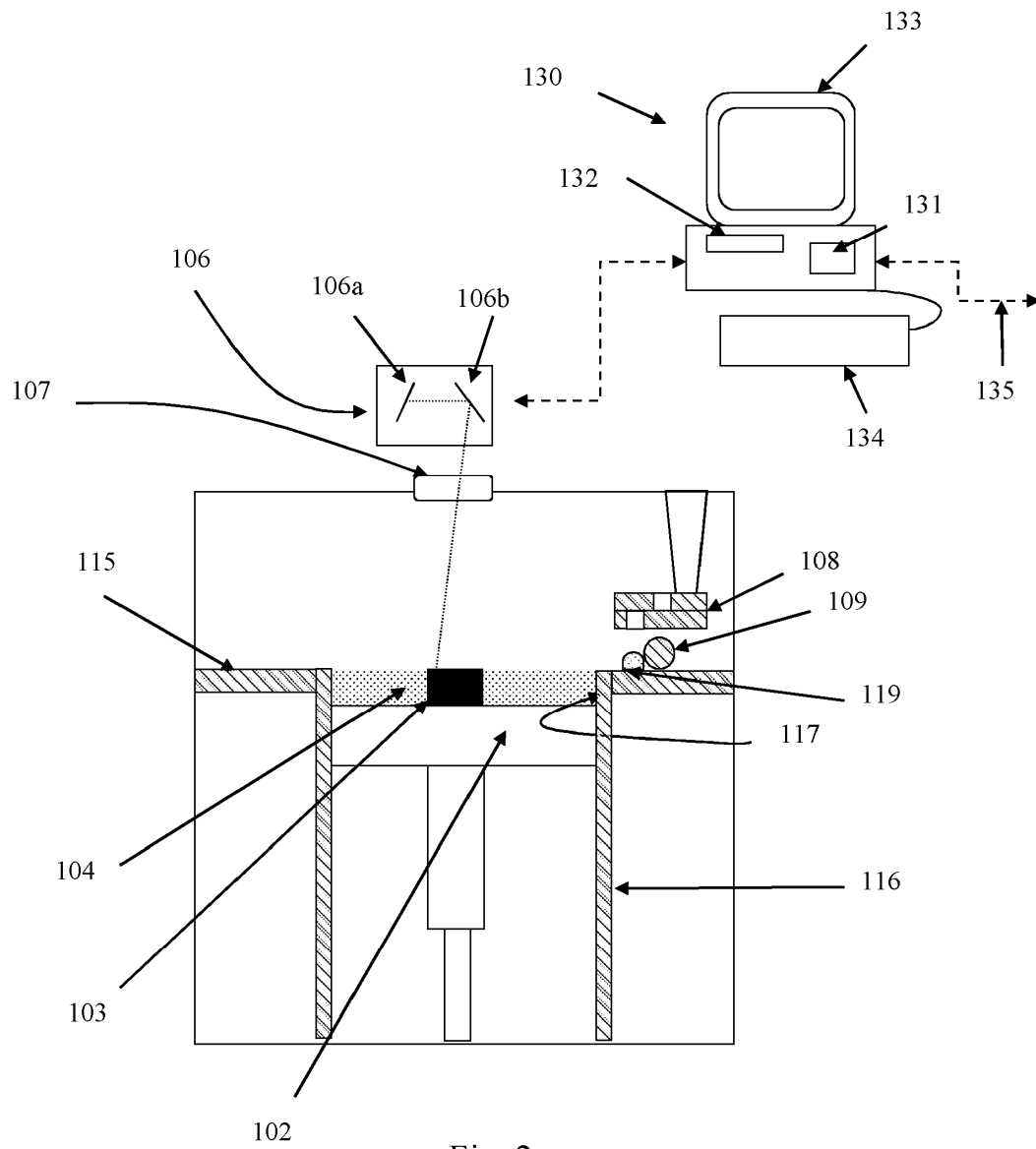


Fig. 2

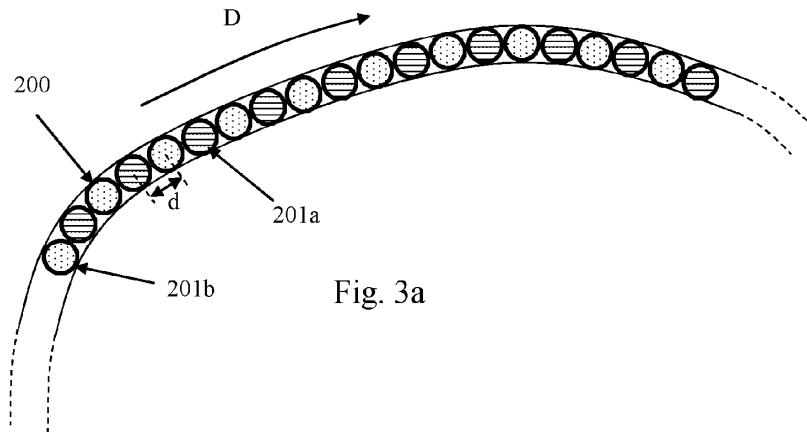


Fig. 3a

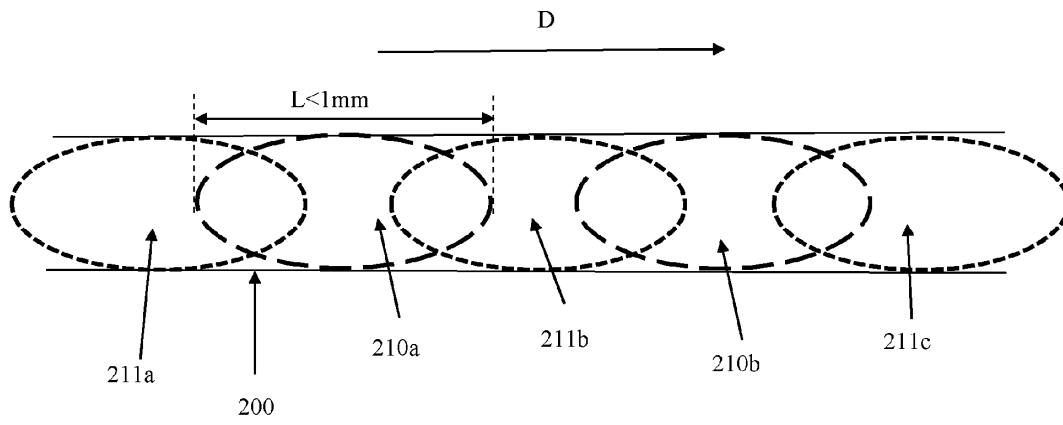


Fig. 3b

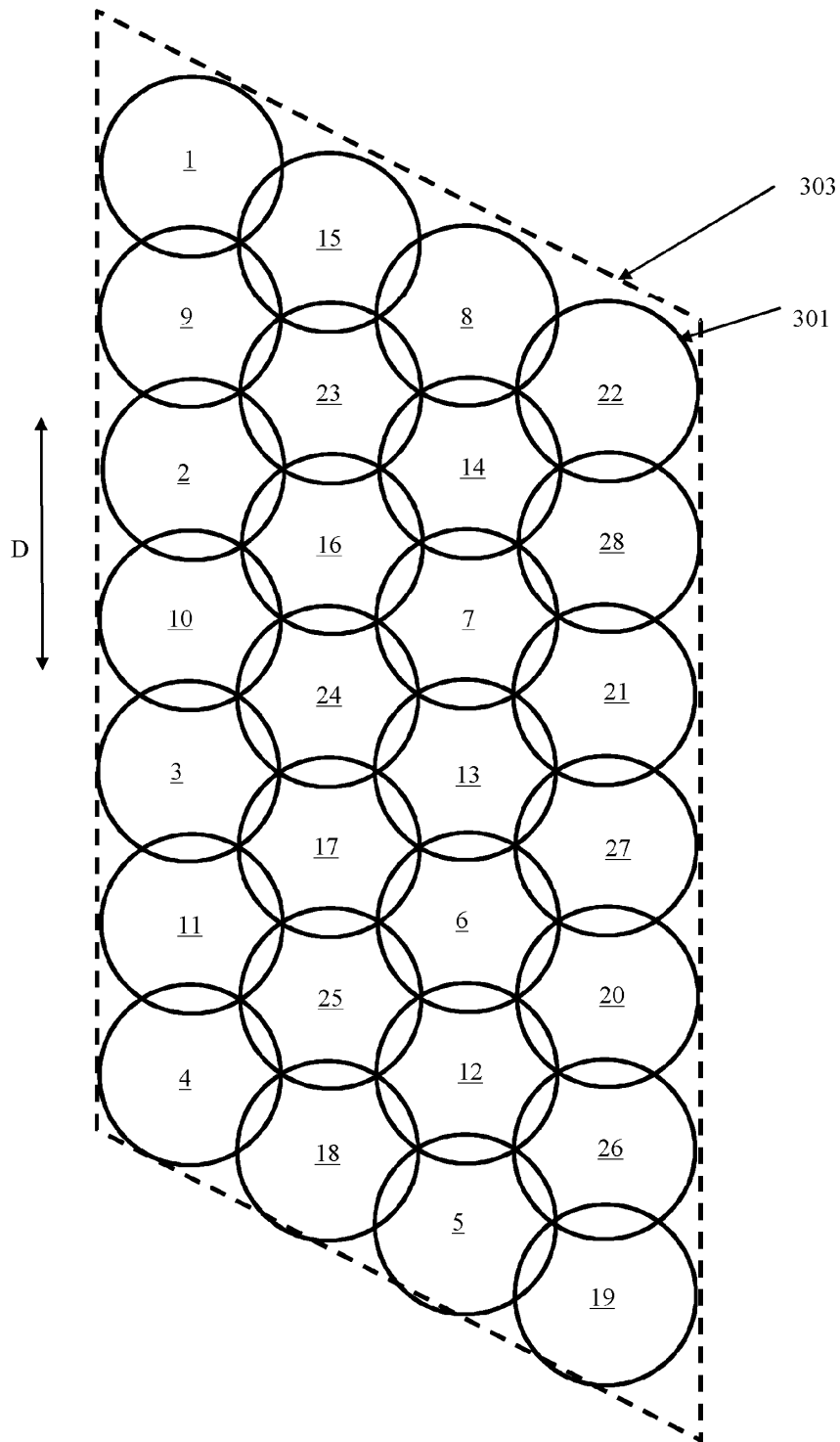


Fig. 4

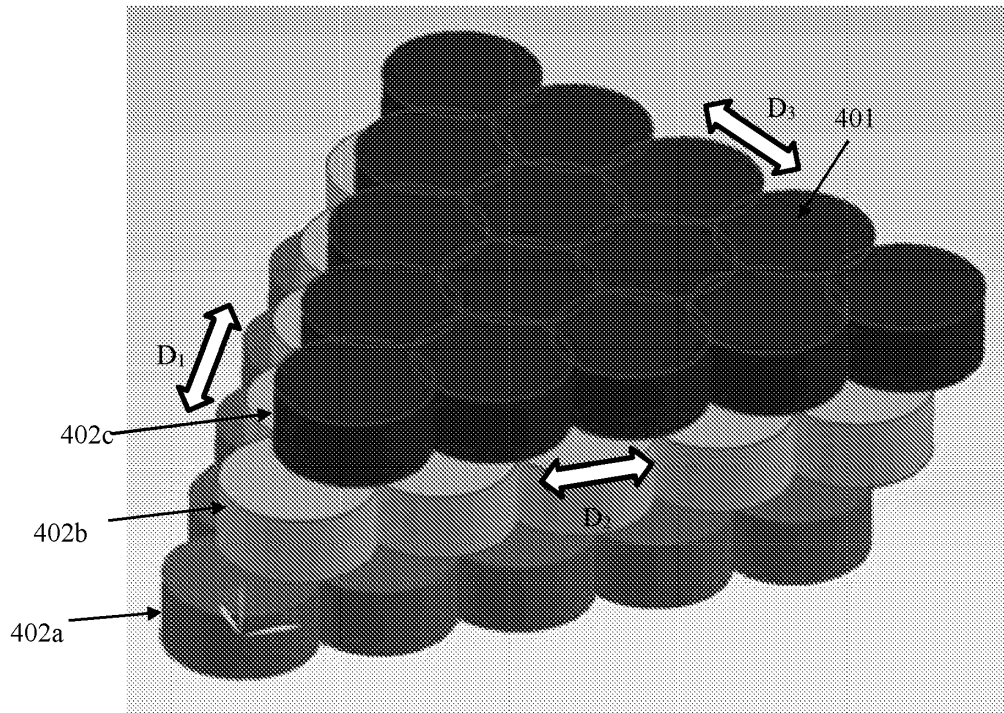


Fig. 5