

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 801 393**

51 Int. Cl.:

**G06T 19/20** (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.03.2017 PCT/GB2017/050555**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.09.2017 WO17149308**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.03.2017 E 17710370 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 3424022**

54 Título: **Un método y sistema de fabricación por adición**

30 Prioridad:

**04.03.2016 IN 201611007695**

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

**11.01.2021**

73 Titular/es:

**RENISHAW PLC (100.0%)  
New Mills Wotton-Under-Edge  
Gloucestershire GL12 8JR, GB**

72 Inventor/es:

**MCMURTRY, DAVID, ROBERTS;  
MCFARLAND, GEOFFREY y  
REVANUR, RAMKUMAR**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 801 393 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**

Un método y sistema de fabricación por adición

**Campo de la invención**

5 Esta invención se refiere a un método y sistema de fabricación por adición y, en particular, a un método y sistema para compensar las tensiones térmicas que se producen durante una construcción mediante fabricación por adición.

**Antecedentes**

10 La fabricación por adición, o los métodos de creación rápida de prototipos para producir piezas, comprenden la solidificación capa a capa de un material fluido. Existen varios métodos de fabricación por adición que incluyen tanto los sistemas de lecho de polvo, como por ejemplo la fusión selectiva por láser (SLM), la sinterización selectiva por láser (SLS), la fusión por haz de electrones (EBM) y la estéreo-litografía, como los sistemas de lecho sin polvo, por ejemplo el modelado por deposición fundida, e incluyendo la fabricación por adición con arco de alambre.

15 En la fusión selectiva por láser, se deposita una capa de polvo sobre un lecho de polvo en una cámara de construcción y se barre un rayo láser a través de porciones de la capa de polvo que corresponden a una sección transversal (corte) de la pieza de trabajo que se está construyendo. El rayo láser derrite o sinteriza el polvo para formar una capa solidificada. Después de la solidificación selectiva de una capa, el lecho de polvo se ha rebajado en el espesor de la capa recién solidificada, se extiende una capa adicional de polvo sobre la superficie y se solidifica, según sea necesario.

20 Una pieza de trabajo se puede distorsionar, durante o después de la construcción por adición, debido a los esfuerzos térmicos resultantes. Estos se pueden mitigar mediante el uso de soportes durante la formación y el post-tratamiento de la pieza de trabajo para aliviar las tensiones térmicas. Sin embargo, la eliminación de los soportes después de la construcción y del post-tratamiento para aliviar las tensiones térmicas, puede aumentar la complejidad y el costo del proceso de fabricación. Es deseable reducir la necesidad de un procesamiento posterior de la pieza de trabajo.

25 El documento US2015/0004046 A1 describe un sistema para fabricar un componente que incluye un dispositivo de fabricación por adición y un dispositivo informático. El dispositivo de fabricación por adición incluye un dispositivo de imágenes ópticas, un dispositivo de formación de imágenes por infrarrojos y un dispositivo de formación de imágenes de por rayos X tomografía computarizada. El dispositivo informático y los dispositivos de formación de imágenes están configurados para medir, registrar, calcular y/o almacenar diferencias entre una característica geométrica de cada capa y una característica geométrica correspondiente de secciones transversales bidimensionales digitales correspondientes a las capas y generar una representación digital compensada de un componente que se desea fabricar en base a las diferencias. Para cada capa de un primer componente, se mide una característica geométrica de cada capa después de que se forma la capa. Una vez que se reciben los datos de medición para una o más capas del primer componente, se genera una transformación de compensación acumulativa (CCT) para cada capa. Se puede fabricar un segundo componente basado en las secciones transversales bidimensionales digitales compensadas generadas para cada capa del primer componente.

**35 Compendio de la invención**

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un método para construir una pieza de trabajo usando un proceso de fabricación por adición según la reivindicación 1.

40 Las posiciones de las secciones de la pieza de trabajo se ajustan de tal manera que la deformación de la pieza de trabajo durante o después de la construcción devuelve la pieza de trabajo a la geometría de superficie deseada, según se haya definido en el modelo geométrico inicial. En particular, las posiciones ajustadas pueden ser posiciones que se determinan moviendo las posiciones de las secciones de la pieza de trabajo, determinadas a partir del modelo geométrico inicial, en dirección contraria a la dirección de movimiento durante la deformación esperada de la pieza de trabajo.

45 Tal método puede reducir la necesidad de relajar la tensión de la pieza después del proceso de fabricación por adición y/o la cantidad de soportes necesarios para la construcción.

La pieza de trabajo de prueba se puede medir cuando todavía está unida a una placa de construcción, después de ser liberada de una placa de construcción y/o antes o después del tratamiento térmico.

50 La medición de la pieza de trabajo de prueba se puede llevar a cabo utilizando una sonda de medición con o sin contacto. Por ejemplo, la sonda de medición puede ser de disparo por contacto o una sonda de exploración por contacto o una sonda óptica sin contacto. La pieza de trabajo de prueba se puede medir en una máquina de posicionamiento por coordenadas, como una máquina de medición de coordenadas, o en una máquina herramienta en la que está montada una sonda de medición. La máquina de posicionamiento por coordenadas puede ser una máquina de posicionamiento de coordenadas no cartesiana, por ejemplo, como la descrita en los documentos

WO2011/107729 y WO2011/107746. La máquina de posicionamiento por coordenadas puede ser un registrador de medidas, como el registrador de medición Equator™ vendido por Renishaw plc.

5 El método puede comprender determinar las posiciones de las secciones de la pieza de prueba, construidas durante el proceso de fabricación por adición, después de la distorsión de la pieza de prueba, y determinar las posiciones ajustadas de las secciones de la pieza de trabajo comparando las posiciones de las secciones de la pieza de prueba con las posiciones iniciales de las secciones iniciales de la pieza de trabajo.

10 La determinación de las posiciones de las secciones de la pieza de trabajo de prueba puede comprender generar, a partir de las mediciones de la pieza de trabajo de prueba, un modelo geométrico medido que define la geometría de la superficie de la pieza de trabajo de prueba, y cortar en secciones el modelo geométrico medido para determinar las posiciones ajustadas de las secciones de la pieza de trabajo de prueba. Las posiciones ajustadas pueden ser un ajuste de las posiciones de las secciones de la pieza de trabajo en una dirección opuesta a una dirección de desplazamiento de las secciones de la pieza de prueba desde las posiciones iniciales de las secciones iniciales de la pieza de trabajo.

15 Alternativamente, el método puede comprender para cada sección de la pieza de trabajo de prueba una pluralidad de secciones de la pieza de trabajo de prueba, medir una pluralidad de puntos en una superficie de la pieza de trabajo de prueba en un plano correspondiente al de la sección de la pieza de trabajo de prueba y determinar una posición de la sección de la pieza de trabajo de prueba a partir de la pluralidad de puntos medidos en el plano.

Una magnitud del ajuste de las posiciones de las secciones de la pieza de trabajo puede estar basada en una magnitud del desplazamiento de las secciones de la pieza de trabajo de prueba desde las posiciones iniciales de las secciones de la pieza de trabajo inicial.

20 La pieza de trabajo se puede construir con la misma orientación en un volumen de construcción y, preferiblemente, con los mismos soportes que la pieza de trabajo de prueba. La pieza de trabajo se puede construir en la misma posición dentro de un volumen de construcción que la pieza de trabajo de prueba. La pieza de trabajo se puede construir en una construcción idéntica a la pieza de trabajo de prueba, es decir, si la pieza de trabajo de prueba se construye junto con otras piezas de trabajo, entonces la pieza de trabajo también se construye con piezas de trabajo  
25 adicionales nominalmente idénticas en las mismas posiciones dentro de un volumen de construcción.

Las posiciones de las secciones son las posiciones relativas a las otras secciones de la pieza de trabajo.

30 En una forma de realización adicional, las posiciones ajustadas pueden tener en cuenta una diferencia entre la construcción de la pieza de trabajo y la construcción de la pieza de trabajo de prueba. El método puede comprender determinar las posiciones ajustadas a partir de un mapeo que describe cómo las posiciones ajustadas deberían modificarse en función de la diferencia entre las construcciones. La diferencia puede comprender una diferencia en una posición en el volumen de construcción, en la que se construye la pieza de trabajo en comparación con la pieza de trabajo de prueba. En particular, la velocidad de enfriamiento de la pieza de trabajo puede variar dependiendo de la posición de la pieza de trabajo en el volumen de construcción. La velocidad a la que se enfría una pieza de trabajo puede afectar a la deformación que se produce. La diferencia puede comprender un aparato de fabricación por adición  
35 diferente, diferentes condiciones atmosféricas, tales como temperatura, y/o una diferencia en las velocidades de procesamiento.

40 El método puede comprender la construcción de una serie de piezas de prueba, cada una basada en las posiciones ajustadas para los cortes de la pieza de trabajo determinados a partir de la distorsión que se produjo para la pieza de prueba anterior hasta que la geometría de la superficie de una pieza de prueba de la serie coincida con la del modelo geométrico inicial dentro de un tolerancia predefinida

45 El método para determinar la ubicación de las capas de una pieza de trabajo construida usando un proceso de fabricación por adición, en el que la pieza de trabajo se construye consolidando material de manera capa-a-capa, puede comprender, para cada capa de una pluralidad de capas construidas usando el proceso de fabricación por adición, la medición de una pluralidad de puntos en una superficie de la pieza de trabajo en un plano correspondiente a la capa y determina, a partir de las mediciones, ubicaciones relativas de la pluralidad de capas.

La ubicación de cada plano se puede determinar a partir de un espesor de capa conocido del proceso de fabricación por adición. La ubicación de cada plano se puede determinar a partir del espesor de capa conocido y de un dato de la pieza de trabajo o relacionado con ella. Por ejemplo, el dato puede ser una superficie, como por ejemplo una superficie superior, de una placa de construcción sobre la cual se construye la pieza de trabajo.

50 La pluralidad de capas se puede determinar a partir de una selección de capas realizada por un usuario, cuando interactúa con una representación generada por ordenador de un modelo geométrico de la pieza de trabajo. El usuario puede seleccionar la pluralidad de capas identificando una línea o área en una superficie de la pieza de trabajo en la representación generada por ordenador, siendo la pluralidad de capas las capas que intersectan con la línea o área.

**Descripción de los dibujos**

La Figura 1 muestra un modelo geométrico inicial de una pieza de trabajo y secciones de la pieza de trabajo que se construirán como capas de la pieza de trabajo en un proceso de fabricación por adición;

5 La Figura 2 muestra un modelo geométrico medido de una pieza de trabajo de prueba, determinado a partir de las mediciones de la pieza de trabajo de prueba y de las secciones de la pieza de trabajo de prueba correspondientes a las capas de la pieza de trabajo de prueba construidas en un proceso de fabricación por adición;

La Figura 3 es un diagrama de flujo de un método de acuerdo con una forma de realización de la invención;

La Figura 4 muestra un sistema de acuerdo con una forma de realización de la invención; y

10 La Figura 5 muestra un método para determinar la ubicación de las secciones de una pieza de trabajo construida utilizando un proceso de fabricación por adición.

**Descripción de las formas de realización**

15 Con referencia a las Figuras 1 a 4, para construir una pieza de trabajo utilizando un aparato de fabricación por adición 500, se genera un conjunto de instrucciones a partir de un modelo geométrico inicial, tal como un modelo en formato STL, que define la geometría de superficie 100 prevista para la pieza de trabajo. El modelo geométrico inicial en sí mismo puede derivar de otro modelo, como por ejemplo un modelo CAD. El modelo geométrico inicial se proporciona al sistema informático 502, tal como un ordenador de mesa estándar, que determina (etapa A) las secciones 101a a 101h, a partir de la geometría de la superficie 100, correspondientes a las capas de la pieza de trabajo a construir en el aparato de fabricación por adición 500 y las posiciones iniciales relativas entre sí de las secciones 101a a 101h. El sistema informático 502 también determina las trayectorias de exploración (no mostradas) que debe seguir un rayo de energía, como por ejemplo un rayo láser, con el fin de consolidar el material para formar las secciones 101a a 101h. Las secciones y las trayectorias de exploración se pueden determinar utilizando algoritmos conocidos.

20 Se construye una primera pieza de trabajo de prueba 200 (etapa B) con el aparato de fabricación por adición 500 usando las trayectorias de exploración determinadas y en base a las posiciones iniciales determinadas en la etapa A. Durante o después de la construcción, la pieza de trabajo de prueba 200 se deforma debido a tensiones térmicas que se producen durante o después de la construcción. Por ejemplo, la pieza de trabajo de prueba 200 puede curvarse hacia arriba durante la construcción o distorsionarse después de la construcción, por ejemplo, cuando la pieza de trabajo de prueba 200 se libera de los soportes utilizados durante la construcción para mantener la pieza de trabajo de prueba 200 en su sitio sobre una placa de construcción 405.

30 El método comprende determinar la geometría de la pieza de trabajo de prueba 200 después de que la pieza de trabajo 200 ha sufrido distorsión debido a tensiones térmicas. Se puede medir la geometría de la pieza de trabajo de prueba 200 antes de que la pieza de trabajo de prueba 200 se suelte de una placa de construcción 405 a la que está unida por soportes, después de la liberación de la placa de construcción 405 y/o antes o después del tratamiento térmico. Se puede determinar la geometría midiendo la pieza de trabajo de prueba deformada 200 con el dispositivo de medición 501. El dispositivo de medición 501 puede comprender un dispositivo sensor de superficie, tal como una sonda de contacto 202 o una sonda sin contacto. Se genera, a partir de los datos de medición generados por el dispositivo de medición 501, un modelo geométrico medido 300, por ejemplo en un formato STL, que define la geometría de la superficie de la pieza de trabajo de prueba deformada 200.

40 Como se muestra en la Figura 2, se usa el sistema informático 502 para determinar (etapa C) las secciones 301a a 301h en base al modelo geométrico medido 300. Las secciones 301a a 301h corresponden a las secciones 101a a 101h en cuanto a que las secciones 301a a 301h son del mismo grosor y se calculan para las mismas alturas z en la pieza de trabajo. Luego se determina una diferencia en las posiciones relativas de las secciones 101a a 101h y las secciones 301a a 301h.

45 Se determina una posición ajustada 401a a 401h para las secciones desplazando (etapa D) las secciones 401a' a 401h' en una dirección opuesta al movimiento de las secciones 301a a 301h que resulta de la deformación de la pieza de trabajo de prueba 200. La magnitud del movimiento está basada en la diferencia entre las posiciones de las secciones 301a a 301h al compararlas con las secciones 101a a 101h (Etapa D). Tal posición ajustada (como se muestra en la etapa D) puede usarse en todos los elementos 400a a 400f de la pieza de trabajo en el volumen de construcción 404. Sin embargo, en esta forma de realización, las posiciones ajustadas 401a a 401h comprenden una modificación a la magnitud del movimiento 401a'a 401h' que se muestra en la etapa D para cada elemento 400a a 400f de la pieza de trabajo en función de la posición del elemento 400a a 400f en el Volumen de construcción 404. Por ejemplo, se puede usar una tabla/mapeo de corrección apropiada para el volumen de construcción 404 para modificar la posición ajustada de cada elemento de la pieza de trabajo. La tabla/mapeo de corrección se puede determinar empíricamente a través de la construcción de piezas de prueba apropiadas (que pueden tener una geometría diferente a la pieza de trabajo 100).

55 El aparato de fabricación por adición 500 se controla entonces para construir la(s) pieza(s) de trabajo 400 mediante la consolidación de material para formar las secciones en las posiciones ajustadas 401a a 401h. La distorsión de la(s)

pieza(s) de trabajo 400, durante o después de la construcción, puede entonces acercar la(s) pieza(s) de trabajo 400 a las dimensiones nominales de la pieza de trabajo, tal como se define en el modelo geométrico inicial 100, en comparación con la pieza de trabajo de prueba 200.

5 La Figura 4 muestra el sistema para implementar el método. El sistema comprende el aparato de fabricación por adición 500 para construir las piezas de trabajo 200, 400, el aparato de medición de coordenadas 501 para medir la geometría de la superficie de la pieza de trabajo de prueba 200 y el ordenador 502. El ordenador 502 está en comunicación con el aparato de fabricación por adición 500 y con el aparato de medición 501 para enviar instrucciones al aparato de fabricación por adición 500 y al aparato de medición 501 y recibir datos de medición desde el aparato de medición 501. El ordenador 502 comprende un procesador 503 y una memoria 504. La memoria 504 tiene  
10 almacenada un programa informático que, cuando es ejecutado por el procesador 503, hace que el procesador 503 genere instrucciones de construcción para instruir al aparato de fabricación por adición 500 para construir la pieza de trabajo de prueba 200, genere instrucciones de medición para instruir al aparato de medición 501 para que mida la pieza de trabajo de prueba 200, reciba los datos de medición de la pieza de trabajo de prueba 200 del aparato de medición 501, determine, como se describió anteriormente, las posiciones ajustadas 401a a 401h de las secciones de  
15 la pieza de trabajo y genere instrucciones para instruir al aparato de fabricación por adición 500 para que construya la pieza de trabajo 400 utilizando las posiciones ajustadas 401a a 401h para las secciones de la pieza de trabajo.

En una forma de realización alternativa, en lugar de determinar las posiciones de las secciones 301a a 301h a partir de un modelo geométrico medido 300 (etapa C), la sonda de medición está programada para medir directamente ubicaciones en una superficie de la pieza de trabajo de prueba 200, que corresponde a una altura vertical z de cada  
20 sección 101a a 101h, de manera que se pueda determinar directamente la posición de cada sección de la pieza de prueba a partir de las mediciones. Se puede utilizar una placa de construcción 405, sobre la que se construye la pieza de trabajo de prueba, como un dato a partir del cual se determina la altura z.

Refiriéndose a la Figura 5, el usuario selecciona un área 600 en una representación 3D de la pieza de trabajo según se ha determinado a partir del modelo de pieza de trabajo inicial. El área 600 identifica una región de la pieza de trabajo 100 para la cual se debe ajustar una ubicación de las secciones para compensar la deformación de la pieza de trabajo después de la construcción. Por ejemplo, un usuario podría formar el área 600 en la representación 3D de la pieza de trabajo utilizando un dispositivo de entrada apropiado, como por ejemplo un dispositivo señalador 601. El ordenador 502 identifica las secciones de la pieza de trabajo que intersectan con el área 600 y genera instrucciones de medición para indicar a un dispositivo de medición 202 que mida los puntos 602, en una pieza de trabajo de prueba  
25 200 construida en base a las posiciones iniciales de las secciones de la pieza de trabajo según se determina a partir del modelo geométrico inicial. Las instrucciones pueden incluir la definición de una trayectoria 603 a seguir por el dispositivo 202 de medición al medir la pieza de trabajo de prueba 200, además de o en lugar de los puntos 602.

Las instrucciones se envían entonces a un aparato de medición 501 para hacer que el aparato de medición mida la pieza de trabajo de prueba 200 de la manera definida por las instrucciones. El aparato de medición 501 puede usar una o más superficies de la placa de construcción 405 como referencia para permitir que el aparato de medición encuentre los puntos de medición requeridos 602 en la pieza de trabajo 200. A partir de estas mediciones, se puede determinar una posición de las secciones de la pieza de prueba. Estas posiciones se pueden usar entonces de la misma manera que se describió anteriormente, con referencia a la Figura 3, para determinar las posiciones ajustadas. Este método para determinar las posiciones de las secciones de la pieza de prueba puede requerir la medición de  
35 menos puntos que un método que recrea un modelo geométrico de la pieza de prueba.

Se pueden hacer alteraciones y modificaciones, a las formas de realización descritas anteriormente, sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones. Por ejemplo, las posiciones ajustadas 401a a 401h pueden comprender otras modificaciones de la magnitud del movimiento 401a'a 401h' con el fin de tener en cuenta otros factores que afectan a la construcción de la pieza de trabajo que difieren de la construcción de la pieza de trabajo de prueba 200. Por ejemplo, un cambio en otras piezas de trabajo, como por ejemplo una pieza de trabajo diferente o un número de piezas de trabajo, que se deban construir en el volumen de construcción, junto con la pieza de trabajo para la que se está realizando una compensación. Un cambio en otras piezas de trabajo en la construcción puede afectar los esfuerzos térmicos en la pieza de trabajo, debido a las diferencias en el tiempo entre las consolidaciones de las capas de la pieza de trabajo. Además, si la pieza de trabajo se va a construir en un aparato de fabricación por adición diferente del usado en la pieza de trabajo de prueba, se puede usar un mapeo apropiado entre los dos aparatos  
45 para determinar la posición ajustada desde el movimiento 401a'a 401h'.

## REIVINDICACIONES

1. Un método para construir una pieza de trabajo utilizando un proceso de fabricación por adición, en el que la pieza de trabajo se construye consolidando el material de manera capa-a-capa, el método comprende recibir un modelo geométrico inicial que define la geometría de la superficie (100) de la pieza de trabajo, determinar las secciones iniciales (101a a 101h) de la pieza de trabajo que se deben consolidar, como capas de la pieza de trabajo, durante el proceso de fabricación por adición a partir del modelo geométrico inicial, construir una pieza de trabajo de prueba (200) de acuerdo con las secciones iniciales (101a a 101h) de la pieza de trabajo, utilizando el proceso de fabricación por adición, determinar un grado de deformación midiendo la pieza de trabajo de prueba (200), determinar las secciones de la pieza de trabajo (401a a 400h) que tienen posiciones ajustadas establecidas a partir de las posiciones iniciales de las secciones iniciales (101a a 101h) de la pieza de trabajo, y construir la pieza de trabajo (400) usando el proceso de fabricación por adición, en el que las secciones (401a a 400h) de la pieza de trabajo se forman en las posiciones ajustadas, caracterizado por que el grado de deformación de la pieza de trabajo de prueba se determina midiendo la pieza de trabajo de prueba un tiempo predeterminado después del final de la construcción de la pieza de trabajo de prueba (200) y las posiciones ajustadas se determinan de tal manera que la deformación de la pieza de trabajo (400) que se espera que ocurra durante o después del proceso de fabricación por adición devuelve la pieza de trabajo (400) a o hacia la geometría de la superficie (100) tal como se definió en el modelo geométrico inicial.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las posiciones ajustadas son movimientos desde las posiciones iniciales en una dirección contraria a una dirección de movimiento durante la deformación esperada de la pieza de trabajo (400).
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2 que comprende determinar, a partir de las mediciones, las posiciones de las secciones (301a a 300h) de la pieza de trabajo de prueba, construida durante el proceso de fabricación por adición, después de la distorsión de la pieza de trabajo de prueba (200) y determinar las posiciones ajustadas de las secciones (401a a 400h) de la pieza de trabajo a partir de la comparación entre las posiciones de las secciones (301a a 300h) de la pieza de trabajo prueba y las posiciones iniciales de las secciones iniciales (101a a 100h) de la pieza de trabajo.
4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la determinación de las posiciones de las secciones (301a a 300h) de la pieza de trabajo de prueba, comprende generar, a partir de las mediciones de la pieza de trabajo de prueba (200), un modelo geométrico medido (300) que define la geometría de la superficie de la pieza de trabajo de prueba (200) y segmentar el modelo geométrico medido (300) para determinar las posiciones de las secciones (301a a 300h) de la pieza de trabajo de prueba.
5. Un método de acuerdo con la reivindicación 3 que comprende, para cada sección de la pieza de trabajo de prueba, de entre una pluralidad de secciones (301a a 300h) de la pieza de trabajo de prueba, medir una pluralidad de puntos (602) en una superficie de la pieza de trabajo de prueba (200) en un plano correspondiente a la sección (301a a 300h) de la pieza de trabajo de prueba y determinar una posición de la sección (301a a 300h) de la pieza de trabajo de prueba, a partir de la pluralidad de puntos (602) medidos en el plano.
6. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que las posiciones ajustadas son un ajuste realizado desde las posiciones iniciales de las secciones iniciales de la pieza de trabajo (101a a 100h) en una dirección opuesta a la dirección de desplazamiento de las secciones de la pieza de trabajo de prueba (301a a 300h) desde las posiciones iniciales de las secciones iniciales de la pieza de trabajo (101a a 100h).
7. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en el que una magnitud del ajuste de las posiciones de las secciones de la pieza de trabajo (401a a 400h) se basa en una magnitud del desplazamiento de las secciones (301a a 300h) de la pieza de trabajo de prueba desde las posiciones iniciales de las secciones iniciales (101a a 100h) de la pieza de trabajo.
8. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la pieza de trabajo (400) está construida en la misma orientación, en un volumen de construcción, que la pieza de trabajo de prueba (200).
9. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la pieza de trabajo (400) está construida con los mismos soportes que la pieza de trabajo de prueba (200).
10. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la pieza de trabajo (400) está construida en la misma posición, dentro de un volumen de construcción (404), que la pieza de trabajo de prueba (200).
11. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que las posiciones ajustadas se determinan teniendo en cuenta una diferencia entre una construcción de la pieza de trabajo (400) y una construcción de la pieza de trabajo de prueba (200).
12. Un método de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende determinar las posiciones ajustadas usando un mapeo que describe cómo las posiciones ajustadas deberían modificarse en función de la diferencia entre las construcciones.
13. Un método según la reivindicación 11 o la reivindicación 12, en el que la diferencia comprende una diferencia en una posición, en un volumen de construcción (404) en el que está construida la pieza de trabajo (400), en comparación con la pieza de trabajo de prueba (200).

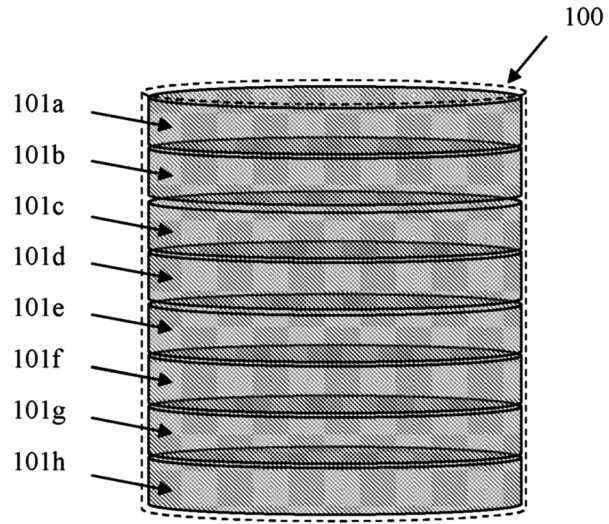


Fig. 1

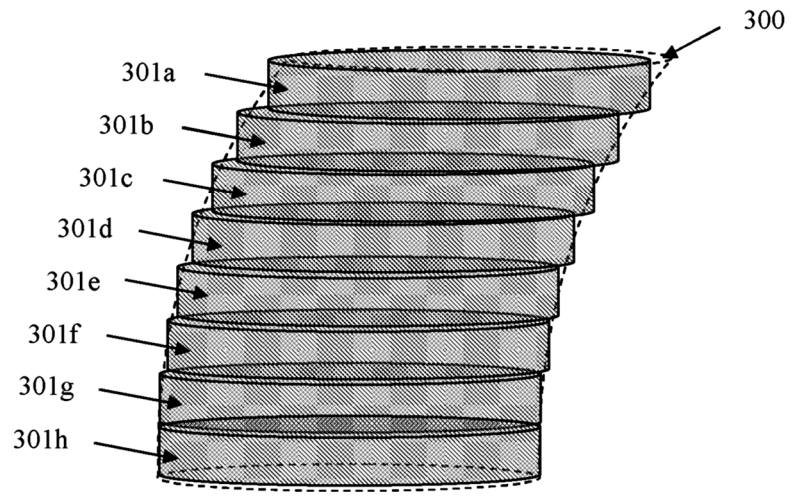


Fig. 2

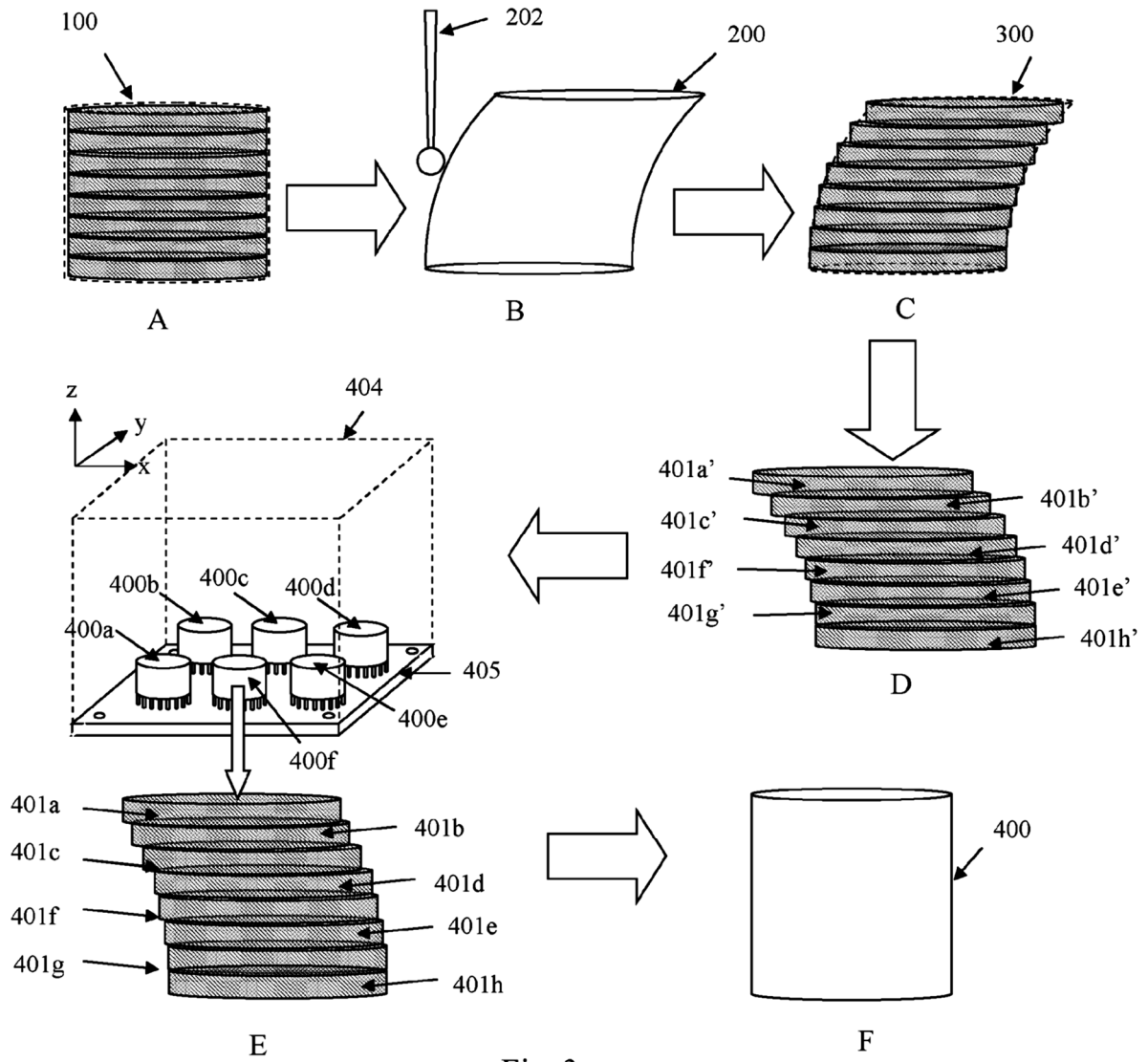


Fig. 3

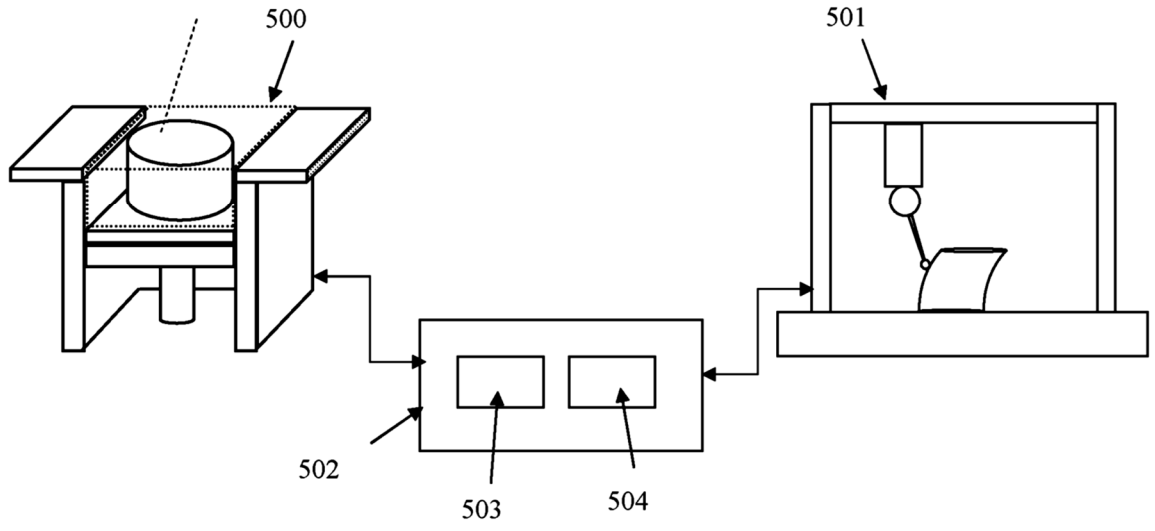


Fig. 4

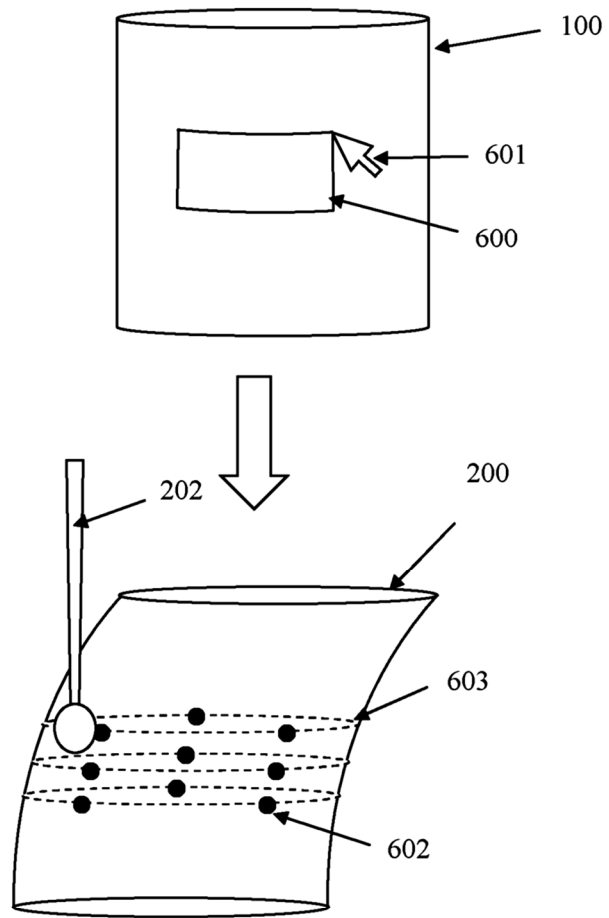


Fig. 5