

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 741 285**

51 Int. Cl.:

B22F 3/105	(2006.01)	B33Y 10/00	(2015.01)
B22F 5/04	(2006.01)	B33Y 30/00	(2015.01)
B29C 73/00	(2006.01)	B29C 73/24	(2006.01)
B29C 73/34	(2006.01)	F01D 5/00	(2006.01)
B29L 9/00	(2006.01)	F01D 25/28	(2006.01)
B29C 35/08	(2006.01)		
B29C 64/153	(2007.01)		
B29C 64/386	(2007.01)		
B29C 64/40	(2007.01)		
B23P 6/00	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.12.2014 PCT/GB2014/053817**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2015 WO15092442**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2014 E 14828502 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 3084129**

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

30 Prioridad:

20.12.2013 GB 201322647

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

10.02.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BROOKS, IAN THOMAS y
SUTCLIFFE, CHRISTOPHER**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 741 285 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato y método de fabricación aditiva

5 Campo de la Invención

Esta invención se refiere a un aparato y a un método de fabricación aditiva. La invención tiene una aplicación particular, pero no exclusiva, a un aparato y a un método para complementar o reparar una parte preformada mediante la consolidación del material directamente sobre la parte preformada usando un tratamiento de fabricación aditiva.

10

Antecedentes

Es deseable reparar partes, como álabes de turbinas, mediante fabricación aditiva, tal como la fusión/sinterización por láser selectivo (SLM/SLS). Para llevar a cabo una reparación de este tipo, el álabe debe ser montado dentro de una cámara de acumulación de un aparato de fabricación aditiva en una posición conocida de manera que puedan ser determinados los caminos de escaneo requeridos para el rayo láser.

15

La patente europea EP2495397 A2 describe un método para reparar componentes de una turbina con una porción deteriorada. El método incluye el mecanizado del componente de turbina en un primer artículo de turbina intermedio de tal manera que la porción deteriorada sea retirada y la reconstrucción del primer artículo de turbina intermedio en el componente de turbina con un tratamiento de fabricación aditiva. El componente de la turbina está montado en un accesorio de reparación. El accesorio de reparación puede proporcionar una orientación y un marco de referencia conocidos para su posterior tratamiento. El accesorio de reparación es utilizado para situar con precisión el componente de la turbina en el primer sistema de reparación por láser y metal por fusión.

20

La patente de los E.E.U.U. US6554600 B1 describe un aparato para producir una parte tridimensional mediante la solidificación sucesiva capa por capa de un material solidificable. Un recipiente intercambiable forma un marco delimitador para el material dentro del espacio de acumulación. El recipiente tiene una plataforma de trabajo. La plataforma de trabajo está soportada sobre un dispositivo de soporte durante el funcionamiento del aparato. En una realización, la plataforma de la parte de trabajo está montada de forma desmontable en el soporte mediante elementos de tornillo. En otra realización, la plataforma de la parte de trabajo comprende un soporte en su lado inferior para ser aplicada a un dispositivo de acoplamiento de un brazo de soporte. Con este fin, el soporte comprende cuatro zócalos dispuestos en un cuadrado de su parte inferior y están diseñados para aplicar cuatro pasadores del dispositivo de acoplamiento.

30

La patente alemana DE102012011217 A1 describe un dispositivo que comprende una unidad de soporte para soportar un objeto con un soporte de altura ajustable durante la acumulación, una unidad de aplicación para aplicar un material de acumulación a una superficie de acumulación o una capa previamente formada, y una unidad de radiación para irradiar selectivamente las capas del material de acumulación a una sección transversal de los puntos objeto correspondientes. Un cuerpo con forma de placa está dispuesto sobre un lado superior del soporte, está formado como un soporte de tapón contorneado para una base del objeto prefabricado a ser formado, y comprende rebajos. El soporte del enchufe a su vez está fijado a la parte inferior mediante un pasador de centrado y es fijado en la dirección Z mediante un conjunto de imán. Es ventajoso detectar la posición y orientación de los rebajos usando un dispositivo sensor. El dispositivo sensor puede ser una cámara.

40

La patente de los E.E.U.U. US2009/0271985 A1 describe un método para reparar álabes móviles de un motor de turbina de gas que comprende la acumulación sucesiva de una sección retirada en la superficie de la parte del álabe móvil mediante un tratamiento de fabricación rápido.

45

La publicación "Mechanical Design of Laboratory Apparatus", de H. J. J. Braddick, describe las disposiciones cinemáticas para la situación relativa de dos partes.

50

Compendio de la Invención

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un método de fabricación o de reparación de una parte según la reivindicación 1.

55

Se conoce una posición del dispositivo respecto a un sistema de coordenadas del haz de energía porque el dispositivo ha sido fabricado utilizando el aparato de fabricación aditiva. Por consiguiente, si se conoce una geometría de la parte, se conoce una posición de la parte respecto al accesorio y el accesorio permanece/está situado sustancialmente en la misma posición definida en la que fue formado, un camino de escaneo para el haz de energía para consolidar el material en la parte puede ser determinado a partir de los datos utilizados para generar el accesorio. De esta manera, se puede facilitar la alineación del sistema de coordenadas del haz de energía con la parte.

60

La geometría de la parte puede ser determinada midiendo la parte. Por ejemplo, la parte puede ser medida usando una sonda de contacto de una máquina de medida de coordenadas. Alternativamente, la geometría de la parte puede ser conocida a partir de datos geométricos, como un modelo CAD o STL.

- 5 El método puede comprender medir la parte y el accesorio para determinar una posición de la parte respecto al accesorio, determinar un camino de escaneo para el haz de energía desde la posición determinada de la parte respecto al accesorio y dirigir el haz de energía a lo largo del camino de escaneo para consolidar el material sobre la parte.
- 10 Alternativamente, el accesorio puede comprender formaciones que aseguren que la parte esté montada en el accesorio en una posición predeterminada. En dicha realización, la medida de la parte puede no ser necesaria y el camino de escaneo usado para consolidar el material en la parte puede estar basado en el supuesto de que la parte está montada en la posición predeterminada.
- 15 La placa de acumulación puede ser situada de manera retirable en una cámara de acumulación del aparato de fabricación aditiva. La placa de acumulación comprende formaciones de montaje complementarias a las formaciones de montaje situadas en la cámara de acumulación para permitir el montaje de la placa de acumulación en una posición repetible dentro de la cámara de acumulación. Las formaciones de montaje forman un montaje cinemático. Un montaje cinemático restringe la posición de la placa de acumulación en seis grados de libertad. De esta manera, la placa de acumulación puede ser retirada del aparato para medir la parte y el accesorio y a continuación ser dispuesta de nuevo en la posición definida dentro del aparato mediante la aplicación de las formaciones de montaje. La placa de acumulación y/o las formaciones de montaje pueden estar dispuestas para limitar el montaje de la placa de acumulación en la cámara de acumulación a una única orientación. Puede que no sea necesario conocer la posición de la placa de acumulación en la cámara de acumulación, sino simplemente que, después de la retirada y la inserción, la placa de acumulación con el accesorio fijado es situada sustancialmente en la misma posición que antes, de manera que la posición del accesorio es conocida respecto a un sistema de coordenadas usado en la formación del accesorio.
- 20 El método puede comprender la construcción del accesorio basándose en un modelo de accesorio, como un modelo STL, generando, a partir de los datos medidos obtenidos durante el paso de medida y el modelo del accesorio, un accesorio combinado y un modelo de la parte y determinar el camino de escaneo a partir del accesorio combinado y el modelo de la parte. El método puede comprender medir las características de referencia en el dispositivo y alinear (con el software) los datos medidos con el modelo de fijación usando los datos medidos de las características de referencia. El camino de escaneo puede ser determinado a partir de los datos medidos después de la alineación.
- 25 Los datos medidos de la parte pueden ser comparados con un modelo de parte nominal y el camino de escaneo es determinado para consolidar el material basándose en las diferencias entre los datos medidos y el modelo nominal de la parte. Por ejemplo, tal método puede ser usado para reparar la parte, así como para reformar las zonas deterioradas de la parte.
- 30 El método puede ser llevado a cabo simultáneamente para una pluralidad de partes dentro de un solo aparato de fabricación aditiva. Por ejemplo, el método puede incluir la construcción de múltiples accesorios en una sola placa de acumulación, cada uno para retener al menos una de las partes, montar las partes en los accesorios, medir cada combinación de la al menos una parte y el accesorio para determinar una posición de la al menos una parte respecto al accesorio, determinar un camino de escaneo para el haz de energía desde la posición de la al menos una parte respecto al accesorio y causar que el aparato de fabricación aditiva consolide el material sobre la al menos una parte dirigiendo el haz de energía a lo largo del camino de escaneo cuando la placa de acumulación, con el accesorio y al menos una parte fijada a ella, es retenida sustancialmente en la posición definida.
- 35 El accesorio puede comprender formaciones de montaje para ser aplicadas a formaciones de montaje de la parte. Las formaciones de montaje pueden comprender roscas de tornillo, salientes que encajan a presión en rebajos complementarios en la parte (o rebajos en los que las salientes en la parte encajan a presión) o similares.
- 40 Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un aparato de fabricación aditiva para formar un objeto tridimensional capa por capa según la reivindicación 7.
- 45 Dichas formaciones de montaje que forman el montaje cinemático pueden comprender tres pares de formaciones complementarias, tales como tres pares de bolas y rodillos.
- 50 Descripción de los dibujos
- 55 La Figura 1 es un aparato de fabricación aditiva según una realización de la invención;
Las figuras 2a y 2b son vistas en planta de la placa de acumulación y de soporte de acumulación del aparato de fabricación aditiva que se muestra en la Figura 1;
La Figura 3 muestra un modelo de un accesorio según una realización de la invención;
La Figura 4 es un álabe montado en el accesorio según una realización de la invención;
- 60
- 65

La Figura 5 es una nube de puntos de medidas obtenidas para el álabe;
 La Figura 6 es un modelo CAD del álabe y del accesorio determinado a partir de la nube de puntos de medida; y
 La Figura 7 es un modelo STL del álabe y del accesorio.

5 Descripción de las realizaciones
 Con referencia a las figuras 1, 2a y 2b, un aparato de fabricación aditiva según una realización de la invención comprende una cámara de acumulación 101 que tiene en su interior particiones 114, 115 que definen un volumen de acumulación 116 y una superficie sobre la que se puede depositar el polvo. Un soporte de acumulación 102 define una zona de trabajo en la que un objeto 103 es construido con un polvo de fusión mediante láser selectivo 104. El soporte de acumulación 102 puede ser bajado dentro del volumen de acumulación 116 usando el mecanismo 117, conforme se van formando capas sucesivas del objeto 103. Un volumen de acumulación disponible está definido por la medida en que el soporte de acumulación 102 puede ser bajado dentro del volumen de acumulación 116. Las capas de polvo 104 son formadas conforme el objeto 103 está siendo construido mediante un aparato dispensador que comprende una tolva de polvo 125, un dispositivo de medida 127 y un limpiador 126. Por ejemplo, el dispositivo de medida 127 puede ser según se describe en el documento W02010/007396. Un módulo láser 105 genera un láser para fundir el polvo 104, el láser está dirigido sobre el lecho de polvo 104 según es requerido por el módulo óptico 106 bajo el control de un ordenador 118. El láser entra en la cámara 101 a través de una ventana 107.

10 El ordenador 118 comprende una unidad de procesador 119 y una memoria 120 y una conexión de datos a los módulos del aparato de fusión por láser, tal como el módulo óptico 106, el módulo láser 105 y los motores (no mostrados) que activan el movimiento del aparato de dispensa y construyen el soporte de acumulación 102. El ordenador 118 controla la unidad láser 105, la unidad óptica 106 y el movimiento de la plataforma de acumulación 102 basándose en las instrucciones de escaneo almacenadas en la memoria 120.

15 Hay dispuesta una puerta (no mostrada) en la cámara 101 para retirar de ella el objeto.

20 Una placa de acumulación 108 está montada de manera retirable sobre el soporte de acumulación 102. El soporte de acumulación 102 y la placa de acumulación 108 comprenden las formaciones de montaje complementarias 109 y 110, respectivamente, para situar la placa de acumulación 108 en una posición definida sobre el soporte de acumulación 102. En esta realización, las formaciones de montaje 109 y 110 forman un montaje cinemático. En particular, la placa de acumulación 108 comprende tres bolas separadas 110a, 110b y 110c dispuestas para estar aplicadas a las hendiduras complementarias del soporte de acumulación 102, cada una formada por un par de cilindros paralelos 109a, 109b y 109c. La aplicación de las bolas a las hendiduras restringe la posición de la placa de acumulación 108 en seis grados de libertad.

25 Los imanes 111, 112 están dispuestos en la placa de acumulación 108 y en el soporte de acumulación 102 de tal manera que la placa de acumulación 108 es impulsada hacia el soporte de acumulación por las fuerzas de atracción de los imanes 111, 112.

30 A continuación se describe el método de la invención haciendo referencia a las figuras 3 a 7. Una placa de acumulación 108 está montada sobre la placa de soporte 102 de manera que las formaciones de montaje 109, 110 están aplicadas para situar la placa de acumulación 108 en una posición definida respecto al soporte de acumulación 102. La orientación del soporte de acumulación 102 puede ser ajustada para asegurar que la superficie de la placa de acumulación 108 sea paralela a un plano en el que se esparce el polvo a lo ancho de la placa de acumulación 108. Alternativamente, el limpiador puede ser ajustado de tal manera que el limpiaparabrisas es paralelo a un plano de la placa de acumulación 108.

35 Un accesorio 200 está construido sobre la placa de acumulación 108 usando una fabricación aditiva basada en un modelo geométrico 700 del accesorio. El accesorio 200 comprende una hendidura 203 para recibir una parte, un álabe en esta realización, y medios para asegurar la parte en el accesorio en forma de orificios roscados 202a, 202b, 202c dispuestos para recibir pernos.

40 Una vez que el accesorio 200 está formado, el polvo es retirado de la placa de acumulación 108 y la parte 300 es montada en el accesorio 200 dentro de la máquina de fabricación aditiva. En el caso de la reparación de una parte, tal como el álabe 300 que se muestra en los dibujos, el álabe 300 puede ser mecanizado en primer lugar en una forma apropiada para su reparación. Por ejemplo, la parte puede ser modificada por el mecanizado de descarga eléctrica por cable (EDM), para proporcionar una superficie superior recta de la parte 300 para ser alineada con el plano de las capas de material formado usando el limpiador cuando está montado en el accesorio 200. El mecanizado puede ser realizado dentro del aparato de fabricación aditiva, con la placa de montaje restante montada en la posición definida. Alternativamente, la placa de acumulación 108 puede ser retirada del aparato de fabricación aditiva para el mecanizado y/o medida de la parte 300, las formaciones cinemáticas de montaje 109, 110 permiten que la placa de acumulación 108 vuelva a ser montada en el soporte de acumulación 102 para situar la placa de acumulación 108 sustancialmente en la misma posición sobre el soporte de acumulación en el que fue formado el accesorio 200.

45
50
55
60
65

- 5 La parte 300 y el accesorio 200 son medidos usando una sonda de medida 400, tal como un disparador táctil o una sonda de contacto de barrido. La sonda puede estar montada en una cabeza articulada, tal como una cabeza REVO de 5 ejes, como la que comercializa Renshaw plc, y/o la máquina de medida de coordenadas (CMM) para mover la sonda 300 alrededor de la parte y el accesorio 200. Una nube de puntos de medida 500 es obtenida (véase la Figura 5) y un modelo 600 de CAD de la parte y del accesorio es producido a partir de los puntos 500 de medida y del modelo 700 de CAD del accesorio preexistente. Se puede lograr una alineación del modelo de la parte con el modelo de accesorio a partir de los datos de medidas de los puntos de referencia del accesorio 200.
- 10 El modelo 600 de CAD combinado del accesorio y la parte son posteriormente incorporados al software para determinar un camino de escaneo para el rayo láser del aparato de fabricación aditiva que va a reparar la parte. Por ejemplo, el modelo determinado a partir de los datos medidos puede ser comparado con un modelo ideal/nominal de la parte para determinar las porciones de la parte que deben ser construidas/reconstruidas. Una vez que estas porciones han sido determinadas, al menos estas porciones son seccionadas para determinar las capas a ser formadas con el tratamiento de fabricación aditiva y se determinan los caminos de escaneo para cada capa.
- 15 La parte montada en el accesorio se encuentra en el aparato de fabricación aditiva. El soporte de acumulación 102 es bajado de manera que la superficie superior recta de la parte esté nivelada con la parte superior del volumen de acumulación 116. El polvo es vertido dentro del volumen de acumulación 116 para llenar el volumen de acumulación. El aparato de fabricación aditiva se activa a continuación para consolidar el material en la parte basada en los caminos de escaneo determinados.
- 20 Con este método, el accesorio acrecido en el aparato de fabricación aditiva proporciona un medio para alinear la parte con una orientación conocida dentro del aparato. Por consiguiente, siempre que las posiciones relativas entre la parte 300 y el accesorio 200 sean conocidas, se puede consolidar material sobre la parte según se desee. Si la parte ha sido situada dentro del aparato de fabricación aditiva mediante un accesorio no fabricado usando el aparato, se debe llevar a cabo un tratamiento de alineación por separado para determinar la situación de la parte respecto a un sistema de coordenadas del módulo óptico que dirige el rayo láser. Tal tratamiento de alineación sería complejo y requeriría mucho tiempo. Además, si se deben reparar/modificar varias partes en una sola acumulación, se requieren múltiples accesorios. Si tiene que llevarse a cabo un tratamiento de alineación, tiene que realizarse en cada parte por separado. Al llevar a cabo el método de la invención, se pueden acrecer múltiples accesorios en una sola placa de acumulación, de manera que se pueden reparar/modificar múltiples partes con una sola acumulación.
- 25 Se pueden realizar las modificaciones y alteraciones de la realización descrita anteriormente sin apartarse de la invención según se define en la memoria presente. Por ejemplo, el accesorio puede estar dispuesto para asegurar la parte en una posición conocida respecto al accesorio. Con tal disposición, puede que no sea necesario medir el accesorio y la parte para determinar sus posiciones relativas.
- 30 La parte puede ser mecanizada de tal manera que la parte mecanizada tenga una forma conocida. Por consiguiente, puede que no sea necesario comparar una forma medida de la parte mecanizada con una forma nominal para identificar las diferencias, ya que la parte que necesita ser construida ha sido predeterminada en el paso de mecanizado. Por tanto, se puede determinar un camino de escaneo para reparar/modificar la parte a partir del modelo nominal de la parte y basarse en una situación conocida del modelo hasta donde ha sido mecanizada la parte.
- 35 En otra realización, el accesorio puede ser fabricado con características de montaje cinemáticas para permitir que la parte sea montada en el accesorio en una posición repetible.
- 40 El accesorio puede ser construido con un material diferente a la parte, por ejemplo, para permitir los diferentes requisitos del accesorio y de la parte.
- 45 El accesorio y/o la parte pueden ser fabricados con características que pueden ser ópticamente reconocidas de tal manera que la situación de la parte respecto al accesorio puede ser determinada a partir de la situación de estas características ópticamente reconocibles. Por ejemplo, el aparato de fabricación aditiva puede comprender una o más cámaras para obtener imágenes del accesorio y la parte, de la situación del dispositivo y de la parte determinable a partir de las imágenes.
- 50
- 55

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para fabricar o reparar una parte (300) comprendiendo construir un accesorio (200) para retener la parte (300) usando un aparato de fabricación aditiva, en donde el material es consolidado usando un haz de energía, el accesorio (200) es construido sobre una placa de acumulación (108) retenida en una posición fija dentro del aparato de fabricación aditiva, después de construir el accesorio (200), retirando la placa de acumulación (108) con el accesorio (200) fijado del aparato de fabricación aditiva, montando la parte (300) en el accesorio (200), realizando un tratamiento en la parte (300) y/o en el accesorio (200) con la parte (300) montada en el accesorio (200) después de retirar la placa de acumulación (108) del aparato de fabricación aditiva, y volver a montar la placa de acumulación (108), con el accesorio (200) y la parte (300) fijada, en la posición definida dentro del aparato de fabricación aditiva para consolidar el material sobre la parte (300) y causar que el aparato de fabricación aditiva consolide el material sobre la parte (300) cuando la placa de acumulación (108), con el accesorio (200) y la parte (300) fijada a él, está retenida en la posición definida, en donde la placa de acumulación (108) comprende formaciones de montaje (110a, 110b, 110c) complementarias a las formaciones de montaje (109a, 109b, 109c) situadas en una cámara de acumulación (101) del aparato de fabricación aditiva para formar un montaje cinemático que permite el montaje de la placa de acumulación (108) en una posición repetible dentro de la cámara de acumulación (101), en donde el montaje y el remontaje de la placa de acumulación (108) en la posición definida comprende acoplar las formaciones de montaje complementarias (110a, 110b, 110c, 109a, 109b, 109c).
- 10 2. Un método según la reivindicación 1, comprendiendo medir la parte (300) y el accesorio (200), cuando la parte (300) está montada en el accesorio (200), para determinar una posición de la parte (300) respecto al accesorio (200), determinando un camino de escaneo para el haz de energía desde la posición de la parte (300) respecto al accesorio (200) y dirigir el haz de energía a lo largo del camino de escaneo determinado para consolidar el material sobre la parte (300), en donde la medida de la parte (300) y del accesorio (200) pueden ser realizadas dentro del aparato de fabricación aditiva.
- 15 3. Método según la reivindicación 1, en donde el tratamiento comprende mecanizar la parte (300).
- 20 4. Un método según la reivindicación 1, en donde el tratamiento comprende medir la parte (300).
- 25 5. Un método según la reivindicación 4, comprendiendo comparar los datos medidos de la parte (300) con un modelo de parte nominal y el camino de escaneo es determinado para consolidar el material basándose en las diferencias entre los datos medidos y el modelo de parte nominal.
- 30 6. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el método es realizado simultáneamente sobre una pluralidad de partes dentro de un único aparato de fabricación aditiva.
- 35 7. Un aparato de fabricación aditiva para formar un objeto tridimensional capa por capa comprendiendo un soporte de acumulación (102) sobre el que se puede montar una placa de acumulación retirable (108), un dispensador de material (125, 126, 127) para formar material en capas a lo ancho de la placa de acumulación retirable (108) cuando está montado en el soporte de acumulación (102) y un módulo óptico (106) para dirigir un haz de energía sobre capas de material formado en la placa de acumulación retirable (108), en donde el soporte de acumulación (102) comprende formaciones de montaje (109a, 109b, 109c) que pueden cooperar con formaciones de montaje (110a, 110b, 110c) sobre la placa de acumulación (108), **caracterizado por que** las formaciones de montaje (109a y 110a, 109b y 110b, 109c y 110c) forman un montaje cinemático de manera que la placa de acumulación (108) puede ser montada en una posición repetible sobre el soporte de acumulación (102) y la montura cinemática restringe la posición de la placa de acumulación en seis grados de libertad.
- 40 8. Un aparato de fabricación aditiva según la reivindicación 7, en donde las formaciones de montaje (109a, 109b, 109c, 110a, 110b, 110c) en el soporte de acumulación (102) y en la placa de acumulación (108) que forman el montaje cinemático son tres pares de formaciones complementarias (109a y 110a, 109b y 110b, 109c y 110c).
- 45 50

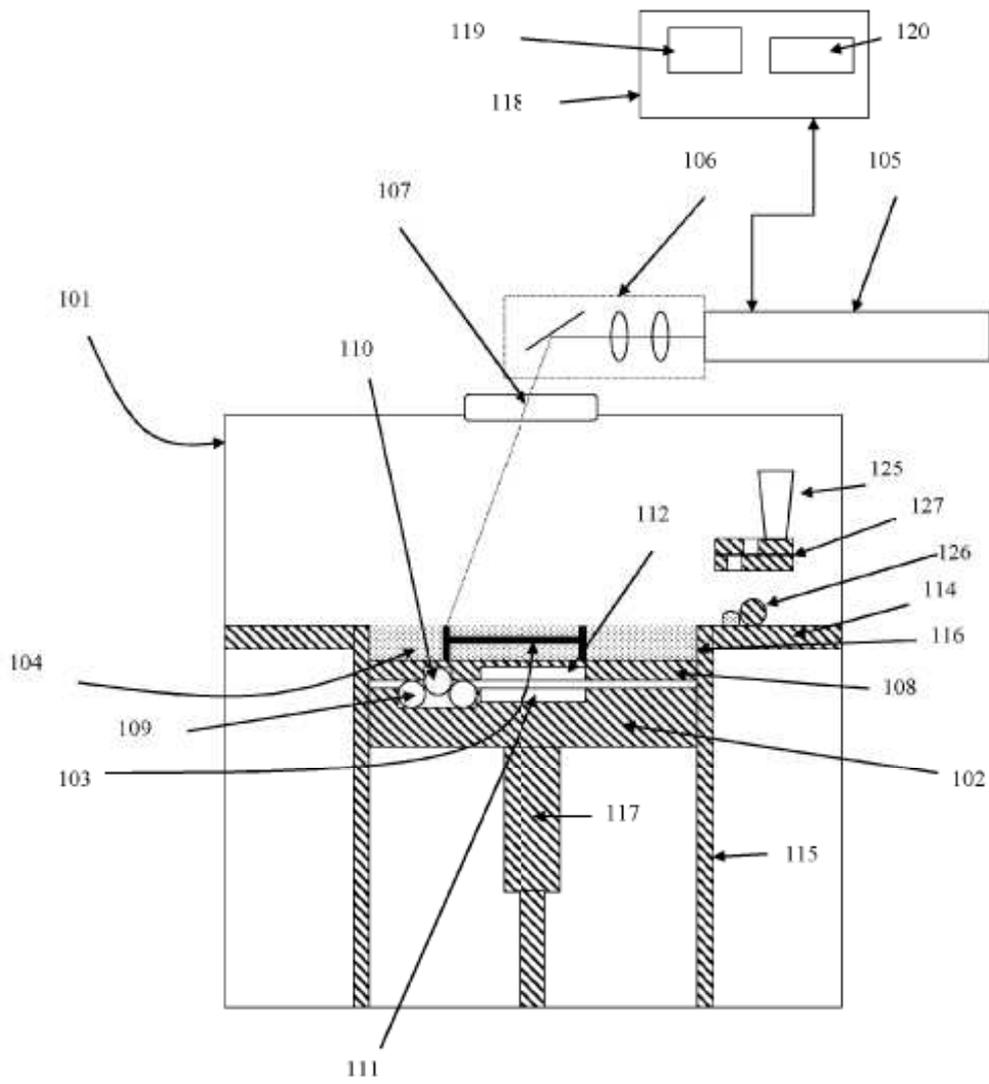


Fig. 1

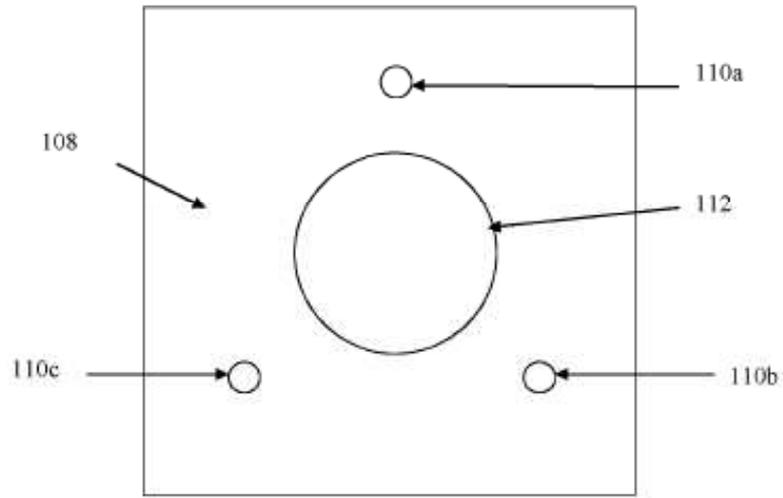


Fig. 2a

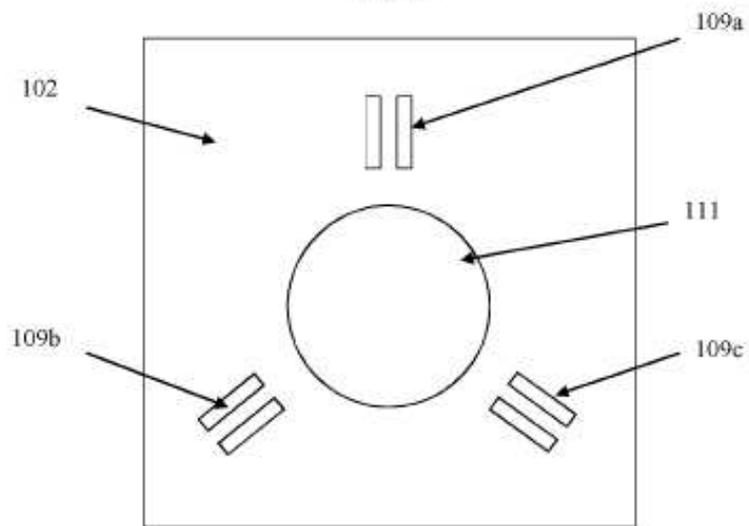
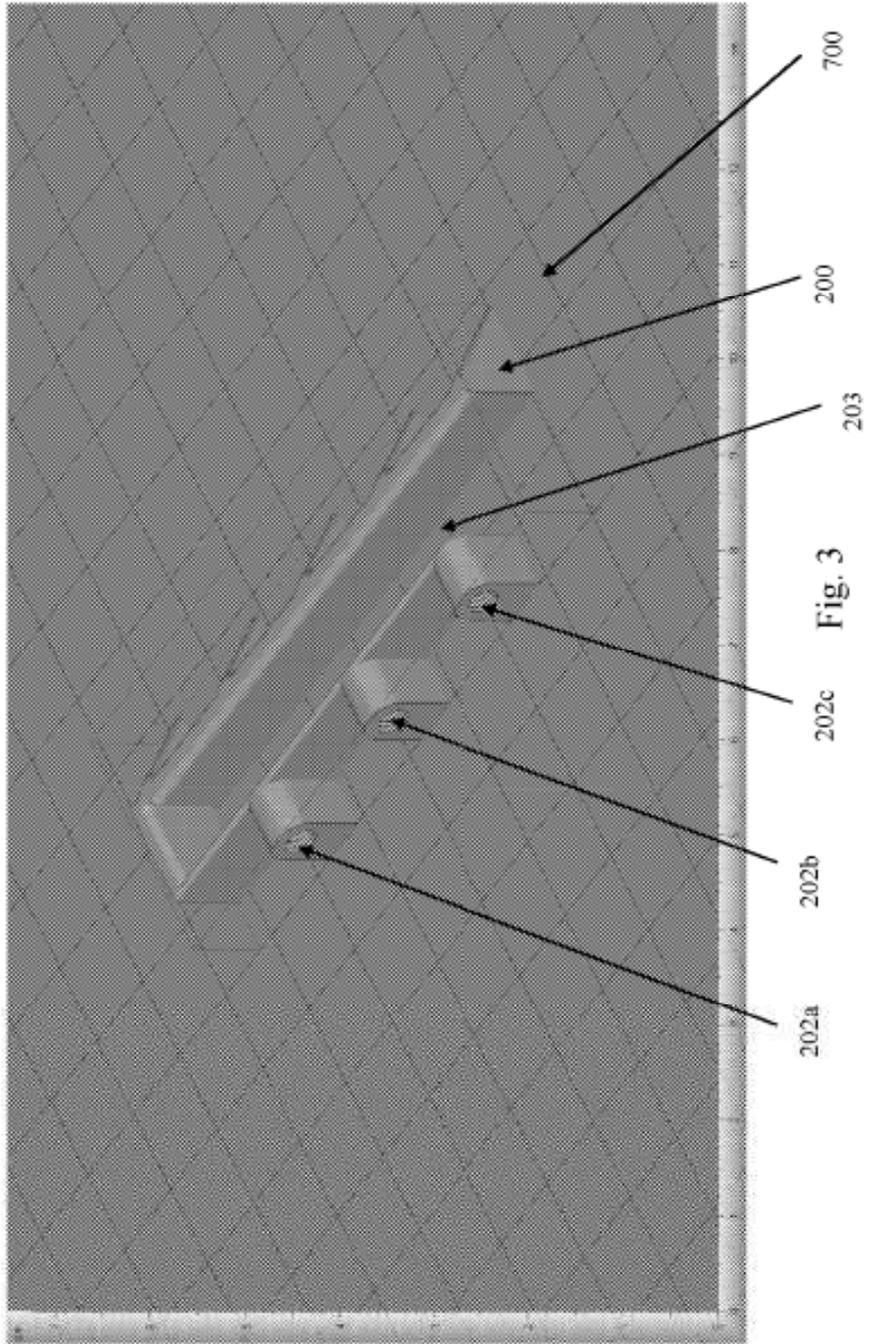
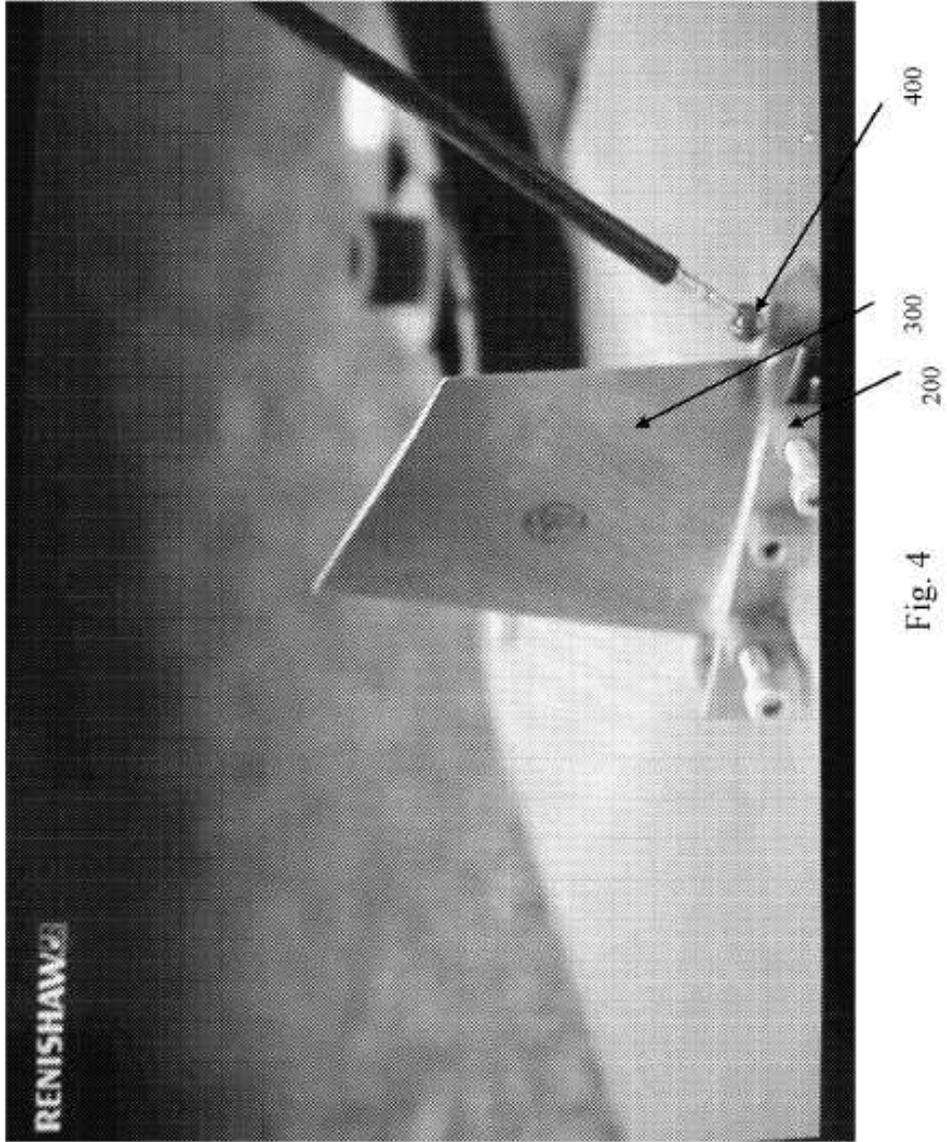


Fig. 2b





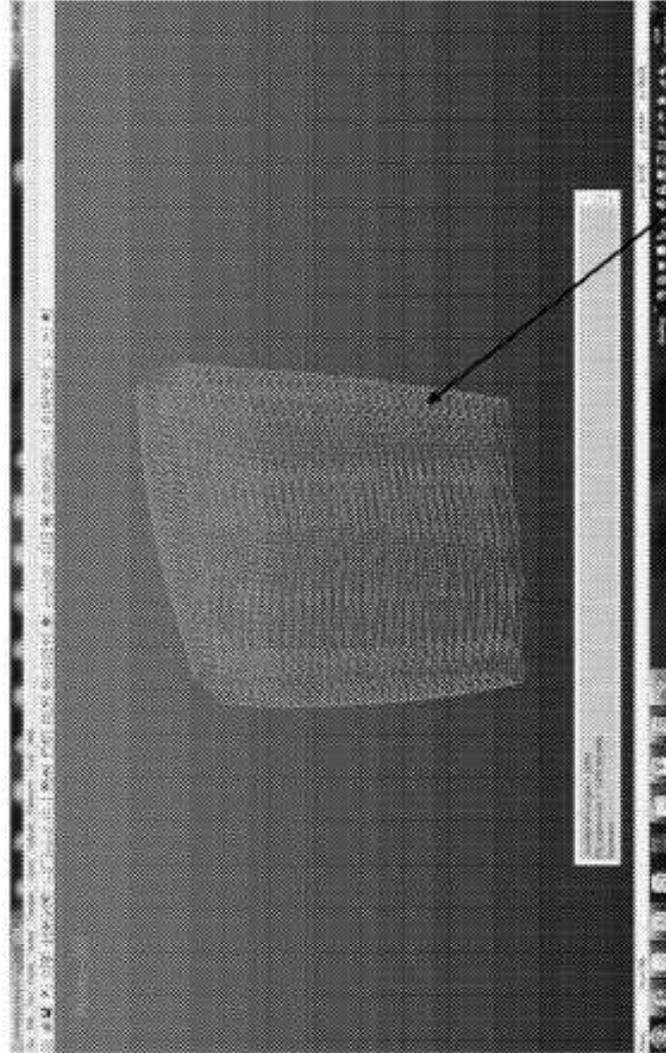


Fig. 5

500

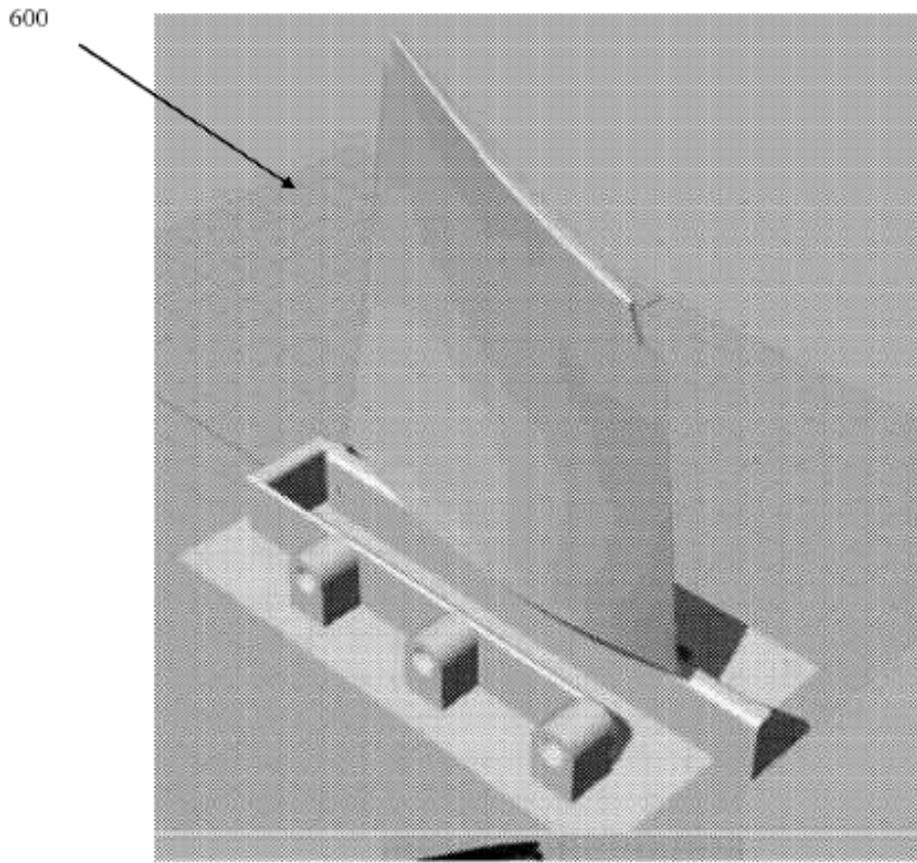


Fig. 6

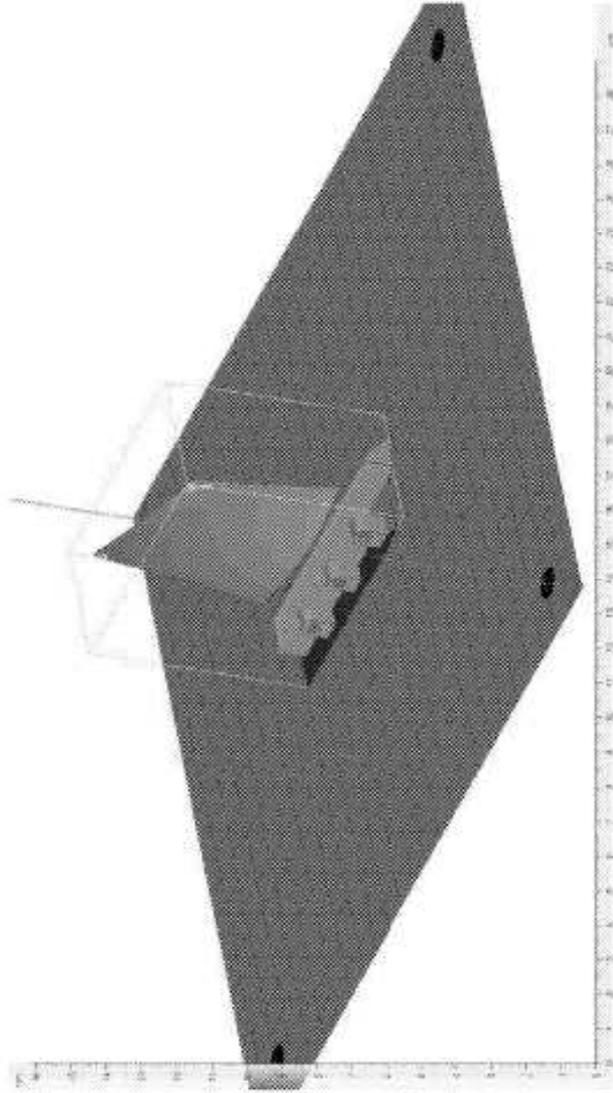


Fig. 7