

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 079**

51 Int. Cl.:

B23K 9/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.08.2010 PCT/NO2010/000303**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.02.2011 WO11019287**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.08.2010 E 10747087 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.03.2017 EP 2464487**

54 Título: **Reactor para la producción de un objeto de un material soldable, a saber, titanio**

30 Prioridad:

14.08.2009 GB 0914301

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

26.07.2017

73 Titular/es:

**NORSK TITANIUM AS (100.0%)
Sommerrogaten 13-15
0255 Oslo, NO**

72 Inventor/es:

GULDBERG, SIGRID

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 627 079 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

Reactor para la producción de un objeto de un material soldable, a saber, titanio

Esta invención se refiere a un reactor para fabricar objetos mediante una fabricación de forma libre sólida, especialmente titanio y objetos de aleación de titanio, véase la reivindicación 1.

5 Antecedentes

Las partes de metal estructuradas hechas de titanio o aleaciones de titanio son realizadas normalmente mediante fundición, forja o mecanizado a partir de un tocho. Estas técnicas tienen una desventaja de una elevada utilización de material de un metal caro como el titanio y grandes plazos de fabricación.

10 Los objetos físicos totalmente densos pueden realizarse mediante una tecnología de fabricación conocida como prototipado rápido, fabricación rápida, fabricación en capas o fabricación aditiva. Esta técnica emplea software de diseño asistido por ordenador (CAD) para construir en primer lugar un modelo virtual del objeto que se va a fabricar, y después transformar el modelo virtual en láminas o capas paralelas delgadas, usualmente orientadas horizontalmente. El objeto físico puede entonces realizarse disponiendo sucesivas capas de material en bruto en forma de una pasta líquida, de polvo, o de un material laminado adoptando la forma de las capas virtuales hasta que se forma el objeto completo. Las capas son fundidas entre sí para formar un objeto denso sólido. En caso de depositar materiales sólidos que están fundidos o soldados entre sí, la técnica también es denominada como fabricación de forma libre sólida.

15 La fabricación de forma libre sólida es una técnica flexible que permite la creación de objetos de casi cualquier forma y a velocidades de producción relativamente rápidas, variando normalmente desde algunas horas a varios días para cada objeto. La técnica es entonces adecuada para la formación de prototipos y series de producción pequeñas, pero menos adecuada para una producción de gran volumen.

Estado de la técnica anterior

25 La técnica de la fabricación en capas puede extenderse a incluir la deposición de piezas del material de construcción, es decir, cada capa estructural del modelo virtual del objeto es dividido en un conjunto de piezas que pueden disponerse unas al lado de las otras formando la capa. Esto permite la formación de objetos metálicos soldando un alambre sobre un sustrato en sucesivas bandas que forman cada capa de acuerdo con el modelo en capas virtual del objeto, y repitiendo el proceso para cada capa hasta que se forma el objeto físico completo. La precisión de la técnica de soldado es normalmente demasiado vasta como para permitir que se forme directamente el objeto con dimensiones aceptables, el objeto formado por tanto será considerado normalmente como un objeto verde o preformado que necesita ser mecanizado a una precisión dimensional aceptable.

30 Tamiger y Hafley [1] da a conocer un método y dispositivo para fabricar partes metálicas estructurales directamente a partir de datos de diseño asistido por ordenador combinado con una fabricación de forma libre mediante haz de electrones (EBF). La parte estructural es construida soldando en sucesivas capas un alambre de soldadura metálico que es soldado por la energía calorífica proporcionada por el haz de electrones. El proceso es mostrado de forma esquemática en la figura 1, que es una copia de la figura 1 de [1]. El proceso EBF supone un suministro de un alambre de metal en un baño de fusión hecho y mantenido mediante un haz de electrones enfocado en un entorno de vacío elevado. El posicionamiento del haz de electrones y del alambre de soldadura es obtenido teniendo el disparador de haz de electrones y el sistema de posicionamiento (el sustrato de apoyo) articulado de forma móvil a lo largo de uno o más ejes (X, Y, Z, y rotación) y regulando la posición del disparador de haz de electrones y el sustrato de soporte mediante un sistema de control del movimiento de cuatro ejes. El proceso es reivindicado para ser cerca de un 100% eficiente en el uso de material y un 95% efectivo en el consumo de energía. El método puede ser empleado tanto para deposición de metal a granel como de posiciones detalladas más finas, y el método de reivindicado para tener un efecto significativo en la reducción del plazo y un menor material y costes de mecanizado en comparación con los enfoques convencionales de mecanizado de partes metálicas.

45 La tecnología de haz de electrones tiene una desventaja de ser dependiente de un vacío elevado de 10^{-1} Pa o menos en la cámara de deposición. Esto se puede evitar Sustituyendo el punto de calentamiento por el haz de electrones enfocado mediante un arco transferido por plasma. En este caso, la formación del baño de fusión local es obtenida mediante calor creando un arco de descarga entre dos electrodos inertes y que está dirigido al punto de fusión mediante una corriente enfocada de un gas que forma un plasma inerte. Este proceso puede ser aplicado fácilmente a presiones atmosféricas por lo tanto permite un equipo de proceso más simple y menos costoso. Un ejemplo de esta tecnología es dada a conocer en los documentos US 7 326 377 y US 2006/185473. Esta tecnología algunas veces es denominada fabricación de forma libre sólida por arco transferido por plasma (PTA-SFFF).

55 El documento US 2006/185473 da a conocer un método en el que un haz de plasma de alta energía tal como un soplete de soldadura en lugar de un láser muy caro utilizado tradicionalmente en un proceso de fabricación de forma libre sólida (SFFF), con un coste relativamente bajo de material de suministro de titanio combinando el suministro de

5 titanio y los componentes de aleación de una manera que reduce de forma considerable el coste de las materias primas. De forma más particular, en un aspecto, la presente invención emplea alambre de titanio puro (CP Ti) que tiene un coste menor que el alambre de aleación, y que combina el alambre CP Ti con componentes de aleación en polvo, in situ, en el proceso SFFF combinando el alambre de CP Ti y los componentes de aleación en polvo en la fundición del soplete de soldadura u otro haz de energía de alta potencia. En otro modo de realización, la invención emplea materiales esponjosos de titanio mezclados con elementos de aleación y formados en un alambre el cual puede ser utilizado en un proceso SFFF en combinación con un soplete de soldadura de plasma u otro haz de energía de alta potencia para producir componentes de titanio conformado casi netos. El proceso de acuerdo con el documento US 2006/185473 es dibujado de forma esquemática en la figura 2, la cual es una copia de la figura 1 de este documento.

10 El metal de titanio o las aleaciones de titanio calentadas por encima de 400 °C pueden estar sujetos a Oxidación tras el contacto con oxígeno. Es por tanto necesario proteger el objeto soldado y calentado, que está siendo formado mediante una fabricación en capas, contra el oxígeno en la atmósfera ambiente. El documento WO 2009/068843 da a conocer una protección de gas inerte para soldadura que produce un flujo de salida uniforme de gas inerte protector. Disponiendo la protección anterior por encima del objeto que necesita ser protegido, el flujo uniforme de gas inerte desplazará la atmósfera ambiente sin crear vórtices que pueden arrastrar oxígeno ambiente que contiene gas. La protección es formada como una caja hueca en cuyo interior entra el gas inerte y se permite que escape del interior de la caja a través de un conjunto de aberturas estrechas hechas en una pared de la caja.

15 Del documento EP 1 245 322 es conocido un método para formar un cuerpo por deposición de un material fundido que comprende proporcionar un cabezal (12) de soldadura, y disponer medios (34) de soporte para soportar el cuerpo. El cabezal (12) de soldadura y los medios (34) de soporte están conectados a un suministro de electricidad para formar un arco entre el cabezal (12) de soldadura y los medios (34) de soporte para derretir el material fundido. El cabezal (12) de soldadura y los medios (34) de soportes son manipulados uno con respecto a otro para depositar el material fundido y formar un miembro portador del cuerpo. El miembro portador está formado para transportar un miembro saliente. El miembro portador tiene una primera porción (52) de un primer espesor predeterminado y una segunda porción (54) de un segundo espesor predeterminado, siendo el segundo espesor predeterminado mayor que el primer espesor predeterminado. Un miembro saliente está previsto en la primera porción. El saliente puede estar formado manipulando los medios (34) de soporte y el cabezal (12) de soldadura uno con respecto al otro para depositar el material fundido en la segunda porción (54) del miembro portador y formar el miembro saliente.

20 Del documento US 4 328 257, el cual es considerado que representa el estado de la técnica más relevante, es conocido como un método para depositar recubrimientos protectores uniformes sobre componentes con una unión de alta resistencia utilizando una corriente de plasma supersónico y un sistema de arco transferido temporal y reversible de forma selectiva. Manteniendo la velocidad de la corriente de plasma a número Mach lo suficientemente alto, y utilizando temperaturas de corriente y presiones estáticas que establezcan un patrón de choque característico que difunda el arco, la pieza de trabajo se hace catódica con respecto al disparador de plasma en intervalos predeterminados. Esto crea un efecto de pulverización en el cual los electrones y los átomos son expulsados desde la pieza de trabajo a pesar del flujo de plasma que impacta y del nivel de presión ambiente. Esta acción de pulverización es llevada a cabo para limpiar la pieza de trabajo una vez que se ha calentado de forma suficiente para provocar el entrecruzamiento de las moléculas del material de sustrato con las moléculas de un polvo de deposición inyectado en el flujo de plasma. Esta deposición de preparación, junto con la superficie de la pieza de trabajo limpia, permite una acumulación posterior de material unido de una forma sólida y de alta uniformidad.

Objetivo de la invención

El objetivo principal de la invención es proporcionar un reactor para una fabricación en capa rápida de objetos de titanio o de aleaciones de titanio.

45 Descripción de la invención

La invención se basa en la realización de que haciendo que la cámara de deposición este lo suficientemente vacía de oxígeno, la necesidad de emplear medidas de protección para evitar la oxidación del área nuevamente soldada por el oxígeno atmosférico ambiente, nunca más está presente de manera que el proceso de soldadura puede proceder a una velocidad más grande. Por ejemplo, en la producción de objetos de titanio o aleación de titanio, no hay nunca más necesidad de enfriar la zona fundida por debajo de los 400 °C para evitar la oxidación.

Por tanto, en un primer aspecto, la invención se refiere a un reactor para la producción de un objeto de un material soldable mediante fabricación de forma libre sólida, en donde el reactor comprende:

- 55 - una cámara (1) de reactor que está cerrada a la atmósfera ambiente, en donde el reactor es llenado de argón como gas inerte,
- un actuador (2) que controla la posición y el movimiento de un sustrato (3) de soporte situado dentro de la cámara del reactor,

- un actuador (4) que controla la posición y el movimiento de un soplete (5) de soldadura por arco transferido por plasma de alta energía, con un alimentador de alambre,
- 5 - un sistema de control capaz de leer un modelo en capas sectorizado tridimensional virtual del objeto que se va a formar y emplear el modelo virtual para controlar la posición y movimiento de los actuadores (2, 4), un accionamiento del soplete (5) de soldadura y del alimentador de alambre de tal manera que se constituya un objeto físico soldando una estructura en capas de piezas casi unidimensionales del material soldable sobre la estructura de soporte, de acuerdo con el modelo en capas sectorizado tridimensional virtual del objeto que va a ser formado, en donde
- 10 - todos los elementos (6) de pared adyacente de las paredes de la cámara del reactor están unidos con un ángulo obtuso (mayor de 90°),
- el actuador (2) se extiende por debajo de la cámara de reactor y sobresale en la cámara del reactor a través de una
- 15 abertura (7) en la pared de la cámara del reactor sujetando el sustrato (3) de soporte dentro de la cámara del reactor,
- la abertura (7) está sellada por al menos una membrana (8) elástica impermeable a los gases que está fijada hermética a los gases a la pared del reactor en la abertura (7) y al actuador (2),
- 20 - el actuador (4) se extiende desde el exterior de la cámara del reactor y sobresale dentro de la cámara del reactor a través de una abertura (9) de la pared de la cámara del reactor que sujeta al soplete (5) de soldadura por arco transferido por plasma de alta energía con el alimentador de alambre del material soldable dentro de la cámara del reactor,
- 25 -la abertura (9) está sellada por al menos una membrana (10) elástica impermeable a los gases que está fijada de forma hermética a los gases a la pared del reactor de la abertura (9) y al actuador (4),
- el reactor está equipado con al menos una entrada (11) de gas que se puede cerrar situada en la parte inferior de
- 30 la cámara del reactor y al menos una salida (12) de gas que se puede cerrar situada en la parte superior de la cámara del reactor,
- donde la entrada (11) de gas está equipada con medios para regular la presión de argón a aproximadamente 100
- 35 Pa por encima de la presión atmosférica ambiente, y
- el reactor está equipado con medios para medir el contenido de oxígeno de la atmósfera inerte dentro de la cámara del reactor, y medios para realizar la descarga de la cámara con gas inerte fresco en caso de que la concentración de oxígeno se eleve por encima de un valor máximo preestablecido.
- 40 El término (pared de la cámara del reactor) tal y como se utiliza en el presente documento incluye todos los lados del compartimento cerrado que constituyen la cámara del reactor incluyendo el suelo y el techo a menos que se especifique lo contrario. El término "parte inferior de la cámara del reactor" tal y como se utiliza en el presente documento significa alguna localización en el nivel inferior (cercano al suelo) de la cámara del reactor, mientras que el término "parte superior de la cámara del reactor" tal y como se utiliza en el presente documento significa alguna localización en el nivel superior (cercano al techo) de la cámara del reactor.
- 45 La característica de unir los elementos de pared que constituyen las paredes de la cámara del reactor con un ángulo obtuso combinado con al menos una entrada de gas que se puede cerrar en la parte inferior de la cámara y al menos una salida de gas que se puede cerrar en la parte superior de la cámara del reactor, proporciona la habilidad de sustituir la atmósfera dentro de la cámara con gas argón puro inerte, helio o una mezcla de gas de Ar-He de una manera simple y efectiva que elimina, prácticamente, los vórtices y las zonas de flujo de retorno que arrastran
- 50 remanentes del oxígeno que contiene el gas que se va a sustituir. Esta característica puede, por tanto, ser considerada como un medio para el llenado efectivo de la cámara del reactor con gas inerte. Por tanto el término "el nivel más alto" tal y como se utiliza en el presente documento significa la parte más alta de la cámara del reactor con respecto al campo gravitacional, y el término "el nivel más bajo" es la parte más baja de la cámara del reactor con respecto al campo gravitacional.
- 55 El efecto del ángulo obtuso entre elementos de pared adyacentes aumenta el ángulo mayor que se está utilizando. Sin embargo, el tamaño del compartimento del reactor aumentará con el ángulo aumentado. Por tanto en la práctica es necesario encontrar un equilibrio entre la necesidad de evitar bordes afilados dentro de la cámara y el tamaño de la cámara. Por tanto el ángulo obtuso debería estar en la práctica entre 95 y 130°, de forma más adecuada entre 100 y 120°.
- 60 La característica de situar las partes principales de los actuadores que controlan la posición y el movimiento del sustrato de soporte y del soplete de soldadura (incluyendo el alimentador de alambre) en el exterior de la cámara del reactor es para reducir la posibilidad de formar zonas de flujo de retorno o vórtices que forman zonas alrededor del

equipo de producción dentro de la cámara del reactor a un nivel tan bajo como sea posible, y por tanto ayudar al proceso de descarga del oxígeno en la cámara del reactor antes de iniciar la fabricación de forma libre sólida del objeto. La descarga de la cámara es aliviada disponiendo cables eléctricos, tubos, etc. que pasan a través de las paredes del reactor a una distancia unos de otros de al menos 5 mm.

5 La junta hermética a los gases elástica de las aberturas en la cámara del reactor puede obtenerse empleando una o más capas de goma elástica impermeable a los gases. La hoja(s) de goma puede ser fijada utilizando marcos de sujeción que están fijados a la pared del reactor y anillos de enganche fijados al brazo del actuador que sobresale a través de la abertura de la cámara del reactor. De esta manera, se da la posibilidad de moverse bastante libremente los brazos del actuador con respecto a la pared del reactor y aun así obtener un cierre hermético a los gases de la
10 abertura en la pared del reactor mediante la goma elástica impermeable a los gases.

La protección de oxígeno de la cámara del reactor puede aumentarse insertando argón suficiente para tener una presión ligeramente elevada dentro de la cámara del reactor en comparación con la atmósfera ambiente, tal como por ejemplo alrededor de 100 Pa por encima de la atmósfera ambiente. La cámara del reactor también puede estar equipada con un instrumento de medida para monitorizar uno o más de los contenidos de oxígeno, nitrógeno y otros
15 gases en la atmósfera inerte dentro de la cámara, y por tanto para permitir la descarga en el caso eventual de unos niveles de oxígeno nitrógeno etcétera inaceptables en la cámara del reactor antes de alcanzar niveles dañinos para el objeto de metal que se está fabricando.

La cámara del reactor de acuerdo con el primer aspecto de la invención puede ser llenada fácilmente con argón u otra atmósfera inerte para obtener una atmósfera dentro de la cámara con una concentración de oxígeno de 50 ppm o menos. En dichos niveles de oxígeno bajos, no hay un riesgo significativo de una oxidación inaceptable del objeto que está siendo formado, de manera que el proceso de soldadura puede discurrir a una temperatura elevada en comparación con los métodos de fabricación de forma libre sólida del estado de la técnica anterior. La temperatura del objeto puede incrementarse al punto de reblandecimiento. En el caso de emplear titanio o aleación de titanio, la temperatura del metal puede ser tan alta como 800 °C o más durante la fabricación en capas del objeto. Esta característica por lo tanto reducirá, de forma significativa, el tiempo requerido para enfriar la trama formada nuevamente antes de proceder con el proceso de soldadura en comparación con el estado de la técnica anterior que requiere temperaturas por debajo de los 400 °C.
20
25

Mediante el uso de una cámara de reactor de acuerdo con el primer aspecto de la invención, se observa que el aire dentro de la cámara puede ser completamente descargado insertando gas argón de una manera fácil estable en condiciones de flujo proporcionando un flujo laminar a través de las entradas de gas en la parte inferior de la cámara insertando sólo la misma cantidad de gas inerte que el volumen de la cámara y aun así obteniendo un contenido de oxígeno en la atmósfera de argón inerte de aproximadamente 20 ppm de oxígeno. Por tanto no es necesario formar un sobre flujo durante el llenado de argón; es suficiente sólo con empujar suavemente el aire y detener el llenado de gas inerte y cerrar la salida de gas inerte en la parte superior de la cámara tan pronto como todo el aire es expulsado. Esto da una ventaja de poca necesidad del gas inerte que es costoso. La cámara del reactor puede también incluir un circuito de refrigeración cerrado en el cual el gas inerte es tomado de la cámara, se hace pasar a través de un intercambiador de calor para disminuir su temperatura, y después es insertado en la cámara del reactor en un bucle de reciclado cerrado. Esta característica es ventajosa para evitar el sobrecalentamiento de la cámara del reactor en casos en los que el soplete de soldadura es operado con altas potencias. El soplete de soldadura puede ser operado con efectos de 5-6 kW o más, en dichos casos un espacio de reactor sellado de 1-2 m³ se podría calentar rápidamente a altas temperaturas sin una refrigeración activa de la fase de gas dentro de la cámara.
30
35
40

La invención puede aplicar cualquier sistema de control conocido o concebible para accionar los actuadores, el soplete de soldadura, y el alimentador de alambre. Los actuadores pueden estar equipados de forma ventajosa con un sistema de control del movimiento de cuatro ejes (X, Y, Z y rotación). La invención puede aplicar cualquier soplete de soldadura conocido o concebible y cualquier sistema alimentador de alambre capaz de realizar la fabricación en capas de objetos metálicos por la técnica conocida como fabricación de forma libre sólida por arco trasferido por plasma (PTA/SFFF). Un ejemplo de dicho equipo es mostrado en la figura 2, que es una copia de la figura 1 del documento US 2006/0185473.
45

Un ejemplo de un método adecuado de producción de objetos de un material soldable mediante una fabricación de forma libre sólida en un reactor de acuerdo con el primer aspecto de la invención es, un método que comprende:

- crear un modelo tridimensional virtual del objeto que se va a formar,
- dividir el modelo tridimensional virtual en un conjunto de capas paralelas virtuales y después dividir cada capa en un conjunto de piezas casi unidimensionales virtuales, formando un modelo en capas de vectorizado virtual del objeto,
- 55 - cargar el modelo capas de vectorizado virtual del objeto en un sistema de control de soldadura capaz de regular la posición y la activación de un sustrato de soporte, un soplete de soldadura por arco trasferido por plasma de alta energía, y un sistema de alimentación de alambre situado en un recipiente de reactor cerrado,

- sustituir la atmósfera dentro del recipiente del reactor cerrado con una atmósfera inerte con una presión de aproximadamente 10^5 Pa y que contiene un máximo de 50 ppm de oxígeno,

- accionar el sistema de control para soldar una serie de piezas casi unidimensionales del material soldable sobre el sustrato de soporte en un patrón de acuerdo con la primera capa del modelo en capas vectorizado virtual del objeto,

5 - formar la segunda capa del objeto soldando una serie de piezas casi unidimensionales del material soldable sobre la capa depositada anterior en un patrón de acuerdo con la segunda capa del modelo en capas vectorizado virtual del objeto, y

- repetir el proceso de soldadura capa por capa para cada capa sucesiva del modelo en capas vectorizado virtual del objeto hasta que se forme el objeto completo.

10 El término “modelo en capas vectorizado virtual del objeto” tal y como se utiliza en el presente documento significa una representación computerizada tridimensional del objeto que va a ser formado, donde el objeto es dividido en un conjunto de capas paralelas y donde cada capa es dividida en un conjunto de piezas casi unidimensionales. El término “piezas casi unidimensionales” tal y como se utiliza en el presente documento significa piezas similares a una varilla longitudinales de material de soldadura que cuando se disponen unas al lado de las otras en un patrón específico de acuerdo con el modelo vectorizado formarán el objeto que va a ser formado. Las piezas similares a una
15 varilla pueden ser dobladas (curvadas) o lineales. El modelo en capas vectorizado virtual puede ser transformado a un objeto físico soldando piezas juntas de un alambre de soldadura correspondiente a cada pieza casi unidimensional virtual del modelo en capas vectorizado virtual.

20 El modelo virtual incluye información de las dimensiones y es dado un diseño tridimensional que corresponde al diseño tridimensional del objeto físico que va a ser fabricado. El modelo en capas vectorizado virtual puede entonces aplicarse a una plantilla para la construcción física del objeto. Es decir, el modelo virtual es transformado en instrucciones de construcción ejecutadas por el sistema de control del equipo de fabricación de forma libre sólida de tal manera que el objeto físico está siendo fabricado fragmentado por soldadura de un alambre sobre un sustrato en bandas sucesivas, donde cada banda soldada corresponde a una pieza del modelo en capas vectorizado virtual. El principio del proceso de fabricación es mostrado en la figura 1, la cual muestra la construcción de un objeto metálico soldando una pieza sobre una primera capa mediante una fabricación de forma libre por haz de electrones (EBF). La invención puede aplicar cualquier software conocido o concebible para diseño asistido por ordenador para construir el modelo en capas vectorizado virtual.

25 El método puede ser empleado con cualquier material que es adecuado para la fabricación de forma libre sólida. Este incluye cualquier material soldable o material de aleación y materiales poliméricos. El método es especialmente adecuado para la fabricación de objetos de titanio o aleación de titanio.

30 El gas inerte puede ser cualquier gas químicamente inactivo con respecto al material soldable que se ha utilizado a temperaturas por debajo de la temperatura de reblandecimiento del material. El gas inerte puede ser de forma ventajosa un gas con una densidad más alta que el aire con el fin de aliviar la sustitución del aire dentro de la cámara del reactor con el gas inerte. El argón es un ejemplo de un gas inerte adecuado, pero también se puede incluir helio, una mezcla de gas de Ar-He u otros gases inertes. El problema de la oxidación de, es decir el titanio y la aleación de titanio llega a un problema cuando el gas inerte contiene más de 50 ppm de oxígeno. El nivel de oxígeno puede ser sin embargo, de forma ventajosa, más bajo, tal como aproximadamente 20 ppm de oxígeno.

35 Un problema permanente de la fabricación de forma libre sólida por arco transferido por plasma del estado de la técnica anterior de objetos de titanio o aleación de titanio, es que el metal necesita ser protegido contra el oxígeno en la atmósfera ambiente a temperaturas por encima de aproximadamente 400 °C. Esto lleva a interrupciones regulares en el proceso de soldadura para evitar el sobrecalentamiento de las partes del objeto formado. Empleando una atmósfera en la zona de soldadura con menos de 50 ppm de oxígeno, esta necesidad de intervalos regulares para evitar el sobrecalentamiento se reduce de forma sustancial dado que el objeto puede permitirse que se caliente por encima de 400 °C. La única restricción de temperatura del proceso cuando se emplea una atmósfera con déficit de oxígeno es que la temperatura de la fase del metal depositado debe estar por debajo del punto de reblandecimiento del metal. El término “punto de reblandecimiento” tal y como se utiliza en el presente documento significa la temperatura a la cual el material (es decir el titanio o la aleación de titanio) alcanza un grado particular de reblandecimiento bajo condiciones especificadas de ensayo. El punto de reblandecimiento depende de cuál aleación
40 esté siendo empleada, pero está típicamente por encima de 800° o más cuando se emplea titanio o una aleación de titanio.

Lista de figuras

La figura 1 es una copia de la figura 1 de [1] que muestra una vista esquemática del principio de la fabricación de forma libre sólida.

La figura 2 es una copia de la figura 1 del documento US 2006-01854673 que muestra una vista esquemática del principio de fabricación de forma libre sólida por arco transferido por plasma.

La figura 3 es una vista lateral esquemática del reactor de acuerdo con la invención.

5 La figura 4 es una vista expandida de un modo de realización de los marcos de enganche para sujetar dos capas de membrana hermética a los gases flexible que cierra la abertura en la parte inferior del reactor, de acuerdo con la invención.

Las figuras 5a y 5b son vistas laterales diferentes de otro reactor de acuerdo con la invención.

Ejemplo de modo de realización de la invención

Las características inventivas de la invención son presentadas de forma esquemática en la figura 3.

10 La figura muestra un reactor 1 con un compartimento cerrado interior hecho de un conjunto de elementos 6 de pared. Los elementos 6 de pared están situados de tal manera que no hay bordes afilados, es decir, bordes con paredes anguladas a ángulos de 90° o menos. Todos los ángulos α de las paredes interiores de la cámara del reactor son obtusos (mayores de 90°). Un actuador 2 que controla la posición y el movimiento del sustrato 3 de soporte está situado fuera de la cámara del reactor y sobresale a través de una abertura 7 de tal manera que el sustrato 3 de soporte está situado dentro de la cámara del reactor. La abertura 7 está cerrada mediante una membrana 8 hermética a los gases elástica. Un actuador 4 que controla la posición y movimiento de un soplete 5 de soldadura por arco transferido por plasma de alta energía con un alimentador de alambre para alimentar un alambre de material soldable está situado fuera de la cámara del reactor y sobresale a través de una abertura 9 de tal manera que el soplete 5 de soldadura por arco transferido por plasma de alta energía con el alimentador de alambre está situado dentro de la cámara del reactor. La abertura 9 está cerrada mediante una membrana 10 hermética a los gases elástica. La cámara del reactor está equipada con al menos una entrada 11 de gas que se puede cerrar y al menos una salida 12 de gas que se puede cerrar con el fin de descargar oxígeno que contiene gases en la cámara del reactor y sustituir este gas con un gas inerte.

25 La figura 4 muestra una vista expandida de un marco 7 de enganche que puede ser empleado para sujetar dos capas de una membrana hermética a los gases elástica. Formando dos hojas de la membrana con dimensiones tales que los bordes entran dentro del espacio entre dos de los marcos de enganche, la membrana puede fijarse de forma firme y hermética a la pared 6 de reactor sujetando los enganches a las paredes del reactor de tal manera que son presionados unos contra otros. El brazo 2 actuador que sobresale dentro de la cámara es introducido a través del orificio en el anillo 13 de enganche. Las dimensiones de los anillos 13 están ajustadas para formar un agarre hermético a los gases alrededor del brazo actuador. La membrana hermética a los gases está fijada a los anillos 13 de enganche de la misma manera que los marcos 7 de enganche. La figura también muestra un ejemplo de emplazamiento de las entradas 11 de gas que se pueden cerrar.

35 Las figuras 5a y 5b muestran dos vistas laterales diferentes de un ejemplo de modo de realización del reactor 100. El reactor 100 está constituido de un número de elementos 106 de pared para formar un recinto cerrado. Los elementos de pared pueden estar provistos con una ventana 116 de cristal hermética a los gases para permitir la observación visual del proceso o con una puerta hermética a los gases para permitir la entrada en la cámara antes y después de la formación del objeto. El modo de realización está equipado con un bucle de refrigeración que comprende una salida 102 de gas, una entrada 103 de gas y un intercambiador 101 de calor. De la figura 5a se puede apreciar que la abertura de pared lateral en la que está situada un actuador es cerrada utilizando un marco 109 de enganche que sujeta una membrana 110 de goma elástica (el actuador que entra a través de la membrana no es mostrado para proporcionar claridad). De la figura 5b, se puede apreciar que la abertura inferior es cerrada utilizando un marco 107 de enganche que sujeta una membrana 108 de goma elástica (el actuador que entra a través de la membrana no es mostrado para proporcionar claridad).

Referencia

45 1. Taminger, K. M. y Hafley, r. A., "Electron Beam Freeform Fabrication for Cost Effective Near-Net Shape Manufacturing" 139-OTAN/RTOAVT en fabricación rentable a través del procesamiento de forma neto (Amsterdam, Países Bajos, 2006) (OTAN) p. 9-25 http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20080013538_2008013396.pdf.

REIVINDICACIONES

1. Reactor para producción de un objeto de un material soldable mediante fabricación de forma libre sólida, donde el reactor comprende:

5 - una cámara (1) de reactor que está cerrada a la atmósfera ambiente, donde el reactor es llenado con argón como gas inerte, de manera que la atmósfera de la cámara del reactor tiene una concentración de oxígeno de 50 ppm o menos,

- un actuador (2) que controla la posición y el movimiento de un sustrato (3) de soporte situado dentro de la cámara del reactor,

10 - un actuador (4) que controla la posición y el movimiento de un soplete (5) de soldadura por arco transferido por plasma de alta energía con un alimentador de alambre,

15 - un sistema de control capaz de leer un modelo en capas vectorizado tridimensional virtual del objeto que se va a formar y emplear el modelo virtual para controlar la posición y el movimiento de los actuadores (2, 4), accionar el soplete (5) de soldadura y el alimentador de alambre de manera que se construye un objeto físico soldando una estructura en capas de piezas casi unidimensionales del material soldable sobre la estructura de soporte de acuerdo con el modelo en capas vectorizado tridimensional virtual del objeto que se va a formar,

en donde:

- todos los elementos (6) de pared adyacentes de las paredes de la cámara del reactor están unidos con un ángulo obtuso (mayor de 90°),

20 - el actuador (2) se extiende desde debajo de la cámara del reactor y sobresale en la cámara del reactor a través de una abertura (7) en la pared de la cámara del reactor que sujeta el sustrato (3) de soporte dentro de la cámara del reactor,

- la abertura (7) está sellada por al menos una membrana (8) elástica impermeable a los gases que está fijada hermética a los gases a la pared del reactor de la abertura (7) y al actuador (2),

25 - el actuador (4) se extiende desde el exterior de la cámara del reactor y sobresale en la cámara del reactor a través de una abertura (9) de la pared de la cámara del reactor que sujeta el soplete (5) de soldadura por arco transferido por plasma de alta energía con el alimentador de alambre del material soldable dentro de la cámara del reactor,

- la abertura (9) está sellada por al menos una membrana (10) elástica impermeable a los gases que está fijada hermética a los gases a la pared del reactor de la abertura (9) y al actuador (4),

30 - el reactor está equipado con al menos una entrada (11) de gas que se puede cerrar situada en la parte inferior de la cámara del reactor y al menos una salida (12) de gas que se puede cerrar situada en la parte superior de la cámara del reactor,

- donde la entrada (11) de gas está equipada con medios para regular la presión de argón a aproximadamente 100 Pa por encima de la presión atmosférica ambiente, y

35 - el reactor está equipado con medios para medir el contenido de oxígeno de la atmósfera inerte dentro de la cámara del reactor y medios para realizar la descarga de la cámara con gas inerte fresco en caso de que la concentración de oxígeno aumente por encima de un valor máximo predeterminado.

2. Reactor de acuerdo con la reivindicación 1, en donde

40 - las aberturas (7, 9) están cerradas mediante el uso de dos capas de goma (8, 10) elástica herméticas a los gases que están fijadas utilizando marcos (109) de enganche que están fijados a la pared del reactor y anillos de enganche fijados al brazo (2, 4) actuador que sobresale a través de la abertura en la cámara del reactor.

3. Reactor de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el valor máximo predeterminado de concentración de oxígeno es establecido en 20 ppm.

45 4. Reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde el reactor está equipado con un circuito de refrigeración cerrado que comprende una salida (102) de gas inerte, un intercambiador (101) de calor y una entrada (103) de gas inerte para enfriar el gas inerte en la cámara del reactor.

5. Reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde el ángulo obtuso entre cualquier elemento (6) de pared adyacente que constituye las paredes interiores de la cámara del reactor está entre 95 y 130°, más preferiblemente entre 100 y 120°.
- 5 6. Reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde el material soldable es un metal soldable, una aleación de metal soldable o un material polimérico.
7. Reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde el material soldable es titanio o una aleación de titanio.

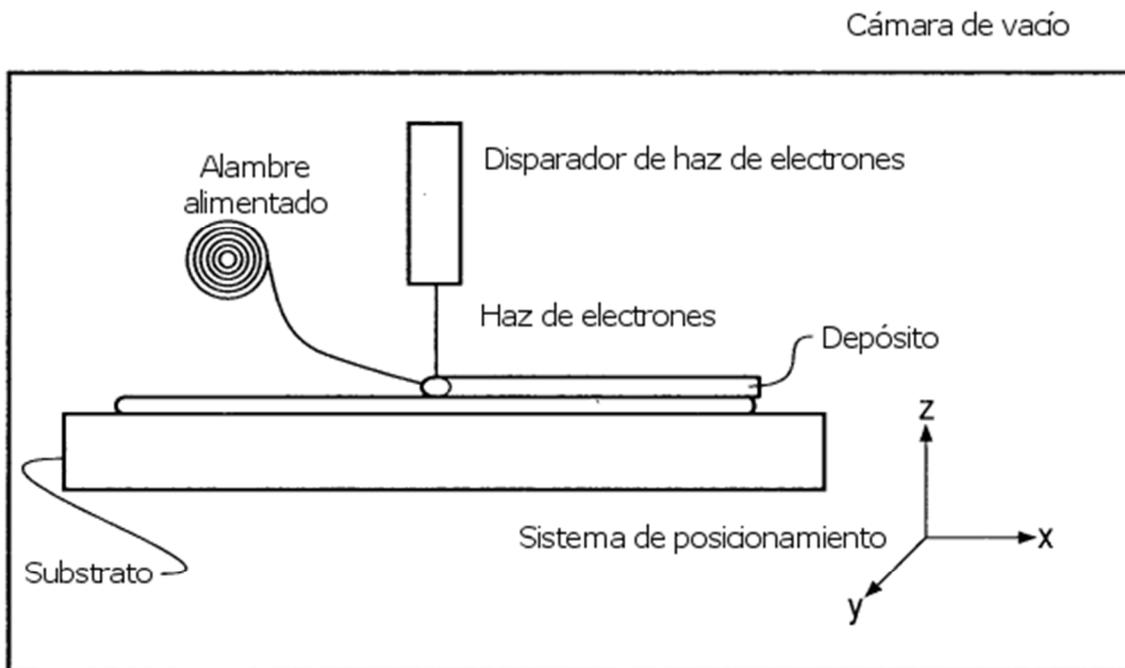


FIG. 1 Copia de la fig 1 de [1]

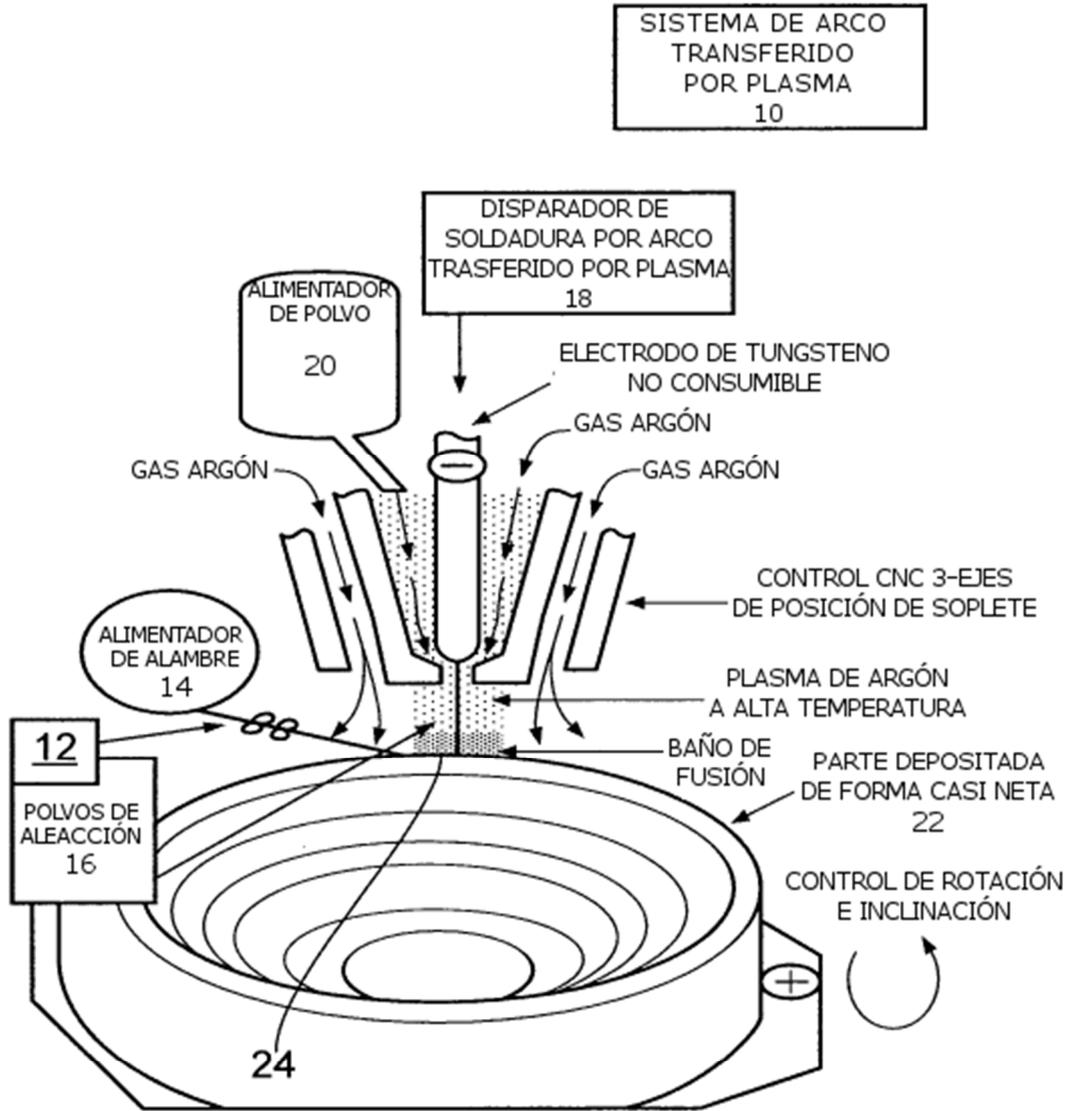


FIG. 2 Copia de figura 1 de US 2006/01854673

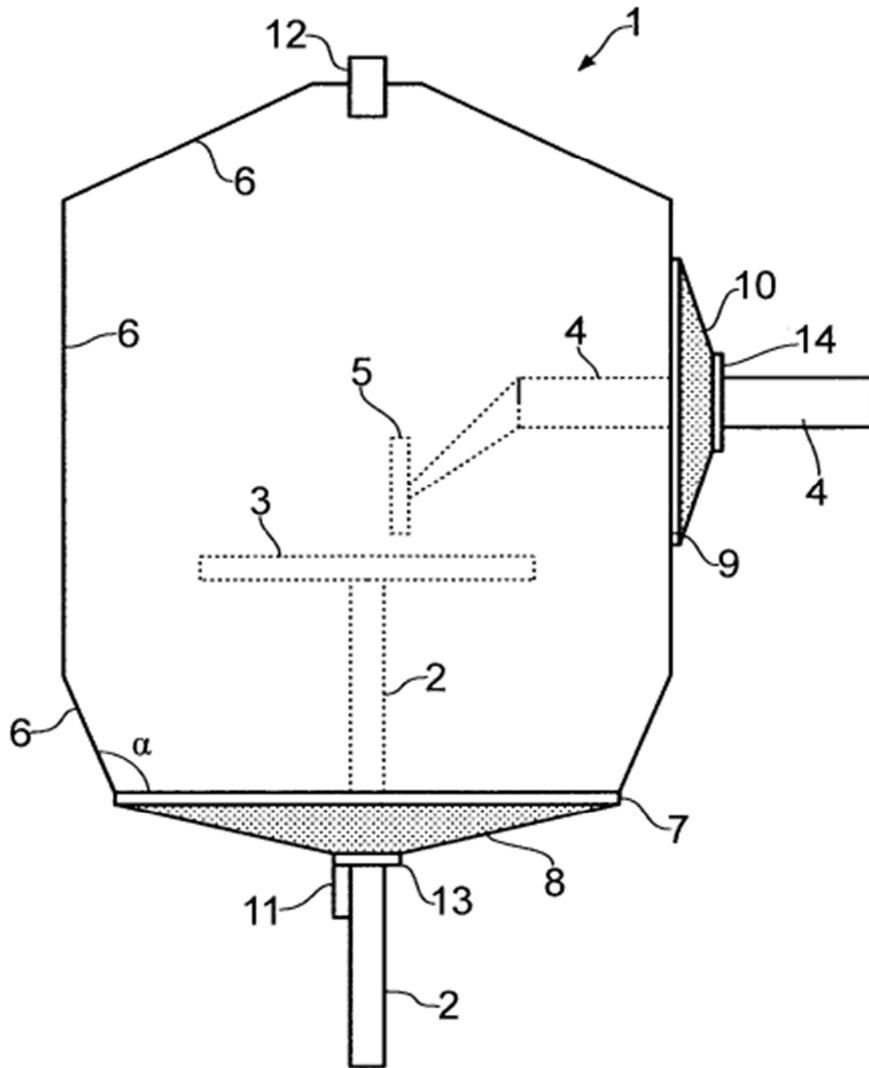


FIG. 3

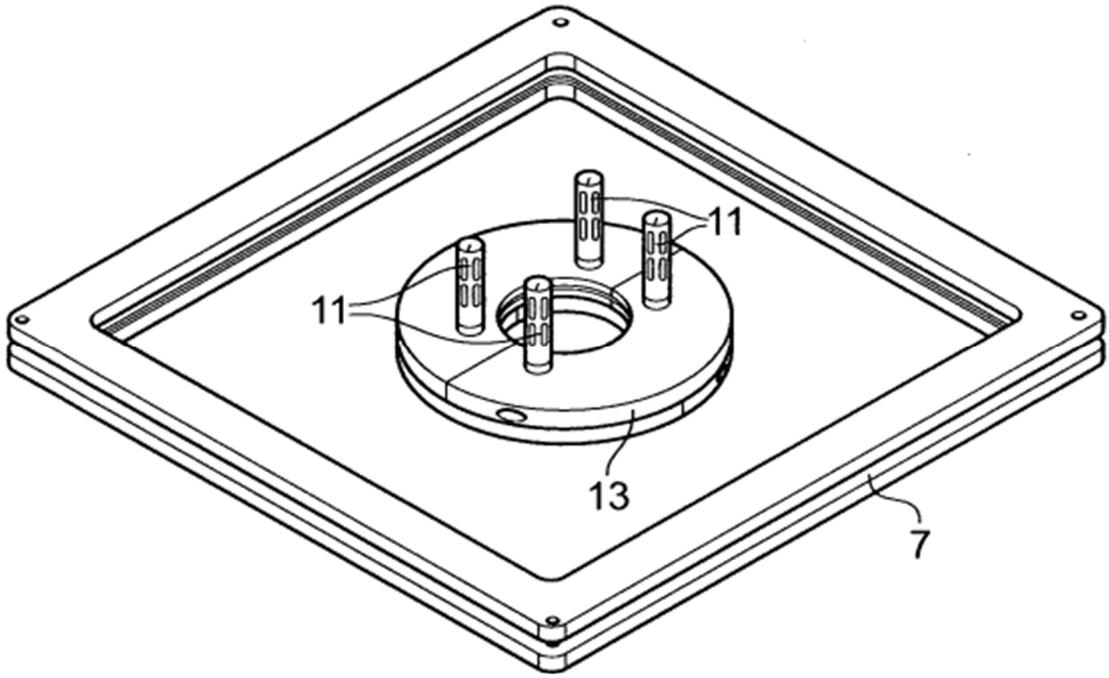


FIG. 4

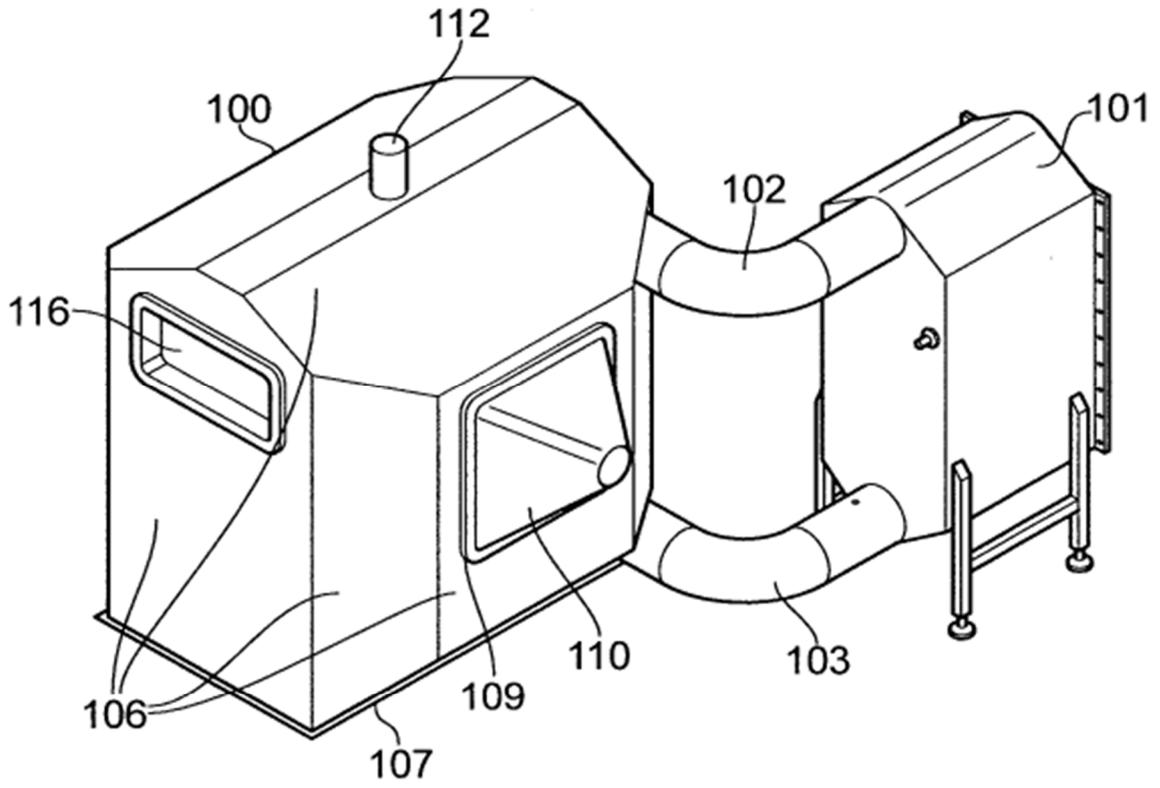


FIG. 5a

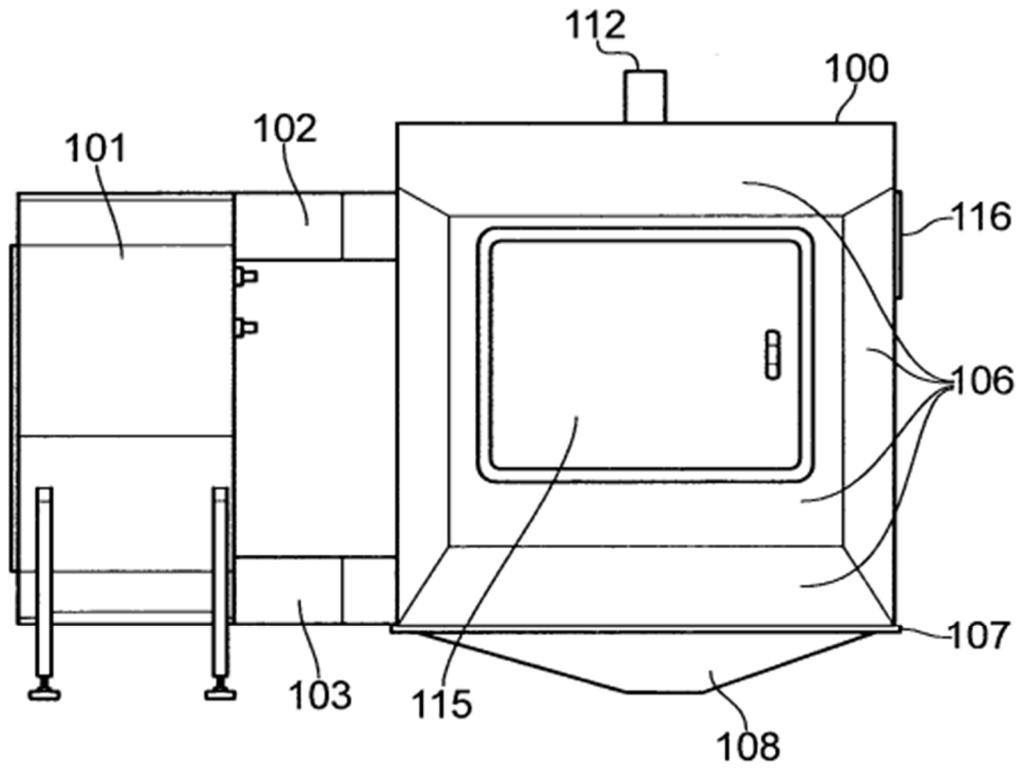


FIG. 5b