

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 912 449**

51 Int. Cl.:

<b>B33Y 10/00</b>	(2015.01)
<b>B33Y 30/00</b>	(2015.01)
<b>B33Y 40/00</b>	(2010.01)
<b>B29C 64/209</b>	(2007.01)
<b>B29C 64/357</b>	(2007.01)
<b>B29C 64/118</b>	(2007.01)
<b>B29C 64/379</b>	(2007.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.02.2019 PCT/GB2019/050433**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **29.08.2019 WO19162654**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.02.2019 E 19706305 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2022 EP 3755534**

54 Título: **Sistema de fabricación para uso en el espacio**

30 Prioridad:

**20.02.2018 GB 201802704**  
**20.02.2018 EP 18157631**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.05.2022**

73 Titular/es:

**BAE SYSTEMS PLC (100.0%)**  
**6 Carlton Gardens**  
**London SW1Y 5AD, GB**

72 Inventor/es:

**COOK, AUSTIN, JAMES**

74 Agente/Representante:

**SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio**

**ES 2 912 449 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

Sistema de fabricación para uso en el espacio

### 5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a sistemas y métodos para la fabricación en el espacio.

### 10 Antecedentes

15 La fabricación aditiva (AM) (también conocida como fabricación aditiva por capas (ALM), impresión 3D, etc.) es un proceso que se puede utilizar para producir objetos funcionales y complejos, capa por capa, sin moldes ni troqueles. Por lo general, tales procesos incluyen proporcionar material (por ejemplo, metal o plástico) en forma de polvo o alambre y, utilizando una fuente de calor poderosa como un rayo láser, un rayo de electrones o un arco de soldadura eléctrico o de plasma, fundir una cantidad de ese material y depositar el material fundido (por ejemplo, en una placa base de una pieza de trabajo). Luego se construyen capas subsiguientes sobre cada capa anterior.

20 Ejemplos de procesos AM incluyen, entre otros, modelado por deposición fundida (FDM), polvo soplado por láser, sinterización selectiva por láser (SLS) y tecnologías de alambre y arco.

25 En un campo separado, el espacio exterior es un entorno difícil para operar. Hasta la fecha, la capacidad de fabricación en el espacio es limitada.

30 El documento US2016082652 describe sistemas de fabricación terrestres y espaciales, en los que el sistema incluye un dispositivo de fabricación aditiva para realizar al menos un proceso de fabricación aditiva e incluir un componente prefabricado durante al menos un proceso de fabricación aditiva para acelerar la finalización de la construcción de un objeto producido.

### 35 Sumario de la invención

40 Los presentes inventores se han dado cuenta de que es beneficioso que las instalaciones basadas en el espacio sean suficientemente autosuficientes, y que una capacidad de fabricación basada en el espacio puede ayudar a lograr esta autosuficiencia en el espacio. La fabricación en el espacio no solo podría reparar o reemplazar partes de un vehículo espacial o estación espacial, sino que también podría construir componentes de estructuras más grandes. Los presentes inventores se han dado cuenta además de que la fabricación aditiva (AM), especialmente el proceso de AM basado en alambres puede usarse para proporcionar una capacidad de fabricación basada en el espacio. La invención se define en la reivindicación 1.

45 En un primer aspecto, la presente invención proporciona un sistema que comprende: un aparato de fabricación aditiva configurado para realizar un proceso de fabricación aditiva utilizando una materia prima suministrada al mismo, para producir de esta manera un artículo; un módulo de almacenamiento de materia prima configurado para suministrar materia prima al aparato de fabricación aditiva; un aparato de maquinado configurado para realizar un proceso de maquinado; un controlador configurado para controlar el funcionamiento del aparato de fabricación aditiva y el aparato de maquinado; y un módulo de reciclaje configurado para recibir un material de desecho y producir la materia prima a partir del mismo, y transferir la materia prima producida al módulo de almacenamiento de materia prima. El aparato de fabricación aditiva y el aparato de maquinado comprenden una fuente de calor común, el aparato de fabricación aditiva configurado para utilizar la fuente de calor común para realizar el proceso de fabricación aditiva y el aparato de maquinado configurado para utilizar la fuente de calor común para realizar el proceso de maquinado.

50 El sistema puede ser para la fabricación de artículos en el espacio. El sistema puede disponerse para su lanzamiento al espacio. El sistema puede estar ubicado en un vehículo configurado para ser lanzado al espacio.

55 El aparato de fabricación aditiva puede comprender medios de estabilización para estabilizar una pieza de trabajo durante el proceso de fabricación aditiva. El aparato de maquinado puede comprender medios de estabilización para estabilizar un objeto que se somete a un proceso de maquinado. Los medios de estabilización del aparato de fabricación aditiva pueden ser los mismos que los medios de estabilización del aparato de maquinado.

60 El aparato de fabricación aditiva y el aparato de maquinado pueden estar ubicados en un recinto hermético común.

El aparato de fabricación aditiva está configurado para, usando la fuente de calor común, implementar el proceso de fabricación aditiva para construir el artículo sobre una bandeja de construcción. El aparato de maquinado puede configurarse para, usando la fuente de calor común, cortar el artículo construido de la bandeja de construcción.

65 El módulo de reciclaje puede configurarse para recibir al menos parte del material de desecho del aparato de fabricación aditiva, siendo el material de desecho material de desecho del proceso de fabricación aditiva. El módulo

de reciclaje puede configurarse para recibir el material de desecho del aparato de maquinado, siendo el material de desecho material de desecho del proceso de maquinado.

La fuente de calor común puede comprender uno o más láseres.

La materia prima puede comprender uno o más materiales seleccionados del grupo de materiales que consta de: tungsteno, titanio, aluminio, cobre, polieterimida y policarbonato.

El sistema puede comprender además un módulo de almacenamiento configurado para almacenar uno o más artículos que van a ser reparados o modificados por el aparato de fabricación aditiva. Uno o ambos aparatos de fabricación aditiva y el aparato de maquinado pueden configurarse para recibir un artículo a reparar desde el módulo de almacenamiento.

El sistema puede comprender además un módulo de inspección configurado para medir una superficie del artículo.

El aparato de fabricación aditiva puede ser un aparato de fabricación aditiva basado en alambre o basado en filamentos y la materia prima comprende un alambre o un filamento.

El proceso de fabricación aditiva puede ser un proceso de fabricación aditiva basado en plásticos y la materia prima puede comprender un plástico. El proceso de fabricación aditiva puede ser un proceso de fabricación aditiva a base de metal y la materia prima puede comprender un metal.

En otro aspecto, la presente invención proporciona una entidad que comprende el sistema de cualquier aspecto anterior. La entidad es una entidad seleccionada del grupo de entidades que consta de un vehículo espacial, un satélite y una estación espacial.

La entidad puede configurarse para acoplarse, en el espacio, con otra entidad. El módulo de reciclaje puede configurarse para recibir el material de desecho de la otra entidad cuando está acoplado a la entidad y/o la entidad está configurada para enviar el artículo a la otra entidad cuando está acoplado a la entidad. El módulo de almacenamiento puede configurarse para recibir el artículo a reparar de la otra entidad cuando está acoplado a la entidad y/o la entidad está configurada para enviar el artículo reparado a la otra entidad cuando está acoplado a la entidad.

La presente divulgación también proporciona un sistema para la fabricación de artículos en el espacio. El sistema comprende un objeto en el espacio que comprende: un aparato de fabricación aditiva configurado para realizar un proceso de fabricación aditiva utilizando una materia prima suministrada al mismo, para producir de esta manera un artículo; un módulo de almacenamiento de materia prima configurado para suministrar materia prima al aparato de fabricación aditiva; un controlador configurado para controlar el funcionamiento del aparato de fabricación aditiva; y un módulo de reciclaje configurado para recibir un material de desecho y producir materia prima a partir del mismo, y transferir la materia prima producida al módulo de almacenamiento de materia prima.

El módulo de reciclaje puede configurarse para recibir el material de desecho del aparato de fabricación aditiva. El material de desecho puede ser material de desecho del proceso de fabricación aditiva.

El objeto en el espacio puede comprender además un aparato de maquinado configurado para realizar un proceso de maquinado. El controlador puede configurarse para controlar el funcionamiento del aparato de maquinado. El módulo de reciclaje puede configurarse para recibir el material de desecho del aparato de maquinado. El material de desecho puede ser material de desecho del proceso de maquinado. El aparato de fabricación aditiva y el aparato de maquinado pueden compartir una fuente de calor común.

El objeto en el espacio puede configurarse para acoplarse, en el espacio, con otro objeto en el espacio. El módulo de reciclaje puede configurarse para recibir el material de desecho del otro objeto en el espacio cuando está acoplado con el objeto en el espacio. El objeto en el espacio puede configurarse para enviar el artículo al objeto en el espacio adicional cuando está acoplado con el objeto en el espacio.

El objeto en el espacio puede comprender además un módulo de almacenamiento configurado para almacenar uno o más artículos que van a ser reparados o modificados por el aparato de fabricación aditiva. El aparato de fabricación aditiva puede configurarse para recibir un artículo a reparar desde el módulo de almacenamiento, y para realizar el proceso de fabricación aditiva utilizando el artículo recibido a reparar, para así producir un artículo reparado. El objeto en el espacio puede configurarse para acoplarse, en el espacio, con otro objeto en el espacio. El módulo de almacenamiento puede configurarse para recibir el artículo a reparar desde el otro objeto en el espacio cuando está acoplado con el objeto en el espacio. El objeto en el espacio puede configurarse para enviar el artículo reparado al objeto en el espacio adicional cuando está acoplado con el objeto en el espacio.

El objeto en el espacio puede comprender además un módulo de inspección configurado para medir una superficie del artículo producido y/o el artículo a reparar. Estas medidas pueden usarse para crear uno o más modelos digitales para que los use el controlador para controlar el aparato de fabricación aditiva.

5 El sistema puede comprender además una instalación en la Tierra y una red de comunicación que conecte el objeto en el espacio a la instalación en la Tierra. La instalación en la Tierra puede configurarse para enviar datos al objeto en el espacio. El controlador puede configurarse para controlar el aparato de fabricación aditiva utilizando los datos recibidos de la instalación en la Tierra.

10 El aparato de fabricación aditiva puede ser un aparato de fabricación aditiva basado en alambre. La materia prima puede comprender un alambre.

El proceso de fabricación aditiva puede ser un proceso de fabricación aditiva basado en plásticos. La materia prima puede comprender un plástico.

15 El proceso de fabricación aditiva puede ser un proceso de fabricación aditiva a base de metal. La materia prima puede comprender un metal.

20 El objeto en el espacio puede ser un vehículo espacial o una estación espacial. El objeto en el espacio puede ser autónomo.

La presente descripción también proporciona un método para fabricar un artículo en el espacio. El método comprende, en un objeto en el espacio: recibir, mediante un módulo de reciclaje, un material de desecho y producir a partir del mismo una materia prima; transferir, por el módulo de reciclaje, a un módulo de almacenamiento de materia prima, la materia prima producida; suministrar, mediante el módulo de almacenamiento de materia prima, a un aparato de fabricación aditiva, la materia prima; y controlar, mediante un controlador, el aparato de fabricación aditiva para realizar un proceso de fabricación aditiva utilizando la materia prima suministrada, para producir de esta manera el artículo.

30 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una ilustración esquemática (no a escala) de un objeto en el espacio; y

La Figura 2 es un diagrama de flujo del proceso que muestra ciertos pasos de un proceso de fabricación en el espacio implementado por el objeto en el espacio.

35 Descripción detallada

La Figura 1 es una ilustración esquemática (no a escala) de una instalación en el espacio 100. En esta realización, la instalación en el espacio 100 es un objeto en el espacio, es decir, un objeto que está ubicado en el espacio. Específicamente, la instalación 100 está en órbita en el espacio alrededor de un cuerpo celeste que tiene un campo magnético, que en esta realización es la Tierra 104.

La instalación 100 puede ser, por ejemplo, un vehículo espacial, un satélite o una estación espacial. La instalación 100 es capaz de comunicarse con uno o más sistemas conectados a la Tierra 102 ubicados en la Tierra 104, a través de un enlace de comunicación 106. Por lo tanto, los datos pueden enviarse desde la instalación 100 al uno o más sistemas conectados a la Tierra 102 y viceversa.

La instalación 100 comprende un módulo de fabricación en el espacio 108.

50 El módulo de fabricación en el espacio 108 está configurado para realizar la fabricación en el espacio. El término "fabricación en el espacio" se utiliza aquí para referirse a la producción de artículos o componentes en el espacio exterior, por ejemplo, en órbita alrededor de la Tierra 104. La fabricación en el espacio puede usarse para producir estructuras nuevas o reparar estructuras existentes.

55 Preferiblemente, el módulo de fabricación en el espacio 108 es autónomo y consciente de la situación, es decir, no requiere control humano para funcionar.

En esta realización, el módulo de fabricación en el espacio 108 comprende un módulo de fabricación 110, un módulo de almacenamiento de material de desecho 112, un módulo de reciclaje 114, un módulo de almacenamiento de materia prima 116, un módulo de almacenamiento de componentes de reparación 118 y un módulo de almacenamiento de componentes fabricados 120.

65 El módulo de fabricación en el espacio 108 y sus componentes (es decir, los módulos 110-120 y las conexiones entre ellos) están diseñados para ser extremadamente resistentes y/o capaces de soportar todos los aspectos asociados con el entorno en el que se encuentra el módulo de fabricación en el espacio 108 está destinado a operar (es decir, el espacio). En esta realización, el módulo de fabricación en el espacio 108 es resistente para resistir el

lanzamiento al espacio, la operación en el espacio y, opcionalmente, el reingreso a la atmósfera terrestre y el aterrizaje en la Tierra.

5 El módulo de fabricación 110 comprende un módulo de fabricación aditiva (AM) 122, un módulo de procesamiento posterior 124 y un controlador 126.

10 El módulo AM 122 está configurado para realizar uno o más procesos AM. Además, el módulo AM 122 puede comprender uno o más aparatos AM. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el módulo AM 122 comprende múltiples aparatos AM, cada uno de los cuales está configurado para realizar un proceso AM diferente, o el mismo proceso AM. En otras realizaciones, el módulo de AM 122 comprende solo un único aparato de AM configurado para realizar una pluralidad de procesos de AM, o un solo proceso de AM.

15 La terminología "Fabricación Aditiva" (AM) se usa aquí para referirse a todos los procesos aditivos que se pueden usar para producir objetos complejos y funcionales, capa por capa, sin moldes ni troqueles, por ejemplo, proporcionando materia prima (por ejemplo, metal o plástico) típicamente en forma de polvo o alambre y, utilizando una fuente de calor potente como un rayo láser, un rayo de electrones o un arco de soldadura eléctrico o de plasma, fundir una cantidad de ese material y depositarlo (por ejemplo, en una placa base/pieza de trabajo), y posteriormente construir capas de material sobre cada capa anterior. La fuente de calor del módulo AM 122 puede ser un efector final de un brazo robótico.

20 La fabricación aditiva (AM) también puede conocerse, entre otras cosas, como impresión 3D, fabricación digital directa (DDM), fabricación digital (DM), fabricación por capas aditivas (ALM), fabricación rápida (RM), modelado de redes de ingeniería láser (LENS), Deposición de metal, fabricación directa, fusión por haz de electrones, fusión por láser, fabricación de forma libre, revestimiento por láser, sinterización directa por láser de metal.

25 Preferiblemente, el módulo AM 122 está configurado para realizar una fabricación aditiva basada en hilos o basada en filamentos, que también se puede conocer como fabricación aditiva alimentada por hilos o alimentada por filamentos. La fabricación aditiva basada en alambre incluye, por ejemplo, el modelado por deposición fundida y la fabricación aditiva por arco de alambre (WAAM) y la fabricación aditiva por láser (LAM). WAAM es la deposición de metal, a través de un proceso de soldadura por fusión, como la soldadura por arco de plasma o la soldadura por arco de tungsteno con gas, sobre un sustrato preexistente que permite construir una pieza tridimensional. La AM con base de alambre es aplicable, por ejemplo, a aleaciones metálicas como el titanio y el aluminio, y polímeros como los plásticos.

30 Ventajosamente, el proceso AM puede aprovechar el entorno de baja gravedad en el que se encuentra, por ejemplo, imprimiendo desde dos lados de una línea central común.

35 Preferiblemente, el material de impresión utilizado en el proceso AM, es decir, la materia prima, es adecuadamente resistente de modo que el artículo impreso pueda construirse en condiciones del espacio. En algunas realizaciones, el material de impresión es tal que el artículo impreso es resistente a las temperaturas altas y bajas que se pueden experimentar dentro de la instalación espacial 100, las presiones que se pueden experimentar dentro de la instalación espacial 100 y/o condiciones de vacío. En algunas realizaciones, el material de impresión no emite partículas. En algunas realizaciones, el material de impresión es resistente a la radiación ultravioleta (UV). En algunas realizaciones, el material de impresión es resistente o no reacciona con el oxígeno (por ejemplo, oxígeno atómico). Los ejemplos de materiales de impresión apropiados incluyen, entre otros, metales (como tungsteno, titanio, aluminio, cobre y sus aleaciones) y plásticos (como polieterimida (PEI), policarbonato (PC), polietercetona (PEKK) o una mezcla de dos o más de ellos).

40 Preferiblemente, el módulo AM 122 comprende un estabilizador para estabilizar, sujetar o retener, etc., el artículo que se está construyendo mediante el proceso AM. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el módulo AM comprende una bandeja de construcción o un componente prefabricado que se puede mover con respecto a la fuente de calor del módulo AM 122, o viceversa. El artículo puede construirse sobre una superficie de construcción de la bandeja de construcción o componente prefabricado utilizando el proceso AM, es decir, el artículo puede fusionarse con la bandeja de construcción. La bandeja de construcción puede sujetarse, fijarse o ser un efector final de un brazo robótico. Un artículo construido en la bandeja de construcción o componente prefabricado puede ser cortado posteriormente de la bandeja de construcción o componente prefabricado por el módulo de procesamiento posterior 124, por ejemplo, utilizando la fuente de calor que es común al módulo AM 122 y al módulo de procesamiento posterior 124, o utilizando una herramienta de corte diferente o un proceso de corte diferente. Después del uso, la bandeja de construcción o el componente prefabricado se pueden reutilizar para construir un artículo adicional.

55 Después de su uso, el módulo de reciclaje 114 puede reciclar la bandeja de construcción o el componente prefabricado. En algunas realizaciones, por ejemplo, realizaciones en las que el artículo y/o la bandeja de construcción o el componente prefabricado son magnéticos, se pueden usar uno o más imanes para estabilizar el artículo durante el proceso AM. En algunas realizaciones, se pueden usar chorros de aire para estabilizar y/o enfriar el artículo durante el proceso AM. El módulo de procesamiento posterior 124 está configurado para realizar una o más operaciones de procesamiento posterior. Las operaciones de procesamiento posterior de ejemplo incluyen, pero no se limitan a, operaciones de maquinado para mecanizar un artículo, por ejemplo, maquinado por láser,

operaciones de pulido, operaciones de desbarbado/operaciones de granallado y operaciones de ablación por láser. Las operaciones de procesamiento posterior pueden, por ejemplo, implementarse para crear el acabado superficial deseado en un artículo. El módulo de procesamiento posterior 124 puede incluir un aparato de maquinado.

5 Preferiblemente, el módulo de procesamiento posterior 124 usa la misma fuente de calor (por ejemplo, uno o más láseres) para mecanizar objetos que el módulo AM 122 usa para realizar procesos AM. En otras palabras, el módulo AM 122 y el aparato de maquinado comparten una o más fuentes de calor comunes.

10 Preferiblemente, el módulo de procesamiento posterior 124 (por ejemplo, el aparato de maquinado del módulo de procesamiento posterior 124) comprende un estabilizador para estabilizar, sujetar o retener, etc., el artículo que se está procesando o mecanizando. En algunas realizaciones, el estabilizador del módulo de procesamiento posterior 124 es el mismo que el del módulo AM 122, es decir, el módulo AM 122 y el aparato de maquinado comparten uno o más medios estabilizadores comunes. En algunas realizaciones, se utilizan chorros de aire para estabilizar y/o enfriar el artículo durante los procesos de maquinado. Ventajosamente, los chorros de aire tienden a proporcionar adicionalmente una extracción de virutas del artículo que se está mecanizando. Las virutas extraídas pueden recuperarse, por ejemplo, en un contenedor, y reciclarse. En algunas realizaciones, se usa un vacío para estabilizar y/o enfriar el artículo durante los procesos de maquinado, por ejemplo, para aplicar una fuerza de succión al artículo y, por lo tanto, mantener el artículo en su lugar. El vacío puede proporcionarse o establecerse utilizando el entorno espacial externo de la instalación. Por ejemplo, el artículo puede acoplarse a una línea o tubería que puede abrirse (a través de una válvula que se puede abrir y cerrar) al espacio. Ventajosamente, este vacío se puede implementar para proporcionar adicionalmente la extracción de virutas del artículo que se está mecanizando. Las virutas extraídas pueden recuperarse, por ejemplo, en un contenedor, y reciclarse.

20 El controlador 126 está configurado para controlar la operación del módulo AM 122 y el módulo de procesamiento posterior 124.

25 En algunas realizaciones, uno o ambos del módulo AM 122 y el módulo de procesamiento posterior 124 están ubicados en un recinto hermético. Por ejemplo, el módulo AM 122 y el módulo de procesamiento posterior 124 pueden estar ubicados en el mismo recinto hermético. El recinto hermético se puede rellenar con, por ejemplo, un gas inerte. El recinto del módulo AM 122 y/o el módulo de procesamiento posterior 124 puede evitar u oponerse al movimiento no deseado de material (por ejemplo, materia prima, material de desecho, partículas, virutas, etc.) alrededor de la instalación 100. El recinto del módulo AM 122 y/o el módulo de procesamiento posterior 124 puede facilitar la recuperación de material (por ejemplo, materia prima, material de desecho, material particulado, virutas, etc.) para reciclar.

30 En algunas realizaciones, el módulo de fabricación 110 incluye uno o más módulos adicionales además del módulo AM 122 y el módulo de procesamiento posterior 124. Un ejemplo de un módulo adicional es un módulo de inspección que está configurado para inspeccionar o medir una superficie de un componente que se va a reparar (por ejemplo, para generar un modelo digital de ese componente que se puede usar para controlar las operaciones del módulo AM 122 y/o el módulo de procesamiento posterior 124) y/o inspeccionar o medir una superficie de un componente producido para verificar que el componente se haya producido dentro de una tolerancia deseada. Un módulo de inspección puede comprender, por ejemplo, una máquina de medición por coordenadas (CMM). Otro ejemplo de un módulo adicional es un módulo de procesamiento previo que está configurado para realizar una o más operaciones de procesamiento previo en un componente, por ejemplo, antes del comienzo de un proceso AM. Las operaciones de procesamiento previo pueden incluir, entre otras, una o más de las siguientes: operaciones de limpieza para limpiar la superficie de un artículo, procesos de maquinado para mecanizar un artículo (por ejemplo, para eliminar una parte dañada de un artículo o conformar un artículo para una forma deseada), y/o procesos de imprimación para imprimir o preparar un artículo para un proceso posterior. Un módulo de procesamiento previo puede usar la misma fuente de calor (por ejemplo, un láser) para mecanizar objetos que el módulo AM 122 usa para realizar procesos AM y/o el módulo de procesamiento posterior 124 usa para realizar operaciones de maquinado. Un módulo de procesamiento previo puede incluir un medio de estabilización, que puede ser el mismo que el del módulo AM 122 y/o el módulo de procesamiento posterior 124. Un módulo de procesamiento previo puede estar ubicado en un recinto hermético, por ejemplo, el mismo recinto que el módulo AM 122 y/o el módulo de procesamiento posterior 124. Otro ejemplo de un módulo adicional es una unidad de control ambiental configurada para regular un entorno en el área de construcción del módulo AM 122 y/o en el área de procesamiento de un aparato de maquinado.

55 El módulo de almacenamiento de material de desecho 112 está configurado para almacenar materiales de desecho. Los materiales de desecho almacenados pueden incluir materiales de desecho de cualquier proceso realizado en la instalación 100. Por ejemplo, los materiales de desecho pueden incluir materiales de desecho de los procesos de fabricación realizados por el módulo de fabricación 110. El material de desecho almacenado puede incluir material de desecho de AM y/u operaciones de maquinado. Los materiales de desecho almacenados pueden incluir componentes que son, por ejemplo, defectuosos, dañados, obsoletos o superfluos para los requisitos.

60 En esta realización, el módulo de almacenamiento de material de desecho 112 almacena solo aquellos materiales que son utilizables por el módulo de fabricación 110. Por ejemplo, el módulo AM 122 puede configurarse para realizar uno o más procesos AM basados en polímeros que usan uno o más polímeros particulares, en cuyo caso el

módulo de almacenamiento de material de desecho 110 tiende a almacenar solo uno o más polímeros particulares usados por el AM módulo 122. Los materiales que no son utilizables por el módulo de fabricación 110 tienden a no ser almacenados por el módulo de almacenamiento de material de desecho 110 y pueden, por ejemplo, ser expulsados de la instalación 100. El material expulsado puede introducirse en una órbita terrestre en descomposición para ser destruido.

El módulo de almacenamiento de material de desecho 112 está acoplado al módulo de reciclaje 114 de manera que el material almacenado en el módulo de almacenamiento de material de desecho 112 puede enviarse al módulo de reciclaje 114.

El módulo de reciclaje 114 está configurado para reciclar material recibido del módulo de almacenamiento de material de desecho 112, para así producir nueva materia prima para uso del módulo de fabricación 110. El módulo de reciclaje 114 está acoplado al módulo de almacenamiento de materia prima 116 de modo que la materia prima producida por el módulo de reciclaje 114 se pueda enviar al módulo de almacenamiento de materia prima 116.

En esta realización, el módulo de reciclaje 114 está configurado para producir materia prima en una forma que puede ser utilizada por el módulo de fabricación 110. Por ejemplo, el módulo AM 122 puede configurarse para realizar uno o más procesos AM basados en alambre, en cuyo caso el módulo de reciclaje 114 está configurado para producir una materia prima de alambre o filamento para el módulo AM 122. Por ejemplo, el módulo de reciclaje 114 puede incluir un primer módulo para fragmentar o reducir el tamaño del material de desecho a un tamaño más manejable, un segundo módulo configurado para calentar (por ejemplo, fusionar) el material de desecho fragmentado, un tercer módulo para moldear o extruir el material de desecho calentado para formar la materia prima de alambre. De manera similar, si el módulo AM 122 está configurado para realizar uno o más procesos AM basados en polvo, el módulo de reciclaje 114 puede configurarse para producir una materia prima en polvo.

El módulo de almacenamiento de materia prima 116 está configurado para almacenar la materia prima producida por el módulo de reciclaje 114. En realizaciones en las que la materia prima es un alambre o un filamento, el módulo de almacenamiento de materia prima 116 puede, por ejemplo, comprender un carrete o rollo en el que se puede enrollar la materia prima de alambre.

El módulo de almacenamiento de materia prima 116 está acoplado al módulo de fabricación 110 de modo que la materia prima pueda alimentarse al módulo AM 122 para su uso en los procesos AM. El suministro de materia prima al módulo AM 122 por parte del módulo de almacenamiento de materia prima 116 puede ser controlado por el módulo de fabricación 110, por ejemplo, por el controlador 126.

El módulo de almacenamiento de componentes de reparación 118 está configurado para almacenar componentes o artículos que van a ser reparados o modificados por el módulo de fabricación 110. Más específicamente, el módulo de almacenamiento de componentes de reparación 118 almacena objetos que se someterán a procesos de AM por parte del módulo de AM 122 y/o procesos de maquinado por el módulo de procesamiento posterior 124.

El módulo de almacenamiento de componentes de reparación 118 está acoplado al módulo de fabricación 110 de manera que los objetos almacenados en él pueden enviarse al módulo de fabricación 110 para su procesamiento. El suministro de los objetos almacenados por el módulo de almacenamiento de componentes de reparación 118 puede ser controlado por el módulo de fabricación 110, por ejemplo, por el controlador 126.

El módulo de almacenamiento de componentes fabricados 120 está configurado para almacenar componentes o artículos que han sido procesados por el módulo de fabricación 110, es decir, objetos que han sufrido procesos AM y/o maquinado. La transferencia de los objetos procesados desde el módulo de fabricación 110 al módulo de almacenamiento de componentes fabricados 120 puede ser controlada por el módulo de fabricación 110, por ejemplo, por el controlador 126. El módulo de almacenamiento de componentes fabricados 120 puede configurarse para enviar objetos procesados a ubicaciones donde se utilizarán.

El aparato, incluido el controlador 126, para implementar la disposición anterior y realizar los pasos del método que se describirán más adelante, puede proporcionarse configurando o adaptando cualquier aparato adecuado, por ejemplo, uno o más ordenadores u otros aparatos de procesamiento o procesadores, y/ o proporcionando módulos adicionales. El aparato puede comprender un ordenador, una red de ordenadores o uno o más procesadores, para implementar instrucciones y usar datos, incluidas instrucciones y datos en forma de un programa de ordenador o una pluralidad de programas de ordenador almacenados en un medio de almacenamiento legible por máquina como la memoria de la ordenador, un disco de ordenador, ROM, PROM, etc., o cualquier combinación de estos u otros medios de almacenamiento.

La Figura 2 es un diagrama de flujo del proceso que muestra ciertos pasos de un proceso de fabricación en el espacio implementado por la instalación 100.

Cabe señalar que algunos de los pasos del proceso representados en el diagrama de flujo de la Figura 2 y que se describen a continuación pueden omitirse o dichos pasos del proceso pueden realizarse en un orden diferente al que

se presenta a continuación y se muestra en la Figura 2. Además, aunque todos los pasos del proceso se han representado, por comodidad y facilidad de comprensión, como pasos secuenciales temporales discretos, algunos de los pasos del proceso pueden, de hecho, realizarse simultáneamente o al menos superponerse en cierta medida temporalmente.

5 En la etapa s2, el módulo de almacenamiento de material de desecho 112 recibe materiales de desecho. El material de desecho puede recibirse de cualquier fuente apropiada. Ejemplos de materiales de desecho y fuentes de los mismos incluyen, pero no se limitan a: materia prima sin usar o en exceso del módulo AM 122; material retirado de un objeto por el módulo de procesamiento posterior 124; componentes u objetos defectuosos, dañados, obsoletos o superfluos de módulos/sistemas en la instalación 100 remota del módulo de fabricación en el espacio 108; y componentes u objetos defectuosos, dañados, obsoletos o superfluos de módulos/sistemas remotos de la instalación 100 (por ejemplo, objetos que son recibidos por la instalación 100 de un objeto espacial diferente, por ejemplo, un objeto espacial que se ha acoplado con la instalación 100).

15 En la etapa s4, el módulo de almacenamiento de material de desecho 112 envía los materiales de desecho al módulo de reciclaje 114.

En la etapa s6, el módulo de reciclaje 114 procesa el material de desecho para producir materia prima para uso del módulo AM 122.

20 En la etapa s8, el módulo de reciclaje 114 envía la materia prima al módulo de almacenamiento de materia prima 116.

En la etapa s10, el módulo de almacenamiento de materia prima 116 almacena la materia prima recibida.

25 En la etapa s12, el módulo de almacenamiento de componentes de reparación 118 recibe un componente que debe ser reparado o modificado por el módulo de fabricación 110. Dichos componentes pueden recibirse de cualquier fuente apropiada, incluidos, entre otros, módulos/sistemas en la instalación 100 remotos del módulo de fabricación en el espacio 108 y módulos/sistemas remotos de la instalación 100 (por ejemplo, de un objeto en el espacio que puede acoplarse a la instalación 100).

En la etapa s14, el módulo de almacenamiento de componentes de reparación 118 envía el componente que se va a reparar al módulo de fabricación 110.

35 En la etapa s16, el módulo de almacenamiento de materias primas 116 envía materias primas al módulo de fabricación 110.

40 En la etapa s18, el módulo AM 122 del módulo de fabricación 110 realiza uno o más procesos AM (por ejemplo, un proceso AM basado en cables) en el componente recibido utilizando la materia prima recibida. El proceso AM se puede realizar para reparar el componente. Por ejemplo, las áreas dañadas del componente pueden ser reparadas por el módulo AM 122 usando sinterización por láser.

45 El módulo AM 122 puede ser controlado por el controlador 126 utilizando un modelo digital del componente que se va a producir. Este modelo digital puede ser almacenado previamente por el controlador 126, o puede ser recibido por el controlador 126 antes de que se realicen uno o más procesos AM. Este modelo digital puede ser recibido por el controlador 126 desde, por ejemplo, la entidad desde la cual el módulo de almacenamiento de componentes de reparación 118 recibió el componente, o desde los sistemas conectados a la Tierra 102 a través del enlace de comunicación 106.

50 Por ejemplo, la instalación 100 puede recibir, de una entidad acoplada, un componente a reparar y también datos que especifican, por ejemplo, la(s) acción(es) de reparación que se van a realizar y/o modelos digitales del componente a reparar y el terminado. componente.

55 El controlador 126 puede controlar el aparato AM 122 utilizando un modelo digital del componente que se va a reparar (es decir, el componente recibido del módulo de almacenamiento de componentes de reparación 118). Este modelo digital puede ser generado por el módulo de fabricación 110 midiendo una superficie del componente recibido.

60 En la etapa s20, el módulo de procesamiento posterior 124 del módulo de fabricación 110 realiza uno o más procesos de maquinado en el componente recibido. Por ejemplo, el módulo de procesamiento posterior 124 puede eliminar ciertas partes del componente para dar al componente la forma deseada.

65 En algunas realizaciones, las operaciones de maquinado pueden realizarse después de uno o más procesos de AM, por ejemplo, para eliminar el exceso de material agregado durante los procesos de AM y/o para incluir características adicionales (como agujeros, ranuras, etc.) en el componente.

En algunas realizaciones, las operaciones de maquinado se pueden realizar antes de uno o más procesos de AM, por ejemplo, para eliminar partes dañadas del componente que luego se reconstruyen usando procesos de AM.

5 El módulo de procesamiento posterior 124 puede ser controlado por el controlador 126 utilizando un modelo digital del componente que se va a producir. Este modelo digital puede ser almacenado previamente por el controlador 126, o puede ser recibido por el controlador 126 antes de que se realicen los procesos de maquinado. Este modelo digital puede ser recibido por el controlador 126 desde, por ejemplo, la entidad desde la cual el módulo de almacenamiento de componentes de reparación 118 recibió el componente, o desde los sistemas conectados a la Tierra 102 a través del enlace de comunicación 106.

10 El controlador 126 puede controlar el módulo de procesamiento posterior 124 utilizando un modelo digital del componente que se va a reparar (es decir, el componente recibido del módulo de almacenamiento de componentes de reparación 118). Este modelo digital puede ser generado por el módulo de fabricación 110 midiendo una superficie del componente recibido.

15 Así, el módulo de fabricación 110 repara o modifica el componente recibido del módulo de almacenamiento de componentes de reparación 118. En algunas realizaciones, el componente producido se inspecciona para garantizar que se encuentra dentro de las tolerancias deseadas.

20 En la etapa s22, el módulo de fabricación 110 envía el componente reparado o modificado al módulo de almacenamiento de componentes fabricados 120.

25 En la etapa s24, el módulo de almacenamiento de componentes fabricados 120 almacena el componente reparado o modificado. El módulo de almacenamiento de componentes fabricados 120 puede entregar el componente reparado o modificado en el lugar en el que se utilizará ese componente, por ejemplo, en un lugar de la instalación 100 que está alejado del módulo de fabricación en el espacio 108, o a un objeto en el espacio diferente que está acoplado con la instalación 100.

30 Por lo tanto, se proporciona un proceso de fabricación en el espacio.

35 El método y el aparato descritos anteriormente tienden ventajosamente a permitir la fabricación en el espacio (por ejemplo, en órbita) de piezas y herramientas, para uso en el espacio. Además, el proceso de fabricación en el espacio descrito anteriormente tiende a facilitar la construcción en el espacio de grandes estructuras, por ejemplo, vehículos espaciales, estaciones espaciales, matrices de comunicación, matrices de generación de energía, etc. La fabricación en el espacio descrita anteriormente tiende a no estar limitada por los límites de diseño y fabricación de la gravedad, los procesos de fabricación actuales y las tensiones estructurales relacionadas con el lanzador.

40 Ventajosamente, la fabricación de artículos en el espacio tiende a reducir los costos de lanzamiento (por ejemplo, el volumen de carga útil tiende a reducirse almacenando materias primas en forma comprimida para el lanzamiento), facilita la exploración del espacio y mejora la sostenibilidad de la misión, por ejemplo, al extender la vida útil de activos lanzados al espacio.

45 Ventajosamente, el método y el aparato descritos anteriormente pueden ser reconfigurables y autónomos. Suele proporcionarse la fabricación, el servicio y la reparación automáticos de componentes.

Ventajosamente, el método y el aparato descritos anteriormente tienden a ser resistentes a los entornos de baja gravedad, la radiación y las temperaturas extremas que pueden experimentarse en el espacio.

50 Ventajosamente, el método y el aparato descritos anteriormente tienden a ser capaces de fabricar, mantener y/o reparar una amplia gama de objetos. Dichos objetos pueden incluir, entre otros, tanques de combustible de naves espaciales, piezas compuestas de carcasas aerodinámicas (CFRP), componentes plásticos y/o metálicos impresos en 3D como piezas de propulsión, inyectores, boquillas, propulsores y componentes eléctricos como los que se utilizan en satélites.

55 En algunas realizaciones, se omite el módulo de almacenamiento de material de desecho.

En algunas realizaciones, se omite el módulo de procesamiento posterior.

60 En las realizaciones anteriores, el módulo de fabricación se implementa en una instalación en el espacio. Sin embargo, en otras realizaciones, el módulo de fabricación se implementa en una entidad diferente. Por ejemplo, el módulo de fabricación puede estar ubicado o comprendido en un sistema dispuesto para la entrega de lanzamiento al espacio, como un vehículo espacial (es decir, una nave espacial o una nave espacial), un satélite o al menos parte de una estación espacial. El vehículo espacial puede estar situado en la Tierra, por ejemplo con la intención de lanzarse al espacio.

65

REIVINDICACIONES

1. Un sistema que comprende:
  - 5 un módulo de fabricación aditiva (122) que comprende uno o más aparatos de fabricación aditiva configurados para realizar un proceso de fabricación aditiva utilizando una materia prima suministrada al mismo, para producir de esta manera un artículo; un módulo de almacenamiento de materia prima (116) configurado para suministrar materia prima al uno o más aparatos de fabricación aditiva;
  - 10 un aparato de maquinado configurado para realizar un proceso de maquinado;
  - un controlador (126) configurado para controlar el funcionamiento de uno o más aparatos de fabricación aditiva y el aparato de maquinado; y un módulo de reciclaje (114) configurado para recibir un material de desecho y producir la materia prima a partir del mismo, y transferir la materia prima producida al módulo de almacenamiento de materia prima; **caracterizado porque**
  - 15 el módulo de fabricación aditiva (122) y el aparato de maquinado comprenden una fuente de calor común, el módulo de fabricación aditiva está configurado para utilizar la fuente de calor común para realizar el proceso de fabricación aditiva, y el aparato de maquinado está configurado para utilizar la fuente de calor común para realizar el proceso de maquinado.
- 20 2. El sistema de la reivindicación 1, en donde el sistema es para la fabricación de artículos en el espacio.
3. El sistema de la reivindicación 1 o 2, en donde el sistema está dispuesto para su lanzamiento al espacio.
4. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el uno o más aparatos de fabricación aditiva comprenden medios de estabilización para estabilizar una pieza de trabajo durante el proceso de fabricación aditiva.
- 25 5. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el aparato de maquinado comprende medios de estabilización para estabilizar un objeto que se somete a un proceso de maquinado.
- 30 6. El sistema de la reivindicación 5 cuando depende de la reivindicación 4, en donde los medios de estabilización del uno o más aparatos de fabricación aditiva son los mismos que los medios de estabilización del aparato de maquinado.
- 35 7. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el uno o más aparatos de fabricación aditiva y el aparato de maquinado están ubicados en un recinto hermético común.
8. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el módulo de fabricación aditiva está configurado para, utilizando la fuente de calor común, implementar el proceso de fabricación aditiva para construir el artículo en una bandeja de fabricación, y el aparato de maquinado está configurado para, utilizando la fuente de calor común, cortar el artículo construido de la bandeja de construcción.
- 40 9. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el módulo de reciclaje (114) está configurado para recibir al menos parte del material de desecho del uno o más aparatos de fabricación aditiva, siendo el material de desecho un material de desecho del proceso de fabricación aditiva.
- 45 10. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde el módulo de reciclaje (114) está configurado para recibir el material de desecho del aparato de maquinado, siendo el material de desecho un material de desecho del proceso de maquinado.
- 50 11. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde la fuente de calor común comprende uno o más láseres.
- 55 12. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde la materia prima comprende uno o más materiales seleccionados del grupo de materiales que consta de: tungsteno, titanio, aluminio, cobre, polieterimida y policarbonato.
- 60 13. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde el sistema comprende además un módulo de almacenamiento (112) configurado para almacenar uno o más artículos que van a ser reparados o modificados por el módulo de fabricación aditiva; uno o ambos del módulo de fabricación aditiva y el aparato de maquinado están configurados para recibir un artículo a reparar desde el módulo de almacenamiento.
- 65 14. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en donde el sistema comprende además un módulo de inspección configurado para medir una superficie del artículo.

15. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en donde el aparato de fabricación aditiva es un aparato de fabricación aditiva basado en alambre o basado en filamentos y la materia prima comprende un alambre o un filamento.
- 5 16. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en donde:
- 10 el proceso de fabricación aditiva es un proceso de fabricación aditiva basado en plásticos y la materia prima comprende un plástico; o  
el proceso de fabricación aditiva es un proceso de fabricación aditiva a base de metal y la materia prima comprende un metal.
17. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, en donde el sistema está ubicado en un vehículo configurado para ser lanzado al espacio.
- 15 18. Una entidad que comprende el sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, siendo la entidad una entidad seleccionada del grupo de entidades que consta de un vehículo espacial, un satélite y una estación espacial.
- 20 19. La entidad de la reivindicación 18, en donde
- 25 la entidad está configurada para acoplarse, en el espacio, con otra entidad; y  
el módulo de reciclaje (114) está configurado para recibir el material de desecho de la  
otra entidad cuando está acoplada a la entidad y/o la entidad está configurada para enviar el artículo a la otra  
entidad cuando está acoplada a la entidad.
- 30 20. La entidad de la reivindicación 18 o 19, en donde
- la entidad está configurada para acoplarse, en el espacio, con otra entidad; y  
el módulo de almacenamiento (116) está configurado para recibir el artículo a reparar  
desde la otra entidad cuando está acoplada a la entidad y/o la entidad está configurada para enviar el artículo  
reparado a la otra entidad cuando está acoplada a la entidad.

Figura 1

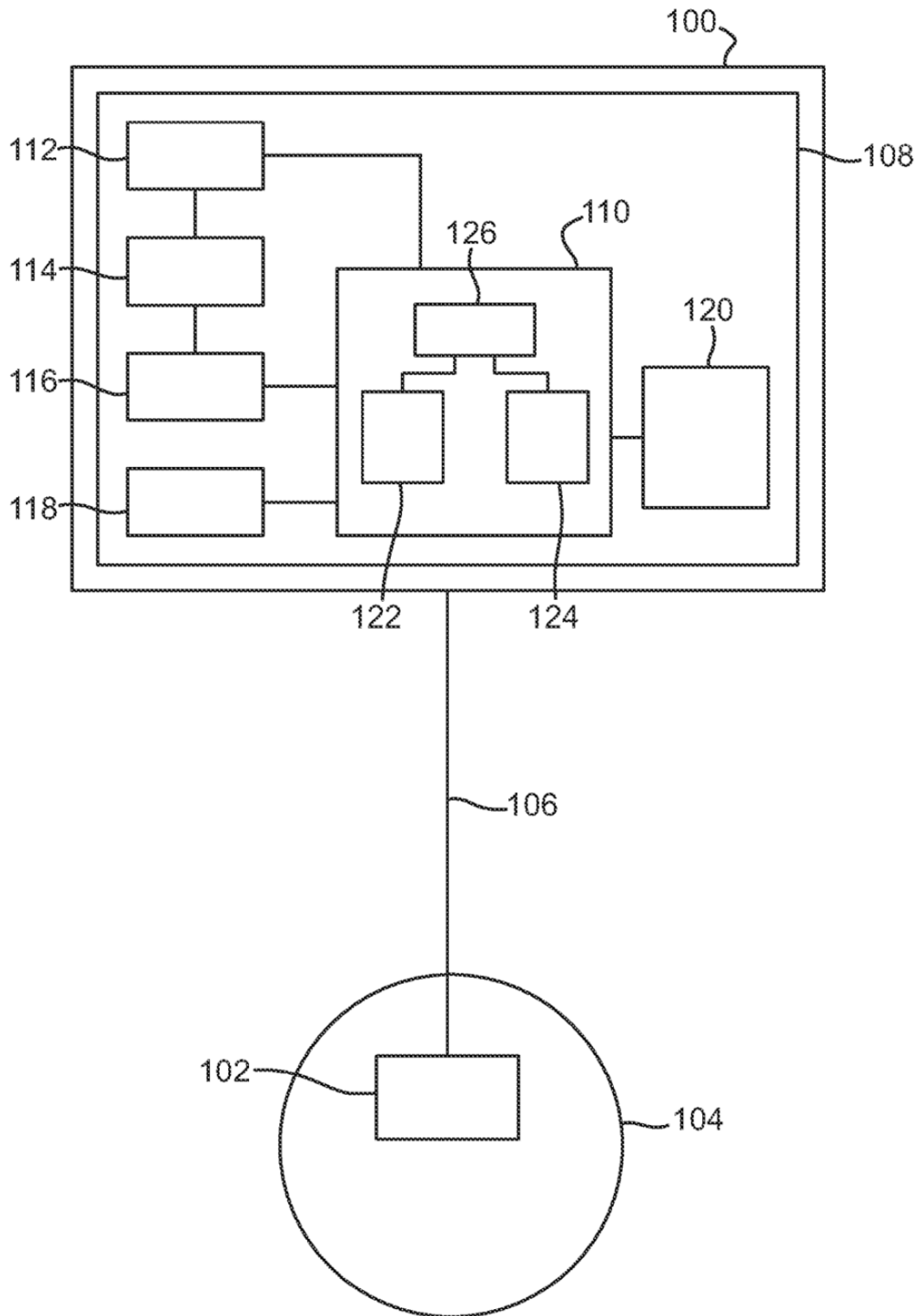


Figura 2

