

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 233**

51 Int. Cl.:

B29C 67/00 (2006.01)

B22F 3/105 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.04.2013** **E 13162179 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2015** **EP 2786858**

54 Título: **Método y aparato para producir piezas de trabajo tridimensionales**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.11.2015

73 Titular/es:

SLM SOLUTIONS GMBH (100.0%)
Roggenhorster Strasse 9c
23556 Lübeck, DE

72 Inventor/es:

WIESNER, ANDREAS y
DR. SCHWARZE, DIETER

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 550 233 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

Método y aparato para producir piezas de trabajo tridimensionales

La presente invención se refiere a un método y un aparato para producir piezas de trabajo tridimensionales irradiando capas de un polvo de la materia prima con una radiación electromagnética o de partículas.

5 Una fusión por láser selectiva o una sinterización por láser es un proceso de estratificación aditivo mediante el cual unas materias primas pulverulentas, en particular metálicas y/o cerámicas, pueden ser transformadas en unas piezas de trabajo tridimensionales de formas complejas. Para esto, se aplica una capa de polvo de la materia prima sobre un portador y es sometida a una radiación de láser de una manera selectiva de sitio dependiendo de la geometría deseada de la pieza de trabajo que ha de ser producida. La radiación de láser que penetra en la capa de polvo produce el calentamiento y en consecuencia la fusión o sinterización de las partículas de polvo de la materia prima. Otras capas de polvo de la materia prima se aplican a continuación sucesivamente a la capa sobre el portador que ya ha sido sometida al tratamiento de láser, hasta que la pieza de trabajo tenga la forma y tamaño deseados. La fusión por láser selectiva o la sinterización por láser se pueden usar en particular para la producción de prototipos, herramientas, piezas de repuesto o prótesis médicas, tal como por ejemplo prótesis dentales u ortopédicas sobre la base de los datos CAD.

Un aparato para producir cuerpos moldeados a partir de materias primas pulverulentas por medio de una fusión por láser selectiva se describe, por ejemplo, en el documento EP 1.793.979 A1. El aparato de la técnica anterior comprende una cámara de procesamiento que aloja una pluralidad de portadores de los cuerpos conformados para ser fabricados. Un sistema de preparación de una capa de polvo comprende un soporte del depósito de polvo que puede ser movido de un sitio a otro a través de los soportes con el fin de aplicar polvo de la materia prima para ser irradiado con un haz de láser sobre los portadores. La cámara de procesamiento está conectada a un circuito de gas protector que comprende una tubería de suministro por medio de la cual se puede suministrar un gas protector a la cámara de procesamiento con el fin de crear una atmósfera de gas protector dentro de la cámara de procesamiento. El circuito de gas protector comprende una tubería de descarga por medio de la cual puede ser retirado de la cámara de procesamiento el gas protector que contiene impurezas granulosas tales como, por ejemplo, partículas de polvo residuales de la materia prima y partículas de humo de soldadura.

El documento EP 1.234.625 A1 describe un método de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un aparato de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 8.

La invención está dirigida al objeto de proporcionar un método y un aparato, que permitan una producción particularmente eficiente de unas piezas de trabajo tridimensionales de alta calidad irradiando las capas de un polvo de la materia prima con una radiación electromagnética o de partículas.

Este objeto se consigue mediante un método definido en la reivindicación 1 y un aparato definido en la reivindicación 8.

En un método para producir unas piezas de trabajo tridimensionales se suministra a una cámara de procesamiento que aloja un portador y un dispositivo de aplicación del polvo. La cámara de procesamiento puede ser sellable con respecto a la atmósfera ambiente, es decir con respecto al medio ambiente que rodea la cámara de procesamiento, con el fin de ser capaz de mantener una atmósfera controlada, en particular una atmósfera inerte dentro de la cámara de procesamiento. Controlando la atmósfera dentro de la cámara de procesamiento, se puede impedir la ocurrencia de reacciones químicas no deseadas, en particular reacciones de oxidación, después de la irradiación del polvo de la materia prima con una radiación electromagnética o de partículas. El gas suministrado a la cámara de procesamiento es preferiblemente un gas inerte tal como, por ejemplo, argón, nitrógeno o uno similar. No obstante, también es posible suministrar aire a la cámara de procesamiento. El gas puede ser suministrado a la cámara de procesamiento por medio de un dispositivo de transporte apropiado tal como, por ejemplo, una bomba.

El portador dispuesto en la cámara de procesamiento puede ser un portador fijo rígido. Preferiblemente, no obstante, el portador está diseñado para ser desplazable en dirección vertical de modo que, con una altura creciente de la estructura de una pieza de trabajo, ya que se forma en capas a partir del polvo de la materia prima, el portador puede ser movido hacia abajo en la dirección vertical. El polvo de la materia prima es preferiblemente un polvo metálico, en particular un polvo de una aleación metálica, pero también puede ser un polvo cerámico o un polvo que contenga materiales diferentes. El polvo puede tener cualquier tamaño de partículas o distribución de tamaños de partículas aceptable. No obstante es preferible procesar polvos con unos tamaños de partículas < 100 µm.

Se aplica una capa de polvo de la materia prima sobre el portador por medio del dispositivo de aplicación del polvo. Después, el polvo de la materia prima aplicado sobre el portador es irradiado selectivamente con una radiación electromagnética o de partículas por medio de un dispositivo de irradiación. En particular, el polvo de la materia prima aplicado sobre el portador puede ser sometido a una radiación electromagnética o de partículas de una manera selectiva de sitio dependiendo de la geometría deseada de la pieza de trabajo que se ha de producir. El dispositivo de irradiación está preferiblemente adaptado para irradiar una radiación sobre el polvo de la materia prima que produce una fusión selectiva de sitio de las partículas de polvo de la materia prima. El dispositivo de irradiación puede comprender al menos una fuente de radiación, en particular una fuente de láser, y al menos una

unidad óptica para guiar y/o procesar un haz de radiación emitido por la fuente de radiación. La unidad óptica puede comprender unos elementos ópticos tales como una lente objeto, en particular una lente f-theta, y una unidad de exploración, dicha unidad de exploración comprende preferiblemente un elemento óptico difractivo y un espejo deflector.

5 Mientras que el polvo de la materia prima aplicado sobre el portador es selectivamente irradiado con una radiación electromagnética o de partículas, el gas que contiene las impurezas granulosas tales como, por ejemplo, partículas de polvo de la materia prima o partículas de humo de soldadura, es descargado de la cámara de procesamiento. El gas que contiene impurezas granulosas puede ser descargado de la cámara de procesamiento por medio de un dispositivo de transporte apropiado tal como, por ejemplo, una bomba. Las impurezas granulosas son retiradas de la
10 cámara de procesamiento con el fin de evitar una excesiva absorción de la energía de radiación y/o el apantallamiento del haz de radiación emitido por la fuente de radiación del dispositivo de irradiación.

La operación del dispositivo de irradiación, por medio de una unidad de control, se controla de modo que un haz de radiación emitido por al menos una fuente de radiación del dispositivo de irradiación sea guiado sobre la capa de polvo de la materia prima aplicado sobre el portador por medio del dispositivo de aplicación del polvo de acuerdo con un patrón de radiación. El patrón de radiación contiene una pluralidad de vectores de exploración, en donde los vectores de exploración, en al menos una sección del patrón de radiación, se extienden sustancialmente paralelos entre sí. El patrón de radiación puede comprender una pluralidad de secciones, en donde, en cada sección, los vectores de exploración pueden extenderse sustancialmente paralelos entre sí, pero pueden estar inclinados con respecto a los vectores de exploración en una sección contigua del patrón de radiación. Los vectores de exploración
15 pueden seguir líneas rectas o líneas curvas. Al menos uno de cada dos vectores de exploración de los vectores de exploración sustancialmente paralelos se extiende en un ángulo entre 0° y 90° o entre 270° y 360° con respecto a una dirección de flujo de una corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento.

La corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento puede ser causada por el suministro de gas a la cámara de procesamiento y/o puede proceder del gas que contiene las impurezas granulosas que es descargado de la cámara de procesamiento. En cualquier caso, la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento transporta impurezas granulosas, tales como partículas de polvo de la materia prima o partículas de humo de soldadura. Orientando los vectores de exploración en el patrón de radiación dependiendo de la dirección de flujo de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento, se puede reducir la absorción de la energía de radiación y/o el apantallamiento del haz de radiación emitido por la fuente de radiación del dispositivo de irradiación. En particular, en el método de acuerdo con la invención, se han omitido los vectores de exploración que se extienden paralelos a y/o que están dirigidos en la misma dirección que la dirección del flujo de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento, lo que permite que se reduzcan significativamente la absorción de la energía de radiación y/o el apantallamiento del haz de radiación emitido por la fuente de radiación.
25

En al menos una sección del patrón de radiación, los vectores de exploración contiguos pueden estar dirigidos en la misma dirección. En un patrón de radiación, en donde los vectores de exploración contiguos están dirigidos en la misma dirección, los vectores de exploración pueden extenderse en un ángulo de aproximadamente 0° con respecto a una dirección del flujo de una corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento, lo que permite minimizar la absorción de la energía de radiación y/o el apantallamiento del haz de radiación emitido por la fuente de radiación.
30

Alternativa o adicionalmente a esto, en al menos una sección del patrón de radiación los vectores de exploración contiguos pueden estar dirigidos en direcciones opuestas, lo que permite que el haz de radiación emitido por la fuente de radiación sea guiado de un sitio a otro a través de la superficie de polvo que va a ser irradiada. En un patrón de radiación, en donde los vectores de exploración contiguos están dirigidos en la misma dirección, los vectores de exploración pueden extenderse en un ángulo entre 30° y 60° , entre 120° y 150° , entre 210° y 240° o entre 300° y 330° . En particular, los vectores de exploración pueden extenderse en un ángulo entre 40° y 50° , entre 130° y 140° , entre 220° y 230° o entre 310° y 320° . Preferiblemente, los vectores de exploración se extienden en un ángulo de aproximadamente 45° , aproximadamente 135° , aproximadamente 225° o aproximadamente 315° .
35

Básicamente, el patrón de radiación puede ser cualquier patrón de radiación apropiado, por ejemplo un patrón de tablero de ajedrez o un patrón que comprende unas secciones de una forma arbitraria. Preferiblemente, sin embargo, el patrón de radiación es un patrón de bandas que comprende una pluralidad de bandas paralelas. Cada banda del patrón de bandas puede estar definida por una pluralidad de vectores de exploración que se extienden sustancialmente paralelos entre sí. Los vectores de exploración que definen una banda del patrón de bandas pueden extenderse paralelos a, o inclinados con relación a, un eje longitudinal de la banda. Sin embargo, también es posible que los vectores de exploración que definen una banda del patrón de bandas se extiendan sustancialmente perpendiculares a un eje longitudinal de la banda.
40
45
50
55

En una realización preferida del método para producir piezas de trabajo tridimensionales la operación del dispositivo de irradiación, por medio de la unidad de control, es controlada de modo que el haz de radiación emitido por la al menos una fuente de radiación del dispositivo de irradiación sea guiado sobre la capa de polvo de la materia prima aplicado sobre el portador de modo que una dirección de avance del haz de radiación a lo largo de los ejes longitudinales de las bandas en el patrón de bandas se extienda en un ángulo entre 0° y 90° o entre 270° y 360° .
60

Orientando también la dirección de avance del haz de radiación a lo largo de los ejes longitudinales de las bandas en el patrón de bandas dependiendo de la dirección del flujo de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento, se puede además reducir la absorción de la energía de radiación y/o el apantallamiento del haz de radiación emitido por la fuente de radiación del dispositivo de irradiación.

- 5 En un patrón de radiación, en donde los vectores de exploración contiguos están dirigidos en la misma dirección, la dirección de avance del haz de radiación a lo largo de los ejes longitudinales de las bandas en el patrón de bandas puede extenderse en un ángulo de aproximadamente 90° con respecto a la dirección del flujo de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento. En un patrón de radiación, en donde los vectores de exploración contiguos están dirigidos en direcciones opuestas, la dirección de avance del haz de radiación a lo largo de los ejes longitudinales de las bandas en el patrón de bandas en particular puede extenderse en un ángulo entre 130° y 140°
10 o entre 220° y 230° con respecto a la dirección del flujo de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento. En un patrón de radiación, en donde los vectores de exploración contiguos están dirigidos en direcciones opuestas, la dirección de avance del haz de radiación a lo largo de los ejes longitudinales de las bandas en el patrón de bandas se extiende preferiblemente en un ángulo de aproximadamente 135° o aproximadamente
15 225° con respecto a la dirección del flujo de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento.

La operación del dispositivo de irradiación, por medio de la unidad de control, puede ser controlada de modo que el haz de radiación emitido por la al menos una fuente de radiación del dispositivo de radiación sea guiado sobre las subsiguientes capas de polvo de la materia prima aplicado sobre el portador de acuerdo con los patrones de radiación que están rotados relativamente entre sí. Rotando los patrones de radiación tras la irradiación de las capas subsiguientes de polvo de la materia prima se pueden minimizar la contracción excesiva y las tensiones residuales
20 en las piezas de trabajo generadas. Básicamente, el patrón de rotación puede ser rotado cualquier ángulo apropiado siempre que se mantenga la orientación de los vectores de exploración con respecto a la dirección del flujo de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento, como se ha descrito antes.

En el método para producir unas piezas de trabajo tridimensionales, se puede detectar una tasa de flujo actual de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento. La tasa de flujo actual detectada puede ser comparada con una tasa de flujo fijada predeterminada. Finalmente, un dispositivo de transporte, el cual es operado para descargar de la cámara de procesamiento el gas que contiene impurezas granulosas, puede ser controlado dependiendo del resultado de la comparación entre la tasa de flujo actual detectada y la tasa de flujo fijada predeterminada de modo que la tasa de flujo actual detectada converja hacia la tasa de flujo fijada predeterminada.
25 El dispositivo de transporte puede ser una bomba. El dispositivo de transporte puede ser controlado por medio de una unidad de control adicional que puede estar formada separada de la unidad de control para controlar la operación del dispositivo de irradiación o puede estar formada integrada con la unidad de control para controlar la operación del dispositivo de irradiación. La tasa de flujo fijada predeterminada puede ser almacenada en una memoria de la unidad de control adicional, puede ser determinada por la unidad de control adicional, o puede ser
30 seleccionada por un operador.

Controlando la operación del dispositivo de transporte dependiendo de una tasa de flujo fijada de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento, la tasa de flujo de la corriente de gas puede ser controlada de una forma particularmente fiable. Específicamente, la operación del dispositivo de transporte, y por lo tanto la tasa de flujo de la corriente de gas, puede ser controlada independiente de un estado operativo de un dispositivo de filtro que filtra las impurezas granulosas de la corriente de gas descargada de la cámara de procesamiento. Además, el
40 atasco de una tubería de descarga por medio de la cual se descarga de la cámara de procesamiento el gas que contiene impurezas granulosas, ya no ejerce una influencia sobre el control y la operación del dispositivo de transporte y por lo tanto sobre la tasa de flujo de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento.

Un método para producir piezas de trabajo tridimensionales, en donde la operación del dispositivo de transporte se controla dependiendo de una tasa de flujo fijada de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento como se ha descrito antes, puede ser reivindicado independiente del control antes descrito del dispositivo de irradiación. Específicamente, un método para producir piezas de trabajo tridimensionales puede ser reivindicado, en donde el gas es suministrado a una cámara de procesamiento que aloja un portador y un dispositivo
50 de aplicación del polvo, una capa de polvo de la materia prima se aplica sobre el portador por medio del dispositivo de aplicación del polvo, una radiación electromagnética o de partículas se irradia selectivamente sobre el polvo de la materia prima aplicado sobre el portador por medio de un dispositivo de irradiación, el gas que contiene impurezas granulosas es descargado de la cámara de procesamiento, y la operación del dispositivo de transporte es controlado dependiendo de una tasa de flujo fijada de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento
55 como se ha descrito antes.

La tasa de flujo actual de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento puede ser medida por medio de un dispositivo de detección. El dispositivo de detección puede comprender un sensor de la tasa de flujo de gas dispuesto en una tubería de descarga por medio de la cual se descarga de la cámara de procesamiento el gas que contiene impurezas granulosas.

Un aparato para producir una piezas de trabajo tridimensionales comprende una cámara de procesamiento que aloja un portador y un dispositivo para la aplicación de polvo para aplicar sobre un portador un polvo de la materia prima, una tubería de suministro de gas para suministrar gas a la cámara de procesamiento, un dispositivo de irradiación para irradiar selectivamente una radiación electromagnética o de partículas sobre el polvo de la materia prima aplicado sobre el portador, una tubería de descarga para descargar de la cámara de procesamiento el gas que contiene impurezas granuladas, y una unidad de control que está adaptada para controlar la operación del dispositivo de irradiación de modo que un haz de radiación emitido por al menos una fuente de radiación del dispositivo de irradiación sea guiado sobre la capa de polvo de la materia prima aplicado sobre el portador de acuerdo con un patrón de radiación. El patrón de radiación contiene una pluralidad de vectores de exploración, en donde los vectores de exploración, en al menos una sección del patrón de radiación, se extienden sustancialmente paralelos entre sí, y en donde al menos uno de cada dos vectores de exploración de los vectores de exploración sustancialmente paralelos se extiende en un ángulo entre 0° y 90° o entre 270° y 360° con respecto a una dirección de flujo de una corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento.

Los vectores de exploración contiguos, en al menos una sección del patrón de radiación, pueden estar dirigidos en la misma dirección y/o en direcciones opuestas.

El patrón de radiación puede ser un patrón de bandas que comprende una pluralidad de bandas paralelas, cada banda está definida por una pluralidad de vectores de exploración que se extienden sustancialmente paralelos entre sí. Además, los vectores de exploración que definen una banda del patrón de bandas pueden extenderse sustancialmente perpendiculares a un eje longitudinal de la banda.

La unidad de control puede además ser adaptada para controlar la operación del dispositivo de irradiación de modo que el haz de radiación emitido por la al menos una fuente de radiación del dispositivo de radiación sea guiado sobre la capa de polvo de la materia prima aplicado sobre el portador de modo que una dirección de avance del haz de radiación a lo largo de los ejes longitudinales de las bandas en el patrón de bandas se extienda en un ángulo entre 0° y 90° o entre 270° y 360°.

La unidad de control puede ser adaptada para controlar la operación del dispositivo de irradiación de modo que el haz de radiación emitido por la al menos una fuente de radiación del dispositivo de radiación sea guiado sobre las subsiguientes capas de polvo de la materia prima aplicado sobre el portador de acuerdo con los patrones de radiación que están rotados relativamente uno con respecto al otro.

El aparato puede comprender además un dispositivo de detección para detectar una tasa de flujo actual de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento, un dispositivo de comparación para comparar la tasa de flujo actual detectada con una tasa fijada predeterminada, y una unidad de control adicional que está adaptada para controlar un dispositivo de transporte que es operado para descargar de la cámara de procesamiento el gas que contiene impurezas granuladas dependiendo del resultado de la comparación entre la tasa de flujo actual detectada y la tasa de flujo fijada predeterminada de modo que la tasa de flujo actual detectada converja hacia la tasa de flujo fijada predeterminada. La unidad de control adicional puede estar formada separada de la unidad de control para controlar la operación del dispositivo de irradiación o puede ser formada integrada con la unidad de control para controlar la operación del dispositivo de irradiación.

Un aparato para producir piezas de trabajo tridimensionales, en donde la operación del dispositivo de transporte se controla dependiendo de una tasa de flujo fijada de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento como se ha descrito antes puede ser reivindicado independiente del aparato antes descrito que permite un control del dispositivo de irradiación como se ha descrito antes. Específicamente, se puede reivindicar un aparato para producir piezas de trabajo tridimensionales, el cual comprende una cámara de procesamiento que aloja un portador y un dispositivo de aplicación de polvo para aplicar un polvo de la materia prima sobre el portador, una tubería de suministro de gas para suministrar gas a la cámara de procesamiento, un dispositivo de irradiación para irradiar selectivamente una radiación electromagnética o de partículas sobre el polvo de la materia prima aplicado sobre el portador, una tubería de descarga para descargar de la cámara de procesamiento el gas que contiene impurezas granuladas, un dispositivo de detección para detectar una tasa de flujo actual de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento, un dispositivo de comparación para comparar la tasa de flujo actual detectada con una tasa de flujo fijada predeterminada, y una unidad de control que está adaptada para controlar un dispositivo de transporte que puede ser operado para descargar de la cámara de procesamiento el gas que contiene impurezas granuladas dependiendo del resultado de la comparación entre la tasa de flujo actual detectada y la tasa de flujo fijada predeterminada de modo que la tasa de flujo actual converja hacia la tasa de flujo predeterminada.

El dispositivo de detección puede comprender un sensor de la tasa de flujo de gas dispuesto en la tubería de descarga por medio de la cual se descarga de la cámara de procesamiento el gas que contiene impurezas granuladas.

Las realizaciones preferidas de la invención en lo que sigue se explican con más detalle haciendo referencia a los dibujos esquemáticos que se acompañan, en los que:

La Figura 1 muestra un aparato para producir piezas de trabajo tridimensionales,

- La Figura 2 muestra una representación esquemática de un patrón de radiación a modo de ejemplo de acuerdo con el cual un haz de radiación emitido por una fuente de radiación de un dispositivo de radiación empleado en el aparato de acuerdo con la Figura 1 es guiado sobre una capa de polvo de la materia prima,
- 5 La Figura 3 muestra una representación esquemática de un patrón de radiación adicional a modo de ejemplo de acuerdo al cual un haz de radiación emitido por una fuente de radiación de un dispositivo de radiación empleado en el aparato de acuerdo con la Figura 1 es guiado sobre una capa de polvo de la materia prima, y
- 10 La Figura 4 muestra una representación esquemática de también un patrón de radiación a modo de ejemplo más de acuerdo al cual un haz de radiación emitido por una fuente de radiación de un dispositivo de irradiación empleado en el aparato de acuerdo con la Figura 1 es guiado sobre una capa de polvo de la materia prima.
- La Figura 1 muestra un aparato 10 para producir piezas de trabajo tridimensionales mediante fusión por láser selectiva (SLM®). El aparato 10 comprende una cámara de procesamiento 12. Un dispositivo 14 de aplicación de polvo, el cual está dispuesto en la cámara de procesamiento 12, sirve para aplicar un polvo de la materia prima sobre un portador 16. El portador 16 está diseñado para ser desplazable en dirección vertical de modo que, con la altura creciente de la estructura de una pieza de trabajo, ya que es formada en capas de polvo de la materia prima sobre el portador 16, el portador 16 puede ser movido hacia abajo en la dirección vertical.
- 15 El aparato 10 comprende además un dispositivo de irradiación 18 para irradiar selectivamente una radiación de láser sobre el polvo de la materia prima aplicado sobre el portador 16. Por medio del dispositivo de irradiación 18, el polvo de la materia prima aplicado sobre el portador 18 puede ser sometido a una radiación de láser de una manera selectiva de sitio dependiendo de la geometría deseada de la pieza de trabajo que va a ser producida. El dispositivo de irradiación 18 tiene un alojamiento 20 sellable herméticamente. Un haz de radiación 22, en particular un haz de láser, proporcionado por una fuente de láser 24, en particular una fuente de láser que puede, por ejemplo, comprender un láser de fibra de iterbio bombeado por un diodo que emite una luz láser en una longitud de onda de aproximadamente 1.070 a 1.080 nm está dirigida al interior del alojamiento 20 a través de una abertura 26.
- 20 El dispositivo de irradiación 18 comprende además una unidad óptica 28 para guiar y procesar el haz de radiación 22, la unidad óptica 28 que comprende unos elementos ópticos tales como un expansor 30 de haz para expandir el haz de radiación 22, una lente de enfoque 32 para enfocar el haz de radiación 22 en un punto de enfoque, una unidad de exploración 34 y una lente objeto 36. La unidad de exploración 34 y la lente objeto 36 se muestran a modo de ejemplo en la forma de un explorador galvanómetro y una lente objetivo f-theta. Por medio de la unidad de exploración 34 se puede cambiar y adaptar la posición del foco del haz de radiación 22 ambos en la dirección del camino del haz y en un plano perpendicular al camino del haz. La operación del dispositivo de radiación 18 está controlada por medio de una unidad de control 38.
- 30 La cámara de procesamiento 12 es sellable con respecto a la atmósfera ambiente, es decir con respecto al entorno que rodea la cámara de procesamiento 12. La cámara de procesamiento 12 está conectada a una tubería de suministro de gas 39 por medio de la cual un gas proporcionado por una fuente de gas 40 puede ser suministrado a la cámara de procesamiento 12. El gas suministrado a la cámara de procesamiento 12 desde una fuente de gas 40 puede ser un gas inerte como, por ejemplo, argón o nitrógeno. Una tubería de descarga 42 sirve para descargar el gas que contiene impurezas granulosas como, por ejemplo, partículas de polvo de la materia prima o partículas de humo de soldadura procedentes de la cámara de procesamiento 12 durante la irradiación electromagnética o la radiación de partículas sobre el polvo de la materia prima aplicado sobre el portador 16 con el fin de producir una pieza de trabajo hecha de dicho polvo de la materia prima por un método de formación de capas aditivas. El gas que contiene impurezas granulosas es descargado de la cámara de procesamiento 12 por medio de un dispositivo de transporte 44 tal como, por ejemplo, una bomba. Un filtro 46 dispuesto en la tubería de descarga 42 aguas arriba del dispositivo de transporte 44 sirve para filtrar las impurezas granulosas de la corriente de gas descargada de la cámara de procesamiento 12. Después de pasar el filtro 46 la corriente de gas puede ser recirculada en la cámara de procesamiento 12 por medio de la tubería 39 de suministro de gas.
- 35 Suministrando un gas procedente de la fuente de gas 40 a la cámara de procesamiento 12 por medio de la tubería 39 de suministro de gas y descargando de la cámara de procesamiento 12 el gas que contiene impurezas granulosas por medio de la tubería de descarga 42, se produce un flujo de gas a través de la cámara de procesamiento. Específicamente, se genera una corriente de gas que fluye en una dirección de flujo que está indicada por una flecha F dentro de la cámara de procesamiento 12. La corriente de gas transporta impurezas granulosas, tal como partículas de polvo de la materia prima, hollín o partículas de humo de soldadura.
- 40 Una tasa de flujo actual de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento 12 es detectada por medio de un dispositivo de detección 48. El dispositivo de detección 48 comprende un sensor 50 de la tasa de flujo dispuesto en la tubería de descarga 42 por medio de la cual el gas que contiene impurezas granulosas es descargado de la cámara de procesamiento 12. El dispositivo de detección 48 puede comprender además unos sensores de la tasa de flujo de gas que pueden estar dispuestos dentro de la cámara de procesamiento 12, pero no
- 45
- 50
- 55

se muestran en la Figura 1. La unidad de control adicional 52, que en el aparato 10 de acuerdo con la Figura 1 está formada separada de la unidad de control 38 para controlar la operación del dispositivo de irradiación 18, pero que también puede estar formada integrada con la unidad de control 38, sirve para controlar la operación del dispositivo de transporte 44 dependiendo de la tasa de flujo actual detectada de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento 12. Específicamente, un dispositivo de comparación 54 de la unidad de control adicional 52 sirve para comparar la tasa de flujo actual detectada con una tasa de flujo fijada predeterminada. La unidad de control adicional 52 controla a continuación el dispositivo de transporte 44 dependiendo del resultado de la comparación entre la tasa de flujo actual detectada y la tasa de flujo fijada predeterminada de modo que la tasa de flujo actual detectada converja hacia la tasa de flujo fijada predeterminada.

La operación del dispositivo de irradiación 18, por medio de la unidad de control 38, es controlado de modo que el haz de radiación 22 emitido por la fuente de radiación 24 del dispositivo de irradiación 18 sea guiado sobre la capa de polvo de la materia prima aplicado sobre el portador 16 por medio del dispositivo 14 de aplicación del polvo de acuerdo con un patrón de radiación 56, 56', 56'' como está representado en cualquiera de las Figuras 2 a 4. El patrón de radiación 56 mostrado en la Figura 2 es un patrón de bandas que comprende una pluralidad de bandas paralelas S. Cada banda S del patrón de bandas está definida por una pluralidad de vectores de exploración V que se extienden sustancialmente paralelos entre sí y sustancialmente perpendiculares a un eje longitudinal L de la banda S. Dentro de cada banda S del patrón de bandas, los vectores de exploración V contiguos están dirigidos en direcciones opuestas. Como resulta evidente de la Figura 2, los vectores de exploración V del patrón de radiación 56 están orientados con respecto a la dirección de flujo F de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento 12, de modo que los vectores de exploración V se extienden en un ángulo γ de aproximadamente 315° y aproximadamente 135° con respecto a la dirección de flujo F de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento 12.

Además, la operación del dispositivo de irradiación 18, por medio de la unidad de control 38, es controlada de modo que el haz de radiación 22 emitido por la fuente de radiación 24 del dispositivo de irradiación 18 sea guiado sobre la capa de polvo de la materia prima aplicado sobre el portador 16 de modo que una dirección de avance A del haz de radiación 22 a lo largo de los ejes longitudinales L de las bandas S en el patrón de bandas se extienda en un ángulo β de aproximadamente 45° con respecto a la dirección de flujo F de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento 12. Orientando los vectores de exploración V en el patrón de radiación 56 y la dirección de avance A del haz de radiación 22 a lo largo de los ejes longitudinales L de las bandas S en el patrón de bandas dependiendo de la dirección de flujo F de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento 12, se puede reducir la absorción de la energía de radiación y/o el apantallamiento del haz de radiación 22 emitido por la fuente de radiación 24 del dispositivo de irradiación 18.

Finalmente, la operación del dispositivo de irradiación 18, por medio de la unidad de control 38, es controlada de modo que el haz de radiación 22 emitido por la fuente de radiación 24 del dispositivo de irradiación 18 sea guiado sobre las subsiguientes capas de polvo de la materia prima aplicado sobre el portador 16 de acuerdo con los patrones de radiación que están rotados relativamente entre sí. Específicamente, el patrón de radiación 56 que está representado en la Figura 2 y que se usa para irradiar una primera capa de polvo de la materia prima es rotado aproximadamente 90° para formar el patrón de radiación 56' representado en la Figura 3. Después de irradiar una segunda capa de polvo de la materia prima, que se aplica sobre la primera capa (ya irradiada) de polvo de la materia prima, el haz de radiación 22 emitido por la fuente de radiación 24 del dispositivo de irradiación 18 es guiado de acuerdo con el patrón de radiación 56'.

Al igual que el patrón de radiación 56, el patrón de radiación 56' es también un patrón de bandas que comprende una pluralidad de bandas paralelas S', en donde cada banda S' está definida por una pluralidad de vectores de exploración V' que se extienden sustancialmente paralelos entre sí y sustancialmente perpendiculares a un eje longitudinal L' de la banda S'. Dentro de cada banda S' del patrón de bandas, los vectores de exploración V' contiguos están dirigidos en direcciones opuestas. Los vectores de exploración V' del patrón de radiación 56' están orientados con respecto a la dirección de flujo F de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento 12, de modo que los vectores de exploración V' se extienden en un ángulo γ' de aproximadamente 45° y aproximadamente 225° con respecto a la dirección de flujo F de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento 12.

Una dirección de avance A' del haz de radiación 22 a lo largo de los ejes longitudinales L' de las bandas S' en el patrón de bandas se extiende en un ángulo β' de aproximadamente 315° con respecto a la dirección de flujo F de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento 12. Rotando el patrón de radiación 56, 56' después de radiar las subsiguientes capas de polvo de la materia prima, se pueden minimizar la contracción excesiva y las tensiones residuales en las piezas de trabajo generadas.

En la Figura 4 está representado a modo de ejemplo un patrón de radiación adicional 56''. Al igual que los patrones de radiación 56, 56', el patrón de radiación 56'' es también un patrón de bandas que comprende una pluralidad de bandas paralelas S'', en donde cada banda S'' está definida por una pluralidad de vectores de exploración V'' que se extienden sustancialmente paralelos entre sí y sustancialmente perpendiculares a un eje longitudinal L'' de la banda S''. Dentro de cada banda S'', los vectores de exploración V'' contiguos están dirigidos en la misma dirección. Los vectores de exploración V'' del patrón de radiación 56'' están orientados con respecto a la dirección de flujo F de la

corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento 12, de modo que los vectores de exploración V se extienden en un ángulo γ de aproximadamente 0° con respecto a la dirección de flujo F de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento 12.

- 5 Una dirección de avance A" del haz de radiación 22 a lo largo de los ejes longitudinales L" de las bandas S" en el patrón de bandas se extiende en un ángulo β de aproximadamente 90° con respecto a la dirección de flujo F de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento 12.

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir piezas de trabajo tridimensionales, el método comprende los pasos de:
 - suministrar gas a una cámara de procesamiento (12) que aloja un portador (16) y un dispositivo de (14) de aplicación de polvo,
- 5 - aplicar una capa de polvo de la materia prima sobre el portador (16) por medio del dispositivo (14) de aplicación del polvo,
 - una irradiación electromagnética selectiva o una radiación de partículas sobre el polvo aplicado sobre el portador (16) por medio de un dispositivo de irradiación (18), y
 - descargar de la cámara de procesamiento (12) el gas que contiene impurezas granulosas,
- 10 caracterizado por que el método comprende además el paso de:
 - controlar la operación del dispositivo de irradiación (18) por medio de una unidad de control (38) de modo que un haz de radiación (22) emitido por al menos una fuente de radiación (24) del dispositivo de irradiación (18) sea guiado sobre la capa de polvo de la materia prima aplicado sobre el portador (16) de acuerdo con un patrón de radiación (56, 56') que contiene una pluralidad de vectores de exploración (V, V', V''), en donde los vectores de exploración (V, V', V''), en al menos una sección del patrón de radiación (56, 56', 56''), se extienden sustancialmente paralelos entre sí, y en donde al menos uno de cada dos vectores de exploración (V, V', V'') de los vectores de exploración (V, V', V'') sustancialmente paralelos se extiende en un ángulo ($\gamma, \gamma', \gamma''$) entre 0° y 90° o entre 270° y 360° con respecto a la dirección de flujo (F) de una corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento (12).
- 15
- 20 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los vectores de exploración (V'') contiguos, en al menos una sección del patrón de radiación (56''), están dirigidos en la misma dirección, o en donde los vectores de exploración (V, V'), en al menos una sección del patrón de radiación (56, 56'), están dirigidos en direcciones opuestas.
- 25 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el patrón de radiación (56, 56', 56'') es un patrón de bandas que comprende una pluralidad de bandas paralelas (S, S', S''), cada banda (S, S', S'') está definida por una pluralidad de vectores de exploración (V, V', V'') que se extienden sustancialmente paralelos entre sí y, en particular, se extienden sustancialmente perpendiculares a un eje longitudinal (L, L', L'') de la banda (S, S', S'').
- 30 4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la operación del dispositivo de irradiación (18), por medio de la unidad de control (38), es controlado de modo que el haz de radiación (22) emitido por la al menos una fuente de radiación (24) del dispositivo de irradiación (18) sea guiado sobre la capa de polvo de la materia prima aplicado sobre el portador (16) de modo que la dirección de avance (A, A', A'') del haz de radiación (22) a lo largo de los ejes longitudinales (L, L', L'') de las bandas (S, S', S'') en el patrón de bandas se extienda en un ángulo (β, β', β'') entre 0° y 90° o entre 270° y 360° con respecto a la dirección de flujo (F) de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento (12).
- 35 5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la operación del dispositivo de irradiación (18), por medio de la unidad de control (38), es controlado de modo que el haz de radiación (22) emitido por la al menos una fuente de radiación (24) del dispositivo de irradiación (18) sea guiado sobre las subsiguientes capas de polvo de la materia prima aplicado sobre el portador (16) de acuerdo con los patrones de radiación (56, 56', 56'') que están rotados relativamente entre sí.
- 40 6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, comprende además los pasos de:
 - detectar una tasa de flujo actual de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento (12),
 - comparar la tasa de flujo actual detectado con una tasa de flujo fijada predeterminada, y
 - controlar un dispositivo de transporte (44) que es operado para descargar de la cámara de procesamiento (12) el gas que contiene impurezas granulosas dependiendo del resultado de la comparación entre la tasa de flujo actual detectada y la tasa de flujo fijada predeterminada de modo que la tasa de flujo actual converja hacia la tasa de flujo fijada predeterminada.
- 45
7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en donde la tasa de flujo actual de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento (12) se mide por medio de un dispositivo de detección (48) que comprende un sensor de la tasa de flujo de gas dispuesto en una tubería de descarga (42) por medio de la cual se descarga de la cámara de procesamiento (12) el gas que contiene impurezas granulosas.
- 50
8. Un aparato (10) para producir piezas de trabajo tridimensionales, que comprende:

- una cámara de procesamiento (12) que aloja un portador (16) y un dispositivo (14) de aplicación de polvo para aplicar un polvo de la materia prima sobre el portador (16),
- una tubería de suministro de gas (39) para suministrar gas a la cámara de procesamiento (12),
- un dispositivo de irradiación (18) para irradiar selectivamente una radiación electromagnética o de partículas sobre el polvo de la materia prima aplicado sobre el portador (16),
- una tubería de descarga (42) para descargar de la cámara de procesamiento (12) el gas que contiene impurezas granulosas,

caracterizado por que el aparato comprende además:

- 10 - una unidad de control (38) que está adaptada para controlar la operación del dispositivo de irradiación (18) de modo que un haz de radiación (22) emitido por al menos una fuente de radiación (24) del dispositivo de irradiación (18) sea guiado sobre la capa de polvo de la materia prima aplicado sobre el portador (16) de acuerdo con un patrón de radiación (56, 56', 56'') que contiene una pluralidad de vectores de exploración (V, V', V''), en donde los vectores de exploración (V, V', V''), en al menos una sección del patrón de radiación (56, 56', 56''), se extienden sustancialmente paralelos entre sí, y en donde al menos uno de cada dos vectores de exploración (V, V', V'') de los
- 15 vectores de exploración (V, V', V'') sustancialmente paralelos se extiende en un ángulo ($\gamma, \gamma', \gamma''$) entre 0° y 90° o entre 270° y 360° con respecto a una dirección de flujo (F) de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento (12).

9. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 8, en donde los vectores de exploración (V'') contiguos, en al menos una sección del patrón de radiación (56''), están dirigidos en la misma dirección, o en donde los vectores de exploración (V, V'') contiguos en al menos una sección del patrón de radiación (56, 56'), están dirigidos en direcciones opuestas.
- 20

10. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en donde el patrón de radiación (56, 56', 56'') es un patrón de bandas que comprende una pluralidad de bandas paralelas (S, S', S''), cada banda (S, S', S'') está definida por una pluralidad de vectores de exploración (V, V', V'') que se extienden sustancialmente paralelos entre sí y, en particular, se extienden sustancialmente perpendiculares a un eje longitudinal (L, L', L'') de la banda (S, S', S'').
- 25

11. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 10, en donde la unidad de control (38) está adaptada para controlar la operación del dispositivo de irradiación (18) de modo que el haz de radiación (22) emitido por la al menos una fuente de radiación (24) del dispositivo de irradiación (18) sea guiado sobre la capa de polvo de la materia prima aplicada sobre el portador (16) de modo que una dirección de avance (A, A', A'') del haz de radiación (22) a lo largo de los ejes longitudinales (L, L', L'') de las bandas (S, S', S'') en el patrón de bandas se extienda en un ángulo (β, β', β'') entre 0° y 90° o entre 270° y 360° con respecto a la dirección de flujo (F) de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento (12).
- 30

12. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en donde la unidad de control (38) está adaptada para controlar la operación del dispositivo de irradiación (18) de modo que el haz de radiación (22) emitido por la al menos una fuente de radiación (24) del dispositivo de irradiación (18) sea guiado sobre las subsiguientes capas de polvo de la materia prima aplicado sobre el portador (16) de acuerdo con los patrones de radiación (56, 56', 56'') que están rotados relativamente entre sí.
- 35

13. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, que además comprende:
- un dispositivo de detección (48) para detectar una tasa de flujo actual de la corriente de gas que fluye a través de la cámara de procesamiento (12),
 - un dispositivo de comparación (54) para comparar la tasa de flujo actual detectada con una tasa de flujo fijada predeterminada, y
 - una unidad de control adicional (52) que está adaptada para controlar un dispositivo de transporte (44) que puede ser operado para descargar de la cámara de procesamiento (12) el gas que contiene impurezas granulosas dependiendo del resultado de la comparación entre la tasa de flujo actual detectada y la tasa de flujo fijada predeterminada de modo que la tasa de flujo actual converja hacia la tasa de flujo predeterminada.
- 40
- 45

14. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 13, en donde el dispositivo de detección (48) comprende un sensor (50) del flujo de gas dispuesto en la tubería de descarga (42) por medio de la cual se descarga de la cámara de procesamiento (12) el gas que contiene impurezas granulosas.
- 50

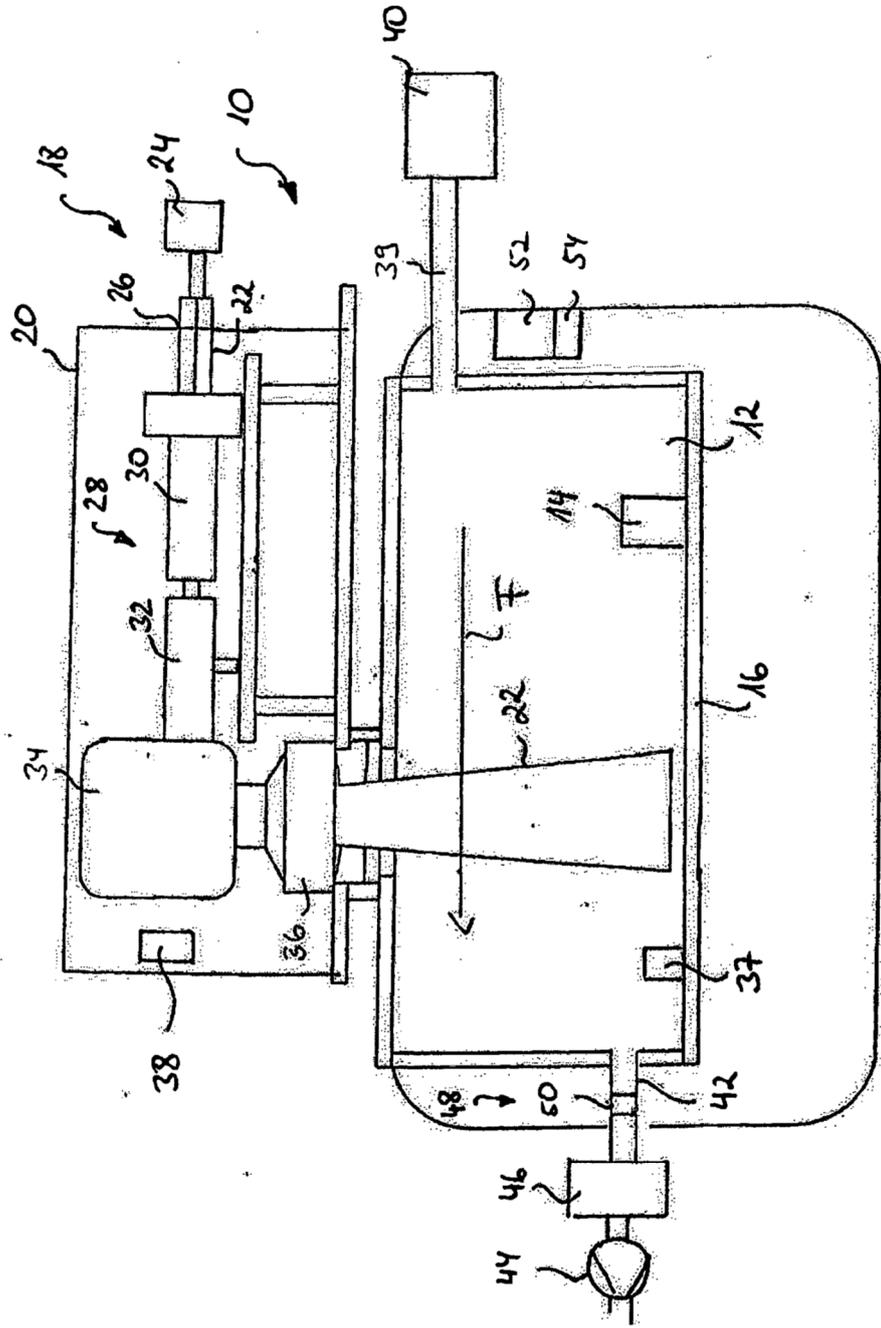


Fig. 1

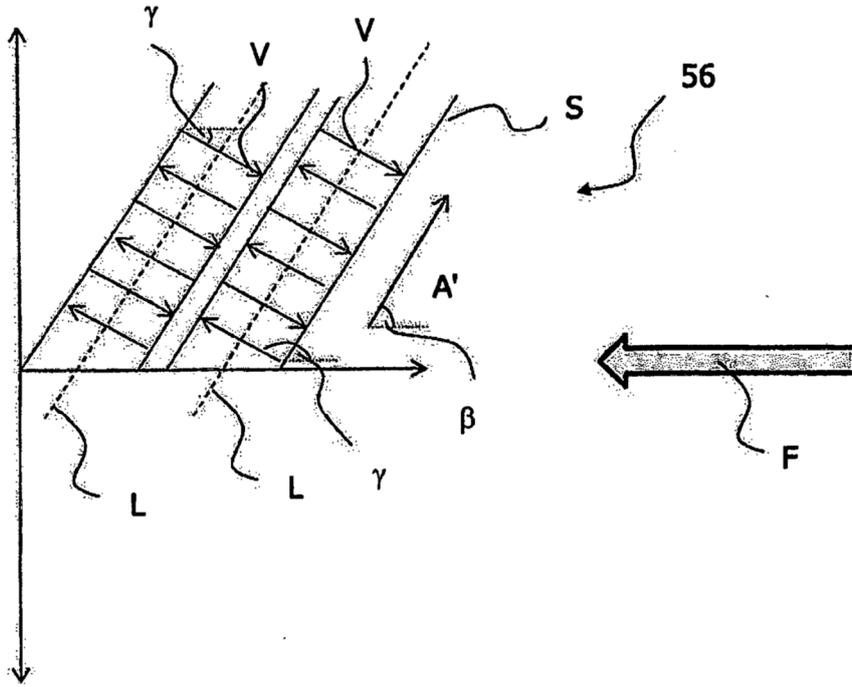


Fig. 2

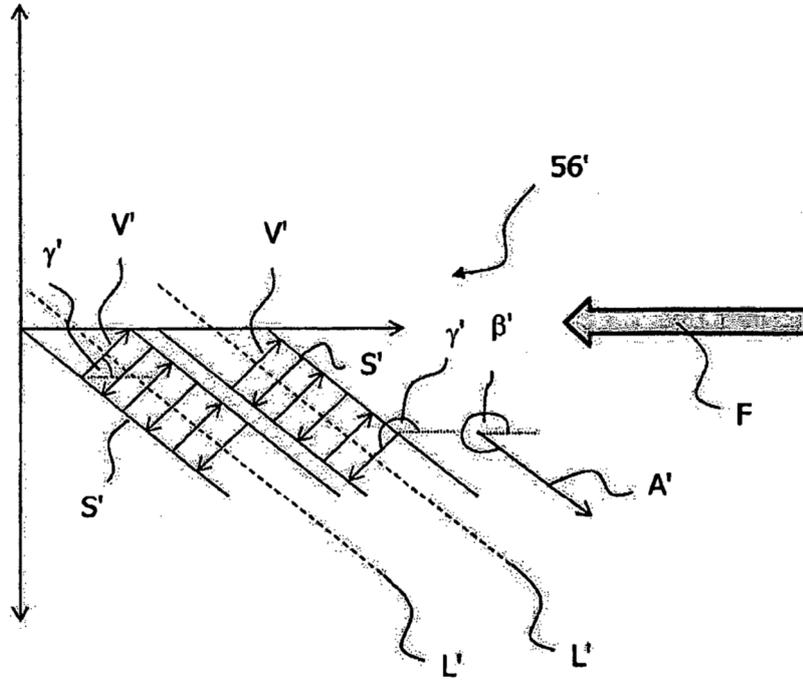


Fig. 3

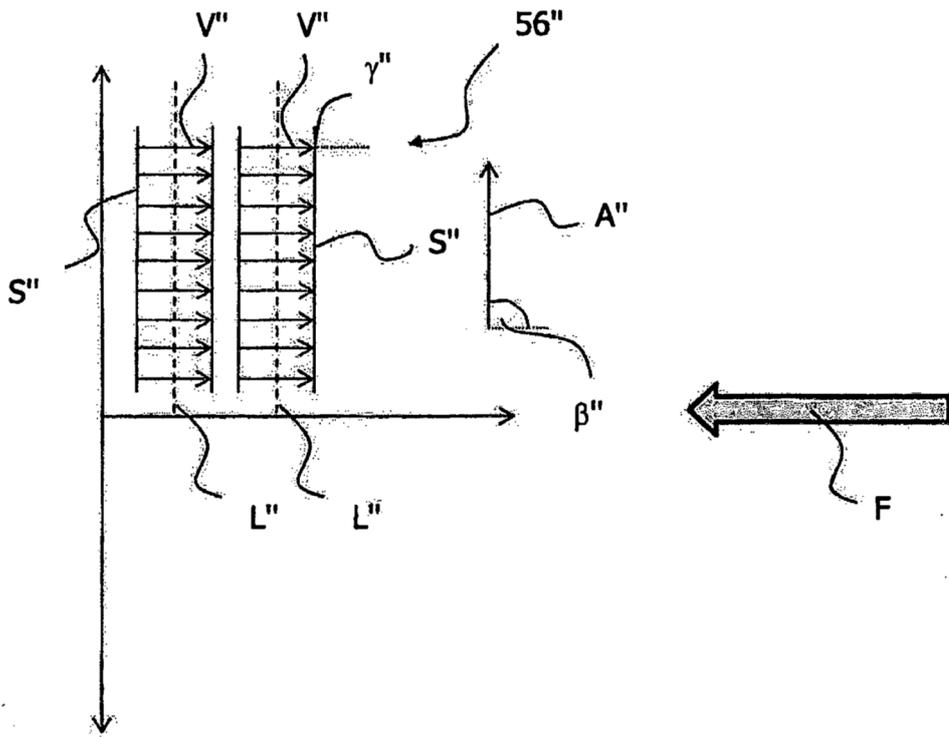


Fig. 4