

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 021 868**

51 Int. Cl.:

B23K 26/06 (2014.01)
B23K 26/08 (2014.01)
B23K 26/34 (2014.01)
B23K 26/21 (2014.01)
B23K 26/082 (2014.01)
B23K 26/352 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.12.2019** **PCT/EP2019/086965**
87 Fecha y número de publicación internacional: **02.07.2020** **WO20136181**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2019** **E 19829632 (9)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2025** **EP 3902649**

54 Título: **Métodos y sistema para calentar un objeto usando un haz de energía**

30 Prioridad:

28.12.2018 EP 18383005

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.05.2025

73 Titular/es:

ETXE-TAR, S.A. (100.00%)
San Antolin, 3
20870 Elgoibar (Guipúzcoa), ES

72 Inventor/es:

GABILONDO, JOSE JUAN

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 3 021 868 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

Métodos y sistema para calentar un objeto usando un haz de energía

- 5 La presente invención se refiere al calentamiento de un objeto usando un haz de energía, tal como un haz de luz, y, en particular, a métodos y a un sistema para calentar al menos una porción seleccionada de un objeto, véanse las reivindicaciones 1-2 y 8.

10 Estado de la técnica

Es conocido en la técnica calentar objetos dirigiendo un haz de energía, tal como un haz de luz (normalmente un haz láser), sobre el objeto. Este tipo de calentamiento se utiliza en muchos tipos diferentes de procesos industriales, tal como en el endurecimiento por láser, ablandamiento láser de un área previamente endurecida, fabricación aditiva, soldadura láser y revestimiento láser.

Tradicionalmente, para estos fines, ópticas más o menos fijas (lentes, espejos...) se han utilizado para establecer un haz láser que tiene una sección transversal seleccionada, por ejemplo, que presenta una sección transversal sustancialmente circular o rectangular. A menudo, un objetivo es dar forma y enfocar el haz láser para que tenga una potencia o distribución de energía predeterminada a lo largo y a lo largo de su sección transversal, al menos donde incide en la pieza de trabajo. A veces se prefiere una distribución de energía relativamente uniforme, a veces se aplica más energía a ciertas porciones del punto láser proyectado que a otras porciones. Por ejemplo, en algunas implementaciones, una porción delantera presenta una densidad de energía más alta que una porción trasera, etc.

La figura 1A ilustra esquemáticamente un sistema de la técnica anterior para el tratamiento térmico de un objeto de hoja de metal, tal como un pilar para la carrocería de un vehículo. El sistema comprende un cabezal láser 1000 que dirige un haz láser 1001 (a menudo generado por una fuente láser colocada fuera del cabezal láser) sobre la pieza de trabajo 100. El cabezal láser 1000 incluye medios para dar forma y enfocar correctamente el haz láser para proyectar un punto láser 1002 con una forma y distribución de energía deseadas sobre la pieza de trabajo. En el sistema ilustrado, el punto láser es sustancialmente rectangular. El cabezal láser 1000 se puede desplazar típicamente en relación con la pieza de trabajo 100 de acuerdo con los ejes X, Y y Z ilustrados en la figura 1A, desplazando el cabezal láser 1000, desplazando la pieza de trabajo 100, o ambos.

La pieza de trabajo 100 puede, por ejemplo, ser una pieza de muy alta dureza, obtenida presionando en caliente una plantilla de hoja de metal para darle la forma deseada, seguido de enfriamiento de la pieza de trabajo para producir templado, tal como se conoce en la técnica. El haz láser 1001 se proyecta sobre la pieza de trabajo en una región donde se desea proporcionar una dureza reducida, por ejemplo, para establecer un área donde la deformación pueda tener lugar fácilmente en caso de impacto. La figura 1A ilustra esquemáticamente cómo se puede llevar a cabo barriendo básicamente el haz láser 1001 sobre el área donde se desea una dureza reducida, típicamente correspondiente a una tira o banda a través del pilar. Por tanto, se puede obtener una dureza reducida en correspondencia con la trayectoria seguida por el punto láser proyectado 1002. En la figura 1A, el punto láser 1002 se desplaza en la dirección X, por ejemplo, debido al movimiento relativo entre el cabezal láser 1000 y la pieza de trabajo 100. También es frecuente que el cabezal láser incluya medios para escanear el haz láser en una o dos direcciones, de modo que el escáner puede producir el desplazamiento del punto láser 1002 a lo largo del eje X.

Las figuras 1B y 1C muestran cómo con este tipo de sistema el punto láser puede seguir una pista 104 (ilustrada esquemáticamente por las flechas en las figuras 1B y 1C) en la pieza de trabajo que incluye una curva. En las figuras 1B y 1C, la pista curva se extiende sustancialmente en el plano X-Y. Ahora, tal como ilustra esquemáticamente en las figuras 1B y 1C, esto puede requerir que el punto láser proyectado 1002 sea reorientado en el plano X-Y, para permanecer correctamente alineado con la pista -tal como con la tangente a la pista- durante el desplazamiento por la pista. Como se ilustra esquemáticamente en la figura 1C, esto se logra girando o pivotando el cabezal láser 1000 alrededor del eje Z del sistema. Por tanto, además de medios para desplazar el punto láser según los ejes X e Y (y opcionalmente a lo largo del eje Z), el cabezal láser y/o la pieza de trabajo tienen un mayor grado de libertad, en concreto, rotación según el eje Z.

Las figuras 1D y 1E ilustran esquemáticamente un sistema de la técnica anterior para soldar con láser dos partes metálicas 101 y 102 que se van a soldar juntas. Se proyecta un haz láser sobre un área de interfaz 103 donde las dos partes 101 y 102 se acoplan, es decir, donde las superficies de las mismas se enfrentan entre sí de modo que las dos partes puedan soldarse entre sí. El haz láser produce un punto láser 1002 que se desplaza a lo largo de una pista 104, ilustrado esquemáticamente por una flecha en la figura 1D y 1E. Al desplazar progresivamente el punto láser 1002 a lo largo de la pista, las porciones de acoplamiento de las dos partes se funden progresivamente. Por solidificación, se crea una costura de soldadura 105.

Como se muestra, la pista se extiende en el plano X-Y e incluye porciones rectas y curvas en ese plano. Un cabezal láser 1000 ilustrado esquemáticamente dirige el haz láser sobre el área de la interfaz. El haz láser está sustancialmente alineado con el eje Z. Como esquemáticamente se ha ilustrado, el haz láser genera un punto láser 1002

sustancialmente rectangular. El punto láser 1002 se mueve a lo largo de la pista mediante un movimiento relativo entre el cabezal láser y la pieza de trabajo en las direcciones X e Y, y/o utilizando un escáner unidimensional o bidimensional para desplazar el haz láser de modo que el punto láser proyectado 1002 se mueve en el plano X-Y.

Sin embargo, para que el calentamiento del área de la interfaz en la sección curva de la pista se asemeje al calentamiento en la porción recta, cuando se utiliza un punto láser no circular (o cuando se utiliza un punto láser circular que tiene una distribución de energía irregular, tal como más energía aplicada en una porción delantera del punto que en una porción posterior), a menudo es deseable alinear correctamente el punto láser con la pista. Las figuras 1D y 1E ilustran esquemáticamente cómo esto se logra convencionalmente pivotando o girando el cabezal láser 1000 alrededor del eje Z en correspondencia con la curva de la pista.

Se sabe en la técnica del tratamiento térmico con láser que en lugar de dar forma al punto láser y determinar la distribución de la potencia del láser adaptando la forma y distribución de la potencia con ópticas fijas, un enfoque alternativo puede basarse en el uso de un punto láser virtual o efectivo que se crea mediante un escaneado rápido y repetitivo del haz láser en dos dimensiones. Por ejemplo, el documento WO-2014/037281-A2 explica cómo se puede utilizar un haz láser para, por ejemplo, el endurecimiento de las superficies de los muñones de un cigüeñal, sin producir sobrecalentamiento de las zonas adyacentes a los orificios de lubricación del aceite. También otros objetos pueden ser tratados térmicamente mediante métodos y sistemas de acuerdo con los enseñados por el documento WO-2014/037281-A2.

El documento WO-2014/037281-A1 discute, entre otros, cómo se puede calentar selectivamente una pieza de trabajo proyectando un haz sobre una superficie de la pieza de trabajo para producir un punto primario en la superficie, el haz se escanea repetidamente en dos dimensiones de acuerdo con un patrón de escaneado para establecer un punto efectivo en la superficie de la pieza de trabajo, este punto efectivo tiene una distribución de energía bidimensional. Este punto efectivo se desplaza en relación con la superficie de la pieza de trabajo para calentar progresivamente una porción seleccionada de la pieza de trabajo. En algunas realizaciones, la distribución de energía bidimensional del punto efectivo se adapta dinámicamente durante el desplazamiento del punto efectivo en relación con la superficie de la pieza de trabajo.

El documento WO-2015/135715-A1, analiza, entre otras cosas, cómo, en el contexto de este tipo de técnica para el endurecimiento por láser, se pueden utilizar diferentes patrones de escaneado. Las realizaciones ilustradas incluyen patrones de escaneado con segmentos que son perpendiculares entre sí. Una realización ilustrada presenta un patrón de escaneado sustancialmente conformado tal como un "8 digital".

Se ha descubierto que la técnica para calentar usando un haz de energía tal como se sugiere en los documentos WO-2014/037281-A1 y WO-2015/135715-A1 se puede usar para otras aplicaciones además del endurecimiento de piezas de trabajo. Por ejemplo, El documento WO-2016/026706-A1, enseña cómo se puede utilizar la técnica para la fabricación aditiva. El documento WO-2016/146646-A1 (que describe el preámbulo de las reivindicaciones 1, 2 y 8), enseña cómo se puede utilizar la técnica para el tratamiento térmico de chapas metálicas. Otras aplicaciones incluyen la soldadura de objetos, por ejemplo, para unir dos o más componentes de un objeto, tal como se describe en el documento WO-2018/054850-A1.

El documento US-2018/0354070-A1 da a conocer un aparato de mecanizado por láser para soldar. Un haz láser se escanea repetidamente a través de una pista curva.

El documento US-2015/0174699-A1 divulga la fusión por láser de una trayectoria de superficie curva. El haz láser se escanea de acuerdo con un patrón similar a un meandro que progresa a lo largo de la trayectoria, y el patrón de escaneado se modifica en correspondencia con la curva.

El documento US-2018/0345413-A1 desvela dispositivos, máquinas y métodos de fabricación aditiva. En algunos casos, la óptica se utiliza para dar forma a un haz láser que se desplazará a lo largo de una trayectoria de, por ejemplo, ancho variable. En otros casos, el haz láser se escanea repetidamente hacia adelante y hacia atrás en una dirección a través de la pista a calentar, y este movimiento se superpone a un movimiento a lo largo de la pista. En una realización, el punto láser sigue un patrón en forma de espiral a lo largo de la pista.

El documento US-2018/0119238-A1 divulga métodos y sistemas de ablación y procesamiento con láser. Se describen diferentes patrones de escaneado.

Descripción de la invención

Un primer aspecto de la invención se refiere a un método para calentar al menos una porción seleccionada de un objeto (tal como una pieza de trabajo, elementos a unir, materia a solidificar en el contexto de la fabricación aditiva, etc.), de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo el método las etapas de:

proyectar, con un dispositivo, tal como un cabezal láser, que comprende un escáner, un haz de energía sobre una superficie del objeto para producir un punto primario en la superficie, y escanear repetidamente el haz en dos

dimensiones de acuerdo con un patrón de escaneado para establecer un punto efectivo en la superficie, teniendo el punto efectivo una distribución de energía bidimensional, desplazar el punto efectivo en relación con la superficie del objeto para calentar progresivamente la al menos una porción seleccionada del objeto, en donde desplazar el punto efectivo con relación a la superficie del objeto comprende desplazar el punto efectivo siguiendo una pista que presenta al menos un cambio de dirección, es decir, al menos una curva o pliegue.

El método comprende mantener el punto efectivo alineado con la pista modificando el funcionamiento del escáner en correspondencia con el al menos un cambio de dirección, es decir, en o durante dicha curva o pliegue. El término "en correspondencia con" indica que el cambio de dirección tiene lugar aproximadamente en dicha curva o pliegue, tal como poco antes, en o poco después de dicha curva o pliegue, o, especialmente en el caso de una curva, opcionalmente, sustancialmente de forma continua a lo largo de la curva.

Como se explicó anteriormente y tal como se ejemplificó al discutir las figuras 1B-1E, la alineación del punto utilizado para calentar un objeto con la pista que sigue el punto en el objeto (por ejemplo, alineación con la tangente a una curva, tal como una curva en un plano contra el que se dirige el haz de energía) se ha logrado tradicionalmente mediante rotar, pivotar o girar el dispositivo que proyecta el haz de energía, tal como rotar, pivotar o girar un cabezal láser, típicamente de acuerdo con un eje sustancialmente perpendicular al plano que contiene la pista o la porción relevante, pliegue o curva del mismo. Por ejemplo, en el caso de una pista con una curva o un pliegue en el plano X-Y, el cabezal láser se puede girar alrededor del eje Z del sistema. Esto requiere que el sistema esté provisto de medios físicos que permitan girar, rotar o pivotar el dispositivo (tal como un cabezal láser), y medios de accionamiento correspondientes y medios para controlar los medios de accionamiento. Adicionalmente, el movimiento alrededor del eje Z implica inevitablemente un desgaste mecánico de los componentes. La presente invención permite superar una o más de estas desventajas produciendo la alineación entre el (punto efectivo) y la pista modificando la forma en que se opera el escáner, para, por ejemplo, rotar o pivotar el punto efectivo alrededor de un eje sustancialmente perpendicular al plano que contiene la pista o a un plano que contiene sustancialmente la parte relevante de la pista. Por ejemplo, en el caso de una porción de una pista en el plano X-Y, el punto efectivo se puede girar alrededor del eje Z, reorientando así el punto efectivo en el plano X-Y. Por tanto, la alineación o adaptación se puede lograr sin necesidad de rotar, pivotar o girar el dispositivo (tal como el cabezal láser), por ejemplo, alrededor del eje Z. Básicamente, el grado mecánico de libertad utilizado en la técnica (tal como se ilustra esquemáticamente en las figuras 1B-1D) puede ser reemplazado por lo que se puede considerar tal como un grado electrónico de libertad, implementado mediante la adaptación de las instrucciones o señales que se utilizan para operar el escáner, tal como las instrucciones o señales que controlan el movimiento de los dispositivos reflectantes tal como los espejos del escáner, tal como un escáner galvanométrico. Esto puede servir para simplificar el sistema y reducir los costes del sistema, y también para aumentar la confiabilidad debido a una reducción en el número de elementos mecánicos y componentes de control que pueden estar sujetos a desgaste mecánico y sufrir fallos. Por ejemplo, en algunas realizaciones, para desplazar el punto efectivo a lo largo de una curva en la pista, el escáner puede operarse para desplazar el patrón de escaneado angularmente en relación con un punto central de la curva, por ejemplo, basando el control de los espejos de escaneado en un movimiento angular correspondiente de los puntos de control que determinan el patrón de escaneado, en relación con el punto central de la curva. Esto puede implicar un cambio en la forma del patrón de escaneado en la curva, dado que los puntos de control radialmente más externos se moverán a una velocidad lineal más alta que los puntos de control radialmente internos, si se mueve a la misma velocidad angular.

De acuerdo con este aspecto de la invención, - la etapa de mantener el punto efectivo alineado con la pista se lleva a cabo sin pivotar el dispositivo alrededor de ningún eje con el fin de alinear el punto efectivo con la pista; y o

- la etapa de modificar el funcionamiento del escáner se lleva a cabo para girar el punto efectivo alrededor de un eje sustancialmente alineado con el haz de energía, sin girar el dispositivo y sin girar el objeto alrededor de ningún eje sustancialmente alineado con el haz de energía (es decir, el punto efectivo se puede girar y reorientar de acuerdo con la pista modificando el funcionamiento del escáner, en lugar de girar el dispositivo, tal como el cabezal láser, alrededor del eje correspondiente; en este documento, el término "sustancialmente alineado con" preferiblemente permite desviaciones de no más de 45 grados, preferiblemente menos de 40 grados, tal como menos de 30, 25, 20, 15, 10, 5 grados. Esto tiene en cuenta el hecho de que el haz de energía a menudo no se dirige completamente perpendicularmente al objeto, por varias razones: una cierta desviación se debe al escaneado bidimensional repetitivo, y una desviación adicional puede deberse al hecho de que el escáner se usa adicionalmente para desplazar el punto efectivo a lo largo de la pista; otras razones de la desviación son el hecho de que las piezas de trabajo a menudo tienen superficies con una forma tridimensional; por otro lado, a menudo se prefiere proyectar el haz de energía sobre el objeto en una materia no ortogonal, para evitar el reflejo del haz de energía en los espejos del escáner); y/o
- la pista se extiende en un plano, y la etapa de modificar la operación del escáner se lleva a cabo para girar el punto efectivo alrededor de un eje sustancialmente perpendicular al plano, sin girar el dispositivo y sin girar el objeto alrededor de ningún eje sustancialmente perpendicular al plano.

De acuerdo con este aspecto de la invención, el método comprende modificar una forma geométrica del punto efectivo y/o del patrón de escaneado en correspondencia con dicho al menos un cambio de dirección.

Otro aspecto de la invención se refiere a un método para calentar al menos una porción seleccionada de un objeto, tal como una pieza de trabajo, elementos a unir, materia a solidificar en el contexto de la fabricación aditiva, etc., de acuerdo con la reivindicación 2, comprendiendo el método las etapas de:

- 5 proyectar, con un dispositivo, tal como un cabezal láser, que comprende un escáner, un haz de energía sobre una superficie del objeto para producir un punto primario en la superficie, y escanear repetidamente el haz en dos dimensiones de acuerdo con un patrón de escaneado para establecer un punto efectivo en la superficie, teniendo el punto efectivo una distribución de energía bidimensional,
- 10 desplazar el punto efectivo en relación con la superficie del objeto para calentar progresivamente la al menos una porción seleccionada del objeto, en donde desplazar el punto efectivo con relación a la superficie del objeto comprende desplazar el punto efectivo siguiendo una pista que presenta al menos un cambio de dirección, es decir, al menos una curva o pliegue.

- 15 El método comprende modificar una forma geométrica del patrón de escaneado en correspondencia con dicho al menos un cambio de dirección.

- 20 La referencia a una adaptación o modificación de una forma geométrica del patrón de escaneado se refiere al hecho de que la forma real del patrón de escaneado, y no (solo) su orientación en relación con el objeto, cambia. Por ejemplo, un patrón de escaneado sustancialmente cuadrado o rectangular se puede remodelar en un patrón de escaneado sustancialmente trapezoidal, o en un patrón de escaneado con seis o más lados, etc. En muchas realizaciones, los lados radialmente internos son más largos que los lados radialmente externos correspondientes del polígono.

- 25 Cambiar la forma del patrón de escaneado puede ser útil para, por ejemplo, mantener el patrón de escaneado dentro de los límites de la pista a seguir (por ejemplo, dentro de los límites de una pista que tiene un ancho constante a lo largo de al menos una sección que comprende una porción recta y una curva), y también para proporcionar una distribución de energía adecuada, teniendo en cuenta que las porciones radialmente exteriores del patrón de escaneado pueden moverse a una velocidad lineal más alta que las porciones radialmente internas del patrón de escaneado cuando el patrón de escaneado pasa a lo largo de una porción curva o doblada de la pista. Por tanto, por ejemplo, las porciones radialmente exteriores del patrón de escaneado pueden estar sujetas preferiblemente a un cambio en su tamaño en la dirección paralela (tangencial a) la pista que es diferente del aumento en el tamaño correspondiente de las porciones radialmente internas correspondientes. Por ejemplo, un punto efectivo sustancialmente cuadrado o rectangular se puede remodelar en un punto efectivo sustancialmente trapezoidal o en un punto efectivo con forma de polígono con 6, 8, 10 o más lados, solo para mencionar algunos ejemplos) con al menos un lado radialmente externo que es más grande que un lado radialmente interno correspondiente, etc. Por ejemplo, el lado o los lados radialmente exteriores pueden presentar una longitud mayor en la porción curva de la pista que en la porción recta anterior de la pista, mientras que el lado o los lados radialmente internos pueden presentar una longitud menor en la porción curva que en la porción recta precedente, o al menos una longitud menor que el lado o lados radialmente externos. Por ejemplo, un punto efectivo sustancialmente circular puede perder su forma circular y presentar una mitad radialmente exterior más grande que la mitad radialmente interior, etc.

- 40 De acuerdo con este aspecto de la invención, la modificación de la forma geométrica del patrón de escaneado comprende una o más de las siguientes opciones A-C:

- 45 A) Modificar el patrón de escaneado, en donde al menos algunas porciones del patrón de escaneado se modifican en función de su distancia al centro del cambio de dirección o curva. Por ejemplo, el patrón de escaneado se puede adaptar de modo que las porciones radialmente interiores estén sujetas a una reducción relativa en su extensión a lo largo de la pista en comparación con las porciones radialmente exteriores. Por ejemplo, un patrón de escaneado que tiene una forma básicamente rectangular (circunferencia) puede terminar presentando una forma sustancialmente trapezoidal (circunferencia), un patrón de escaneado circular puede terminar siendo no circular con la mayor parte de la circunferencia correspondiente a su mitad radialmente externa, etc. En algunas realizaciones, la forma del patrón de escaneado se puede variar de forma continua o repetitiva a medida que los patrones de escaneado avanzan a lo largo de la porción de la pista que representa el cambio de dirección, por ejemplo, a lo largo de una curva. En algunas realizaciones de la invención, el cambio o los cambios de la forma del patrón de escaneado se pueden lograr modificando las posiciones relativas de los puntos característicos del patrón de escaneado (tal como los puntos de control que determinan el diseño del patrón de escaneado, por ejemplo, definiendo el inicio y/o el final de los segmentos y/o el control de los espejos del escáner). En algunas realizaciones, este cambio puede tener lugar de forma continua a lo largo de la curva. El cambio puede tener lugar en función de la distancia radial de los puntos característicos (tal como puntos de control) al centro de la curva y/o en función de la posición del patrón de escaneado a lo largo de la curva, en la dirección de la pista.

- 60 B) Modificar el patrón de escaneado de modo que todas las partes del patrón de escaneado se desplacen sustancialmente a la misma velocidad angular a lo largo de una porción curva de la pista en correspondencia con el al menos un cambio de dirección.

- 65 C) Desplazar los puntos característicos del patrón de escaneado a la misma velocidad lineal a lo largo de una porción recta de la pista y desplazar los puntos característicos del patrón de escaneado a la misma velocidad angular a lo largo de una porción curva de la pista en correspondencia con dicho cambio de dirección, estando desplazado al menos uno de los puntos característicos a una velocidad lineal diferente que al menos otro de los

puntos característicos en dicha porción curva de la pista.

- Por ejemplo, los puntos característicos se pueden desplazar a lo largo de la curva manteniendo constante su distancia radial al centro de la curva y moviendo todos los puntos característicos a la misma velocidad angular. Por ejemplo, en el caso de cuatro puntos característicos (tal como puntos de control) que determinan las cuatro esquinas de un patrón de escaneado rectangular, operar de esta manera puede dar lugar a un patrón de escaneado trapezoidal a lo largo de la curva, ya que a la misma velocidad angular los puntos característicos más alejados del centro de la curva se moverán a una velocidad lineal más alta en la dirección a lo largo de la pista, que los puntos característicos más cercanos al centro de la curva, es decir, los puntos característicos radialmente internos. Este uso de puntos de control que determinan el patrón de escaneado puede servir para simplificar la implementación del cambio de forma del patrón de escaneado y el punto efectivo a lo largo de las porciones curvas de la pista. Por ejemplo, el funcionamiento del escáner puede basarse en señales al escáner (para controlar los componentes de desvío del haz del escáner) que se basan en el movimiento de los puntos de control con una velocidad determinada, una velocidad lineal a lo largo de la porción recta de la pista que puede ser la misma velocidad lineal para todos los puntos de control, y una velocidad angular de los puntos de control en la curva, que puede ser el mismo para todos los puntos de control, por lo que la forma del patrón de escaneado se modificará automáticamente tal como cuando se mueve a la misma velocidad angular $d\alpha/dt$, los puntos de control radialmente externos se moverán más rápido (en términos de velocidad lineal) que los puntos de control radialmente internos.
- En algunas realizaciones de la invención, el patrón de escaneado es sustancialmente simétrico con respecto a una línea central paralela a la pista cuando el patrón de escaneado está en una porción recta de la pista, y en donde el patrón de escaneado no es simétrico con respecto a ninguna línea central en correspondencia con el cambio de dirección. Frecuentemente, se utiliza un patrón de escaneado simétrico en una porción recta de la pista, para lograr un tratamiento térmico uniforme a lo largo de la pista en ambos lados de la línea central del patrón de escaneado, la línea central se define como la línea que está en el medio del patrón de escaneado simétrico (de acuerdo con una dirección perpendicular a la pista) y alineada con la pista. Por las razones explicadas anteriormente, se puede preferir que el patrón de escaneado deje de ser simétrico con respecto a cualquier línea central en correspondencia con una curva en la pista, por ejemplo, con el fin de mantener el punto efectivo dentro del ancho de la pista en la curva, y/o para adaptar la distribución de energía bidimensional del punto efectivo de modo que se aplique más energía en la porción radialmente exterior que en la porción radialmente interior, para compensar las diferencias en la velocidad lineal entre las porciones radialmente exterior y radialmente interior del punto efectivo en la curva. En muchas realizaciones, en la curva, el punto efectivo presentará pliegues o porciones curvas que básicamente lo alinean con la curvatura de la pista.
- El desplazamiento del punto efectivo en relación con la superficie del objeto se realiza de acuerdo con una pista adecuada. Es decir, el punto real/principal, es decir, el punto que produce el haz en un momento dado debido a su proyección sobre el objeto, se escanea de acuerdo con el patrón de escaneado para crear el punto efectivo, y este punto efectivo se desplaza de acuerdo con la pista. Por tanto, se combinan o superponen dos tipos de movimiento: el movimiento del punto primario de acuerdo con el patrón de escaneado y el movimiento del punto efectivo de acuerdo con la pista. La pista puede presentar una forma más o menos compleja e incluye una o más curvas o pliegues donde cambia la dirección de la pista.
- El término "distribución de energía bidimensional" se refiere a la forma en que la energía aplicada por el haz de energía se distribuye sobre el punto efectivo, por ejemplo, durante un barrido del haz a lo largo del patrón de escaneado. Cuando el punto efectivo se proyecta sobre una porción o área no plana, tal como una porción curva o un área tal como una porción o un área con pliegues, el término "distribución de energía bidimensional" se refiere a cómo se distribuye la energía a lo largo y a lo largo de la superficie del objeto, es decir, a la distribución de energía a lo largo y a través del punto efectivo proyectada sobre la superficie del objeto.
- El método permite un calentamiento relativamente rápido de un área sustancial de la superficie del objeto, debido al hecho de que el punto efectivo puede tener un tamaño considerable, tal como, por ejemplo, más de 4, 10, 15, 20 o 25 veces el tamaño (área) del punto primario. Por tanto, calentar una determinada región o área del objeto en un grado deseado en términos de temperatura y duración se puede lograr más rápidamente que si el calentamiento se lleva a cabo simplemente desplazando el punto primario sobre toda el área, por ejemplo, siguiendo un patrón sinusoidal o serpenteante, o una línea recta. El uso de un punto efectivo que tenga un área relativamente grande permite una alta productividad al mismo tiempo que permite que la porción o porciones relevantes de la superficie se calienten durante una cantidad de tiempo relativamente sustancial, permitiendo de este modo, por ejemplo, un calentamiento menos agresivo sin comprometer la productividad.
- El punto primario puede tener un área sustancialmente más pequeña que la del punto efectivo. Por ejemplo, en algunas realizaciones de la invención, el punto primario tiene un tamaño de menos de 4 mm², tal como menos de 3 mm², en menos durante parte del proceso. El tamaño del punto primario se puede modificar durante el proceso, para optimizar la forma en que se trata térmicamente cada porción específica del objeto, en términos de calidad y ubicación producto.
- Preferentemente, el punto principal se desplaza en la superficie del objeto de acuerdo con el patrón de escaneado con una primera velocidad media, y el punto efectivo se desplaza a lo largo de la pista con una segunda velocidad media,

la primera velocidad promedio es sustancialmente más alta que la segunda velocidad promedio, tal como al menos 5, 10, 50 o 100 veces la segunda velocidad media. El término "primera velocidad promedio" se refiere a la longitud del patrón de escaneado proyectado sobre la superficie del objeto dividido por el tiempo necesario para que el punto principal complete un barrido a lo largo del patrón de escaneado, mientras que el término "segunda velocidad promedio" se refiere a la longitud de la pista seguida por el punto efectivo en la superficie dividido por el tiempo necesario para que el punto efectivo complete la pista. Una alta velocidad del punto primario a lo largo del patrón de escaneado reduce las fluctuaciones de temperatura dentro del punto efectivo durante cada barrido del punto primario a lo largo del patrón de escaneado.

Preferentemente, el haz se escanea de acuerdo con el patrón de escaneado de modo que el patrón de escaneado sea repetido por el haz con una frecuencia de más de 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200 o 300 Hz (es decir, repeticiones del patrón de escaneado por segundo). Una alta tasa de repetición puede ser apropiada para reducir o prevenir fluctuaciones de temperatura no deseadas en las áreas que están siendo calentadas por el punto efectivo, entre cada ciclo de escaneado, es decir, entre cada barrido del haz a lo largo del patrón de escaneado. En algunas realizaciones de la invención, el patrón de escaneado permanece constante, y en otras realizaciones de la invención, el patrón de escaneado se modifica entre algunos o todos los barridos del haz a lo largo del patrón de escaneado.

Por otro lado, el uso de un punto efectivo creado al escanear el punto primario repetidamente en dos dimensiones de acuerdo con un patrón de escaneado permite establecer un punto efectivo que tiene una distribución de energía bidimensional seleccionada, que es sustancialmente independiente de la óptica específica (lentes, espejos, etc.) que se están utilizando, y que se pueden personalizar y adaptar para proporcionar un calentamiento mejorado u optimizado, desde diferentes punto de vista, incluyendo la velocidad con la que se completa el tratamiento térmico (por ejemplo, en términos de cm^2 por minuto o en términos de unidades terminadas por hora) y calidad. Por ejemplo, el calor se puede distribuir de modo que una porción delantera del punto efectivo tenga una densidad de energía más alta que una porción trasera, reduciendo así el tiempo necesario para alcanzar la temperatura deseada de la superficie, considerando que la porción posterior puede servir para mantener el calentamiento durante un período de tiempo suficiente para alcanzar la profundidad y/o calidad deseadas, optimizando así la velocidad con la que se puede desplazar el punto efectivo en relación con la superficie del objeto, sin renunciar a la calidad del tratamiento térmico. También, la distribución de energía bidimensional se puede adaptar en relación con los lados del punto efectivo, dependiendo de las características del objeto, por ejemplo, para aplicar menos calor en áreas adyacentes a un borde del objeto o una abertura en el objeto, donde el enfriamiento debido a la transferencia de calor es más lento, o para aplicar menos calor en áreas que ya presentan una temperatura relativamente alta, por ejemplo, debido al calentamiento que ha tenido lugar recientemente. También, el punto efectivo se puede adaptar de acuerdo con la forma tridimensional del objeto, por ejemplo, para adaptar el calentamiento a la curvatura, anchura, etc., del objeto en el área que se está calentando, y a la configuración de la porción del objeto que se va a calentar. La forma del punto efectivo y/o la distribución de energía bidimensional se pueden adaptar dinámicamente cuando sea necesario, adaptando así el proceso a la parte concreta del objeto a calentar en cada momento. En algunas realizaciones de la invención, la distribución de energía bidimensional se puede variar en función del lugar de irradiación respectivo en el objeto, teniendo en cuenta, por ejemplo, la capacidad de eliminación de calor de una región circundante. En algunas realizaciones de la invención, la distribución de energía bidimensional se puede variar dinámicamente teniendo en cuenta las características deseadas del objeto en diferentes regiones del producto, tal como diferentes requisitos de dureza, rigidez, blandura, ductilidad, etc.

Por supuesto, la presente invención no excluye la posibilidad de realizar parte del calentamiento operando con el punto primario de forma convencional. Por ejemplo, el punto primario se puede desplazar para realizar el calentamiento en correspondencia con el borde o contorno de una región a calentar, o para realizar el calentamiento de ciertos detalles del objeto que se calienta, considerando que el punto efectivo descrito anteriormente se puede utilizar para llevar a cabo el calentamiento de otras partes o regiones del objeto, tal como el interior o la porción principal de una región a calentar. El experto en la materia elegirá la medida en que se utilizará el punto efectivo en lugar del punto principal para llevar a cabo el calentamiento, dependiendo de cuestiones tal como la productividad y la necesidad de adaptar cuidadosamente el contorno de una región a calentar a una determinada porción de un objeto sometido a calentamiento. Por ejemplo, es posible utilizar el punto principal para delinear una región a calentar, mientras que el punto efectivo se usa para calentar la superficie dentro de la región delineada. En algunas realizaciones de la invención, durante el proceso, el patrón de escaneado se puede modificar para reducir el tamaño del punto efectivo hasta que termine correspondiendo al punto principal, y viceversa.

Es decir, no es necesario utilizar el punto efectivo para realizar todo el calentamiento que debe tener lugar durante el proceso. Sin embargo, al menos parte del proceso se lleva a cabo utilizando el punto efectivo descrito anteriormente. Por ejemplo, puede ser preferible que durante al menos el 50 %, 70 %, 80% o 90% del tiempo durante el cual el haz se aplica al objeto, se aplica para establecer el punto efectivo tal como se explicó anteriormente, es decir, escaneando repetidamente el punto primario de acuerdo con el patrón de escaneado, este escaneado se superpone al movimiento del punto efectivo en relación con el objeto, es decir, a lo largo de la pista.

El calentamiento puede ser para cualquier tipo de tratamiento térmico, tal como el endurecimiento de la superficie, soldadura, solidificación, etc. El objeto puede ser cualquier tipo de objeto adecuado en cualquier forma adecuada, incluso en forma de polvo o similar, que a menudo puede ser el caso en el contexto de la fabricación aditiva. Por

ejemplo, el objeto puede ser un objeto de hoja de metal o cualquier otro tipo de objeto. El objeto puede ser de metal o de cualquier otro material. El objeto no tiene que ser una sola pieza de trabajo, sino que puede comprender varias partes, por ejemplo, dos o más partes a soldar entre sí por el calentamiento realizado total o parcialmente por el haz. Por tanto, el término "objeto" no debe interpretarse en un sentido estricto. La superficie del objeto puede incluir aberturas o huecos. Esto puede, por ejemplo, ocurrir cuando la superficie comprende porciones relacionadas con diferentes objetos, donde puede existir un espacio entre los objetos. Esta es, por ejemplo, frecuentemente el caso cuando dos partes se van a soldar juntas, donde una de las partes puede estar separada de la otra parte en correspondencia con al menos parte de la interfaz donde se va a establecer una costura de soldadura. En algunas realizaciones, la superficie es plana, mientras que en otras realizaciones presenta una forma tridimensional.

En algunas realizaciones de la invención, el método es un método de fabricación aditiva, para unir al menos dos piezas soldándolas juntas, para revestimiento por láser o para endurecimiento por láser.

En algunas realizaciones de la invención, el punto efectivo se desplaza a lo largo de la pista por el movimiento relativo del dispositivo en relación con el objeto (tal como por el desplazamiento del objeto y/o el dispositivo según uno o dos ejes del sistema, por ejemplo, por el movimiento de cada dispositivo u objeto según uno, dos o tres ejes ortogonales, o por el movimiento del dispositivo según un eje y por el movimiento del objeto según un eje perpendicular, tales como ejes sustancialmente en el plano de la pista a seguir por el haz), y/o el escáner se opera adicionalmente para desplazar el punto efectivo a lo largo de la pista. En algunas realizaciones, esto se combina con un movimiento relativo entre el dispositivo, tal como un cabezal láser y el objeto.

En algunas realizaciones de la invención, la distribución de energía bidimensional del punto efectivo se adapta dinámicamente durante el desplazamiento del punto efectivo en relación con el al menos un cambio de dirección de la pista, tal como una curva o pliegue en la pista, de modo que es diferente en una porción radialmente exterior del punto efectivo que en una porción radialmente interior del punto efectivo. Es decir, además de la alineación con el pliegue o curva, el escáner se puede operar además para modificar dinámicamente adicionalmente la distribución de energía bidimensional del punto efectivo, por ejemplo, aplicar más energía en correspondencia con una porción radialmente exterior del punto efectivo que en correspondencia con una porción radialmente interior del mismo en la curva, para compensar la mayor velocidad de la porción radialmente exterior del punto efectivo en comparación con la porción radialmente interior del mismo en la curva.

Adicionalmente, en algunas realizaciones, la distribución de energía bidimensional del punto efectivo se adapta dinámicamente durante el desplazamiento del punto efectivo en relación con la superficie del objeto, para adaptarse a las diferentes características del objeto a lo largo de la pista. Así, se puede lograr la adaptación del punto efectivo al área o región del objeto que se está calentando actualmente. La expresión adaptación dinámica pretende denotar el hecho de que la adaptación puede tener lugar dinámicamente durante el desplazamiento del punto efectivo. Se pueden utilizar diferentes medios para lograr este tipo de adaptación dinámica, algunos de los cuales se mencionan a continuación. Por ejemplo, en algunas realizaciones de la invención, el sistema de escaneado se puede operar para lograr la adaptación dinámica (por ejemplo, adaptando el funcionamiento de espejos galvánicos u otros medios de escaneado, para modificar el patrón de escaneado y/o la velocidad del punto principal a lo largo del patrón de escaneado o a lo largo de uno o más segmentos o porciones del mismo), y/o se puede adaptar la potencia del haz y/o el tamaño del punto principal. El control de bucle abierto o de bucle cerrado se puede utilizar para controlar la adaptación dinámica. La adaptación dinámica puede afectar la forma en que la energía se distribuye dentro de una área determinada del punto efectivo y/o la forma real del punto láser efectivo y, por tanto, la forma del área que se está calentando en cualquier momento dado (sin tener en cuenta el hecho de que el punto principal se está moviendo y solo está considerando el punto efectivo). Por ejemplo, la longitud y/o la anchura del punto efectivo se pueden adaptar dinámicamente durante el proceso. Por tanto, por esta adaptación dinámica, la distribución de energía bidimensional puede ser diferente en relación con diferentes porciones de la superficie del objeto.

Es decir, la distribución de energía bidimensional se puede adaptar adaptando, por ejemplo, la energía del haz –por ejemplo, cambiando entre diferentes estados de energía, tal como entre encendido y apagado, y/o adaptando el patrón de escaneado, por ejemplo, agregar u omitir segmentos, o modificar la orientación de los segmentos, o cambiar completamente un patrón por otro, y/o adaptando la velocidad con la que el haz se mueve a lo largo del patrón de escaneado, tal como uno o más segmentos del mismo. La elección entre diferentes medios para adaptar la distribución de energía bidimensional se puede realizar en función de circunstancias tales tal como la capacidad del equipo para cambiar rápidamente entre los estados de potencia del haz y la capacidad del escáner para modificar el patrón a seguir y/o la velocidad con la que el punto principal se mueve a lo largo del patrón de escaneado.

En algunas realizaciones de la invención, el haz se desplaza a lo largo de dicho primer patrón de escaneado sin encender y apagar el haz y/o mientras se mantiene la potencia del haz sustancialmente constante. Esto permite realizar el escaneado a alta velocidad sin tener en cuenta la capacidad del equipo, tal como un equipo láser, para cambiar entre diferentes niveles de potencia, tal como entre encendido y apagado, y permite utilizar equipos que pueden no permitir un cambio muy rápido entre los niveles de potencia. También, proporciona un uso eficiente de la potencia de salida disponible, es decir, de la capacidad del equipo en términos de potencia. Por tanto, la adaptación de la velocidad de escaneado y/o el patrón de escaneado a menudo se puede preferir a la adaptación de la potencia del haz. Otros medios para adaptar dinámicamente la distribución de energía bidimensional incluyen la adaptación del

foco del haz para variar o mantener el tamaño del punto láser primario mientras se desplaza a lo largo del patrón de escaneado y/o mientras el punto efectivo está siendo desplazado en relación con la superficie del objeto.

El método se puede llevar a cabo bajo el control de medios de control electrónicos, tal como un ordenador.

En algunas realizaciones de la invención, el haz de energía es un haz láser y el dispositivo es un cabezal láser para proyectar el haz láser sobre el objeto. A menudo se prefiere un haz láser debido a problemas tal como el coste, confiabilidad y disponibilidad de sistemas de escaneado apropiados. En algunas realizaciones de la invención, la potencia del haz láser es superior a 1 kW, tal como superior a 3 kW, superior a 4 kW, superior a 5 kW o superior a 6 kW, en menos durante parte del proceso.

Otro aspecto se refiere a un sistema para calentar al menos una porción seleccionada de un objeto de acuerdo con la reivindicación 8, comprendiendo el sistema:

medios para sostener un objeto, y
un dispositivo para proyectar un haz de energía sobre una superficie del objeto;
en donde el dispositivo comprende un escáner para escanear el haz de energía en al menos dos dimensiones; y
en donde el sistema comprende medios de control electrónicos programados para llevar a cabo el método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

En algunas realizaciones de la invención, el sistema incluye medios para producir un movimiento relativo entre el dispositivo, incluido el escáner y el objeto, desplazando el dispositivo y/o el objeto entre sí.

En algunas realizaciones de la invención, el sistema comprende medios para el movimiento relativo entre el objeto y el dispositivo desplazando el dispositivo según al menos dos ejes ortogonales (X, Y), en donde el sistema no permite el giro del dispositivo con respecto a ningún eje sustancialmente paralelo al haz de energía. En algunas realizaciones de la invención, el dispositivo no es capaz de pivotar con respecto a ningún eje. Como el sistema puede adaptar la distribución de energía bidimensional del punto efectivo al ser programado para llevar a cabo el método de la invención tal como se explicó anteriormente, puede que no sea necesario incorporar grados de libertad adicionales, además del movimiento del dispositivo a lo largo de dos o más ejes ortogonales. Esto sirve para simplificar la estructura mecánica del sistema, contribuyendo así a reducir los costes del sistema y a mejorar la durabilidad y fiabilidad.

Breve descripción de los dibujos

Para completar la descripción y para proporcionar para un mejor entendimiento de la invención, se proporciona un conjunto de dibujos. Dichos dibujos forman parte integral de la descripción e ilustran realizaciones de la invención, que no deben interpretarse tal como restringiendo el ámbito de la invención, pero solo tal como ejemplos de cómo se puede llevar a cabo la invención. Los dibujos comprenden las siguientes figuras:

Las figuras 1A-1C son vistas esquemáticas en perspectiva de un sistema de la técnica anterior para el tratamiento térmico de hoja de metal.
Las figuras 1D y 1E son vistas superiores esquemáticas de un sistema de la técnica anterior para soldadura por láser.
Las figuras 2A y 2B muestran cada una un diagrama de bloques que ilustra un método de acuerdo con una realización de la invención, para el tratamiento térmico de un componente de un vehículo.
Las figuras 3A y 3B muestran cada una un diagrama de bloques que ilustra un método de acuerdo con una realización de la invención, para soldadura láser.
La figura 4 ilustra una realización de la invención que incluye medios para desplazar un cabezal láser en relación con un objeto sometido a tratamiento térmico.
La figura 5 es una perspectiva vista esquemática de un sistema para fusión de lecho de energía de acuerdo con una realización de la invención.
Las figuras 6 y 7 ilustran esquemáticamente cómo se adapta la forma del patrón de escaneado en correspondencia con una curva en una pista seguida por el punto efectivo, de acuerdo con dos realizaciones de la invención.
La figura 8 ilustra esquemáticamente cómo los puntos de control de un patrón de escaneado avanzan a lo largo de una porción curva de una pista, de acuerdo con una posible realización de la invención.
La figura 9 ilustra esquemáticamente cómo los puntos de control de un patrón de escaneado avanzan a lo largo de una porción curva de una pista, de acuerdo con otra posible realización de la invención.

Descripción de formas de realizar la invención

La figura 2A ilustra un sistema de acuerdo con una posible realización de la invención, en este caso, para el tratamiento térmico de un objeto de hoja de metal, tal como un pilar de un vehículo. El sistema comprende un cabezal láser 10 para dirigir un haz láser 11 sobre una pieza de trabajo 100, tal como una pieza de trabajo para un componente de carrocería de vehículo, tal como el pilar de un vehículo que se va a someter a un tratamiento térmico. El haz láser puede originarse mediante una fuente de láser alejada del cabezal láser 10 o dentro del cabezal láser 10. Al igual que en el caso de las figuras 1B y 1C, las figuras 2A y 2B ilustran cómo se desplazará el punto láser a lo largo de una pista

104 que incluye una curva, tal como una curva en el plano X-Y.

Sin embargo, en el sistema de la realización de la invención, el punto que se desplaza a lo largo de la pista es un punto efectivo (también conocido tal como punto equivalente o virtual) 12 creado por el escaneado repetitivo del haz láser en dos dimensiones, de acuerdo con un patrón de escaneado. Para este fin, el cabezal láser incluye un escáner 2, tal como un escáner galvanométrico con dos espejos de escaneado 21 y 22, como se esquemáticamente ilustra en las figuras 2A y 2B. El patrón de escaneado seguido por el punto primario proyectado por el haz láser 11 sobre la superficie de la pieza de trabajo 100 en cada momento específico se ilustra esquemáticamente tal como un conjunto de líneas paralelas en las figuras 2A y 2B. Sin embargo, se puede utilizar cualquier otro patrón de escaneado adecuado, incluidos los patrones de escaneado tal como se conoce del documento WO-2015/135715-A1 mencionado anteriormente, escanear patrones con segmentos curvos, etc.

Por tanto, como se conoce, por ejemplo, a partir del documento WO-2016/146646-A1, la distribución de energía bidimensional dentro del punto efectivo 12 se puede adaptar mediante la elección del patrón de escaneado, velocidad del punto primario a lo largo del patrón de escaneado, potencia del haz en cada porción específica del patrón de escaneado, etc. Esto permite la adaptación dinámica de la distribución de energía bidimensional para optimizar el tratamiento térmico. Adicionalmente, y a diferencia de lo que se sugiere en las figuras 1B y 1C, la reorientación del punto efectivo 12 para alinearla con la pista 104 mientras sigue la porción curva y transita desde la porción curva a la porción recta de la pista se puede implementar sin girar el cabezal láser alrededor del eje Z: en su lugar, la reorientación se logra adaptando el funcionamiento del escáner 2, manteniendo así el patrón de escaneado y el punto efectivo 12 producido de ese modo alineado correctamente con la pista. Esto se ilustra esquemáticamente en las figuras 2A y 2B por la forma en que las líneas del patrón de escaneado ilustrado esquemáticamente se han reorientado entre las figuras 2A y 2B. Básicamente, la proyección del patrón de escaneado en el plano X-Y ha girado aproximadamente 45 grados alrededor del eje Z, mientras que el cabezal láser no ha girado. Por tanto, en comparación con la operación de acuerdo con las figuras 1B y 1C, un grado de libertad mecánico (rotación o giro del cabezal láser físico 1000 alrededor del eje Z) ha sido reemplazado por lo que puede considerarse un grado de libertad electrónico, en concreto, mediante un cambio en las instrucciones que controlan los espejos del escáner 21 y 22.

El movimiento del punto efectivo 12 según los ejes X e Y se puede realizar usando los espejos del escáner y/o mediante el desplazamiento relativo entre el cabezal láser 10 y la pieza de trabajo 100.

Las figuras 3A y 3B ilustran esquemáticamente estos principios aplicados a la soldadura por láser. El diseño es similar al que se muestra en las figuras 1D y 1E, pero en la realización de las figuras 3A y 3B, el sistema crea un punto efectivo 12 mediante el escaneado repetitivo del haz láser en dos dimensiones, por ejemplo, utilizando un escáner galvanométrico con dos espejos (no se muestra en las figuras 3A y 3B). En las figuras 3A y 3B, el patrón de escaneado se ilustra tal como un conjunto de líneas paralelas, pero se puede utilizar cualquier otro patrón de escaneado adecuado. Como se explica, el uso de este tipo de punto efectivo permite una adaptación flexible de la distribución de energía bidimensional, por ejemplo, teniendo en cuenta cómo progresa la soldadura, cómo se forma la costura de soldadura, irregularidades en las piezas de trabajo 101, 102 o en la separación entre ellas, etc. Además, y tal como se ilustra esquemáticamente en las figuras 3A y 3B, el sistema está configurado para alinear el punto láser efectivo con la pista 104 en el plano X-Y modificando el funcionamiento del escáner en correspondencia con la curva en el plano X-Y. Esto se ilustra esquemáticamente por la forma en que las líneas paralelas están orientadas en la figura 3B si se comparan con la figura 3A. Por tanto, la alineación del punto efectivo 12 con la pista 104 en correspondencia con la curva se logra mediante la forma en que se opera el escáner (tal como se ilustra esquemáticamente en las figuras 3A y 3B), en lugar de girar o pivotar el cabezal láser alrededor del eje Z (tal como se ilustra esquemáticamente en las figuras 1D y 1E). Por tanto, también aquí un grado de libertad basado en la mecánica (es decir, basado en girar físicamente el cabezal láser 1000 alrededor del eje Z tal como se muestra en las figuras 1D y 1E) ha sido reemplazado por lo que se puede considerar tal como un grado electrónico de libertad, basado en la forma en que se opera el escáner, es decir, según las instrucciones enviadas al escáner.

La figura 4 ilustra esquemáticamente un sistema de acuerdo con una realización de la invención en el que el cabezal láser 10 (que incluye un escáner, no mostrado) se puede desplazar en las direcciones X, Y y Z en relación con una pieza de trabajo 100. El cabezal láser 10 está conectado a los actuadores 10a a través de enlaces 10b. La pieza de trabajo 100 está soportada por medios de soporte 10c ilustrados esquemáticamente. En esta realización de la invención, el desplazamiento se basa en el concepto de manipulador paralelo. Sin embargo, se puede utilizar cualquier otro medio adecuado de desplazamiento del cabezal láser 10, tal como un brazo robótico, etc. En algunas realizaciones de la invención, es la pieza de trabajo 100 la que se desplaza con respecto al cabezal láser 10. También, se podría utilizar una combinación de estos dos enfoques. De manera adicional o de manera alternativa, el desplazamiento del punto efectivo sobre una pista en la pieza de trabajo se puede realizar usando el escáner (no mostrado) para desplazar progresivamente el punto efectivo creado por el escaneado bidimensional discutido anteriormente, a lo largo de su pista. Ahora, de manera diferente a los sistemas adaptados mecánicamente para alinear un punto láser con una pista curva tal como se muestra en las figuras 1B-1E, el sistema de la figura 4 no tiene (o no requiere) la rotación del cabezal láser 10 según el eje Z para adaptar la orientación del punto efectivo en el plano X-Y.

La figura 5 muestra cómo se puede aplicar la invención en el contexto de la fabricación aditiva, por ejemplo, en el contexto de un sistema SLS para producir un objeto a partir de un material de construcción que se suministra en forma

de polvo, tal como polvo de metal. El sistema 200 comprende un equipo láser que incluye un cabezal láser 10 para producir un haz láser 11 tal como se describió anteriormente, incluido el escáner 2 que incluye dos espejos 21, 22 o similar para el escaneado bidimensional de un haz láser 11 en dos dimensiones X, Y. El sistema comprende además una disposición para la distribución del material de construcción, que comprende una disposición en forma de mesa con una superficie superior 201 con dos aberturas 202 a través de las cuales se alimenta el material de construcción desde dos cartuchos de alimentación 203. En el centro de la superficie superior 201 hay una abertura adicional, dispuesta en correspondencia con una plataforma 204 que es desplazable en dirección vertical, es decir, en paralelo con un eje Z del sistema. El polvo se suministra desde los cartuchos 203 y se deposita en la porción superior de la plataforma 204. Se utiliza un rodillo nivelador de polvo que gira en sentido contrario 205 para distribuir el polvo en una capa 206 que tiene un espesor homogéneo.

El haz láser se proyecta sobre la capa 206 del material de construcción en la porción superior de la plataforma 204 para fusionar el material de construcción en una región o área 207 seleccionada, que corresponde a una sección transversal del objeto que se está produciendo. Una vez que el material de construcción en esta área 207 se haya fusionado, la plataforma se baja una distancia correspondiente al grosor de cada capa de material de construcción, se aplica una nueva capa de material de construcción utilizando el rodillo 205 y se repite el proceso, esta vez de acuerdo con la sección transversal del objeto a producir en correspondencia con la nueva capa.

De conformidad con la presente realización de la invención, el haz láser 11 (y el punto láser primario que el haz proyecta sobre el material de construcción) se escanea repetidamente a una velocidad relativamente alta siguiendo un patrón de escaneado (ilustrado esquemáticamente tal como un conjunto de líneas paralelas en el punto efectivo 12 de la figura 5), creando así un punto láser eficaz 12, ilustrado como un cuadrado en la figura 5. Esto se logra utilizando el escáner 2. Este punto efectivo 12 se desplaza de acuerdo con una pista definida 104, ilustrado esquemáticamente por las flechas dentro de la región 207. La pista incluye pliegues y secciones que se extienden en diferentes ángulos entre sí en el plano X-Y. De acuerdo con la invención, el punto efectivo 12 se puede alinear con la trayectoria o pista seguida por el punto efectivo, por ejemplo, "girado" en los pliegues de la pista, modificando el funcionamiento del escáner en lugar de girando el cabezal láser 10 alrededor del eje Z. Estos principios pueden resultar muy útiles en el contexto de la fabricación aditiva, por ejemplo, ya que permiten alinear correctamente un punto efectivo con una distribución de energía cuidadosamente seleccionada en correspondencia con los pliegues o curvas de una pista, por ejemplo, al solidificar capas en correspondencia con porciones curvas de un objeto que se está formando.

La figura 6 ilustra esquemáticamente un punto efectivo 12 que se desplaza a lo largo de una pista 104, ilustrado esquemáticamente tal como una flecha. En correspondencia con una porción recta de la pista, el punto efectivo tiene una forma sustancialmente rectangular y se establece mediante un patrón de escaneado 12a con forma de "8 digital", como se conoce, por ejemplo, a partir del documento WO-2015/135715-A1. Al llegar a la porción curva de la pista, este patrón de escaneado se cambia de modo que el punto efectivo 12 adquiere progresivamente una forma no rectangular (ilustrada esquemáticamente tal como un polígono de seis lados en la figura 6). La figura 6 ilustra esquemáticamente cómo, cuando la porción central del punto efectivo 12 ha alcanzado la porción central de la curva ($\alpha \approx 45^\circ$), el punto efectivo está determinado por el patrón de escaneado 12b en el que los segmentos tal como tales corresponden a los del patrón de escaneado original 12a, pero con sus orientaciones relativas y dimensiones cambiadas. El lado radialmente interior del patrón de escaneado 12b es ahora más corto que el lado radialmente exterior, proporcionando así un patrón de escaneado compuesto básicamente por dos trapezoides, y una correspondiente forma poligonal de seis lados del punto efectivo 12. Como se ilustra esquemáticamente en la figura 6, en esta realización, las extensiones de los segmentos en la dirección alineada con la pista son una función de la distancia de los segmentos al centro C de la curva, en la dirección radial.

Los patrones de escaneado 12a y 12b están definidos por puntos característicos, en este caso, puntos de control que establecen el inicio y el final de los segmentos que componen el patrón de escaneado (ilustrados esquemáticamente tal como puntos de control a, b, c, d, e, f en la figura 6), y el método puede implicar, por ejemplo, adaptar las posiciones relativas (y absolutas) de estos puntos de control, en función del ángulo α y de la distancia del punto de control respecto al centro C de la curva. Los puntos de control a-f pueden viajar en una dirección recta mientras que la parte relevante del patrón de escaneado se desplaza a lo largo de la porción recta de la pista 104, con una velocidad lineal correspondiente a la velocidad con la que el punto efectivo 12 debe desplazarse a lo largo de la porción recta de la pista. Al llegar a la porción curva de la pista, los puntos de control a-f viajarán a lo largo de una curva con una velocidad lineal (es decir, la velocidad en términos de mm/s) que será determinada por la velocidad angular ($d\alpha/dt$, la velocidad angular con la que el punto efectivo y los puntos de control viajan a lo largo de la curva) y la distancia entre el punto de control respectivo y el centro C de la curva. Esto significa que mientras que todos los puntos de control y porciones del punto efectivo pueden viajar a la misma velocidad angular, los puntos de control radialmente exteriores a, c y e viajarán a una velocidad lineal más alta que los puntos de control radialmente internos, que dará lugar a la conversión de la forma o contorno originalmente rectangular del patrón de escaneado y del punto efectivo, en una forma poligonal sustancialmente de seis lados o contorno del patrón de escaneado y del punto efectivo (por supuesto, en la práctica, el contorno "real" del punto efectivo también dependerá de la velocidad de escaneado y la potencia del haz en todo el patrón de escaneado; por tanto, puede haber casos en los que la forma del patrón de escaneado puede diferir sustancialmente de la forma del punto efectivo).

Por tanto, se puede lograr un rendimiento mejorado del punto efectivo, por ejemplo, para mantener el ancho de una

pista calentada y/o el perfil de temperatura a lo largo de la pista sustancialmente constante a lo largo de la pista, también en correspondencia con una curva o pliegue en la pista.

5 El patrón de escaneado específico que se muestra en la figura 6 es solo un ejemplo, y los principios son obviamente aplicables a cualquier otro patrón de escaneado. En muchas realizaciones, se prefiere que el patrón de escaneado se adapte de modo que si es originalmente (es decir, en la porción recta de la pista) simétrica con respecto a una línea central (ilustrada esquemáticamente tal como "g" en la figura 6) alineada con la pista, en la porción curva ya no es simétrica con respecto a dicha línea central.

10 Un ejemplo adicional es esquemáticamente ilustrado en la figura 7, que muestra cómo un patrón de escaneado sustancialmente circular o elíptico 12c en la porción recta de la pista 104 se puede modificar en la curva de la pista, de modo que deja de ser simétrico con respecto a cualquier línea central alineada con la pista.

15 La figura 8 ilustra esquemáticamente cómo los puntos de control (por ejemplo, los puntos de control iniciales a y b de un patrón de escaneado tal como el ilustrado en la figura 6) avanzan a lo largo de una porción curva de la pista. Puntos de control posteriores (tal como, por ejemplo, puntos de control e, f, c, d de un patrón de escaneado tal como el ilustrado en la figura 6) avanzar en consecuencia. Puede entenderse fácilmente a partir de la figura 8 cómo esto implica que la curva se calentará sustancialmente tal como si fuera calentada por un punto con la forma sustancial de la curva. Por tanto, y dependiendo de la resolución del patrón de escaneado en términos de la distancia entre los puntos de control, se puede lograr una alineación muy buena o casi perfecta entre el punto efectivo y la pista, también en la curva. La alineación no se debe solo a la orientación del punto efectivo, pero también por su forma que se ha adaptado a la curvatura de la curva.

25 La figura 9 ilustra esquemáticamente otra realización en la que el patrón de escaneado se mantiene constante a lo largo de las porciones rectas y curvas de una pista 104. Aquí, un patrón de escaneado trapezoidal definido por cuatro puntos de control a, b, c y d pivota con respecto a un punto de referencia P del patrón de escaneado mientras que el patrón de escaneado sigue la pista 104. Es decir, el patrón de escaneado 12a al final de una porción recta de la pista tiene la misma forma que los patrones de escaneado 12b y 12c en otras posiciones a lo largo de la pista, pero en comparación con el patrón de escaneado 12a, los patrones de escaneado 12b y 12c han girado alrededor de su punto de referencia P. La orientación de los patrones de escaneado 12b (d_{aB}) y 12c (d_{aC}) en el plano X-Y sobre el que se proyectan con respecto a, por ejemplo, el eje X corresponderá a la tangente a la pista en la posición relevante de la pista, tal como se ilustra esquemáticamente en la figura 9.

35 En el presente texto, el término "comprende" y sus derivaciones (tal como "comprendiendo", etc.) no deberían entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no deben interpretarse tal como excluyentes de la posibilidad de que lo que se describe y define puede incluir elementos, etapas, etc.

40 Por otro lado, la invención obviamente no se limita a la(s) realización(es) específica(s) descrita(s) en el presente documento, sino que también abarca cualquier variación que pueda considerarse por cualquier experto en la materia (por ejemplo, en cuanto a la elección de materiales, dimensiones, componentes, configuración, etc.), dentro del alcance general de la invención como se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para calentar al menos una porción seleccionada de un objeto, que comprende las etapas de:

- 5 proyectar, con un dispositivo (10) que comprende un escáner (2), un haz de energía (11) sobre una superficie del objeto (100; 206) para producir un punto primario en la superficie, y escanear repetidamente el haz (11) en dos dimensiones de acuerdo con un patrón de escaneado para establecer un punto efectivo (12) en la superficie, teniendo el punto efectivo una distribución de energía bidimensional,
- 10 desplazar el punto efectivo (12) en relación con la superficie del objeto (100; 206) para calentar progresivamente la al menos una porción seleccionada del objeto, en donde desplazar el punto efectivo (12) en relación con la superficie del objeto (100; 206) comprende desplazar el punto efectivo siguiendo una pista (104) que presenta al menos un cambio de dirección;
- caracterizado por que**
- 15 el método comprende mantener el punto efectivo (12) alineado con la pista (104) modificando el funcionamiento del escáner (2) en correspondencia con el al menos un cambio de dirección; en donde:
- la etapa de mantener el punto efectivo (12) alineado con la pista (104) se realiza sin pivotar el dispositivo (10) alrededor de ningún eje con el fin de alinear el punto efectivo (12) con la pista (104), y/o
 - 20 - la etapa de modificar el funcionamiento del escáner (2) se lleva a cabo para girar el punto efectivo (12) alrededor de un eje sustancialmente alineado con el haz de energía (11), sin girar el dispositivo (10) y sin girar el objeto (100, 206) alrededor de cualquier eje sustancialmente alineado con el haz de energía (11), y/o
 - la pista se extiende en un plano (X-Y), y en donde la etapa de modificar la operación del escáner (2) se lleva a cabo para girar el punto efectivo alrededor de un eje (Z) sustancialmente perpendicular al plano, sin girar el dispositivo (10) y sin girar el objeto (100, 206) alrededor de cualquier eje sustancialmente perpendicular al plano;
- 25 y en donde el método comprende además la etapa de modificar una forma geométrica del punto efectivo (12) y/o del patrón de escaneado (12a, 12b; 12c, 12d) en correspondencia con dicho al menos un cambio de dirección.

2. Un método para calentar al menos una porción seleccionada de un objeto, que comprende las etapas de:

- 35 proyectar, con un dispositivo (10) que comprende un escáner (2), un haz de energía (11) sobre una superficie del objeto (100; 206) para producir un punto primario en la superficie, y escanear repetidamente el haz (11) en dos dimensiones de acuerdo con un patrón de escaneado para establecer un punto efectivo (12) en la superficie, teniendo el punto efectivo una distribución de energía bidimensional,
- 40 desplazar el punto efectivo (12) en relación con la superficie del objeto (100; 206) para calentar progresivamente la al menos una porción seleccionada del objeto, en donde desplazar el punto efectivo (12) en relación con la superficie del objeto (100; 206) comprende desplazar el punto efectivo siguiendo una pista (104) que presenta al menos un cambio de dirección;
- caracterizado por que**
- el método comprende modificar una forma geométrica del patrón de escaneado (12a, 12b; 12c, 12d) en correspondencia con dicho al menos un cambio de dirección, en donde la modificación de la forma geométrica del patrón de escaneado comprende:
- 45 - modificar el patrón de escaneado (12a, 12b; 12c, 12d), en donde al menos algunas porciones del patrón de escaneado se modifican en función de su distancia al centro del cambio de dirección; y/o
 - modificar el patrón de escaneado para que todas las partes del patrón de escaneado (12a, 12b; 12c, 12d) se desplacen sustancialmente a la misma velocidad angular a lo largo de una porción curva de la pista (104) en correspondencia con el al menos un cambio de dirección; y/o
 - 50 - desplazar los puntos característicos (a, b, c, d, e, f) del patrón de escaneado a la misma velocidad lineal a lo largo de una porción recta de la pista, y desplazando los puntos característicos (a, b, c, d, e, f) del patrón de escaneado a la misma velocidad angular a lo largo de una porción curva de la pista en correspondencia con dicho cambio de dirección, estando desplazado al menos uno de los puntos característicos a una velocidad lineal diferente que al menos otro de los puntos característicos en dicha porción curva de la pista.

3. El método de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en donde el patrón de escaneado (12a; 12c) es sustancialmente simétrico con respecto a una línea central (g) paralela a la pista cuando el patrón de escaneado está en una porción recta de la pista (104), y en donde el patrón de escaneado (12b; 12d) no es simétrico con respecto a ninguna línea central en correspondencia con el cambio de dirección.

4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, para fabricación aditiva, para unir al menos dos piezas de trabajo (101, 102) soldándolas juntas, para revestimiento por láser o para endurecimiento por láser.

5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el punto efectivo (12) se desplaza a lo largo de la pista (104) por el movimiento relativo del dispositivo (10) en relación con el objeto (100, 206), y/o donde el escáner (2) se opera adicionalmente para desplazar el punto efectivo (12) a lo largo de la pista (104).
- 5 6. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la distribución de energía bidimensional del punto efectivo (12) se adapta dinámicamente durante el desplazamiento del punto efectivo (12) en relación con el al menos un cambio de dirección de la pista (104) de modo que sea diferente en una porción exterior radialmente exterior del punto efectivo (12) que en una porción radialmente interior del punto efectivo (12).
- 10 7. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el haz de energía (11) es un haz láser y donde el dispositivo es un cabezal láser (10) para proyectar el haz láser (11) sobre el objeto (100, 206).
8. Un sistema para calentar al menos una porción seleccionada de un objeto (100), comprendiendo el sistema medios (100c) para sostener un objeto (100, 206), y
- 15 un dispositivo (10) para proyectar un haz de energía (11) sobre una superficie del objeto (100, 206);
en donde el dispositivo (10) comprende un escáner (2) para escanear el haz de energía (11) en al menos dos dimensiones; y
en donde el sistema comprende medios de control electrónicos,
- 20 **caracterizado por que** los medios de control electrónicos están programados para llevar a cabo el método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
9. El sistema de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende medios (10a, 10b) para el movimiento relativo entre el objeto (100, 206) y el dispositivo (10) desplazando el dispositivo (10) según al menos dos ejes ortogonales (X, Y),
- 25 en donde el sistema no permite el giro del dispositivo (10) con respecto a ningún eje sustancialmente paralelo al haz de energía (11).
10. El sistema de acuerdo con la reivindicación 9, en donde el dispositivo (10) no es capaz de pivotar con respecto a ningún eje.

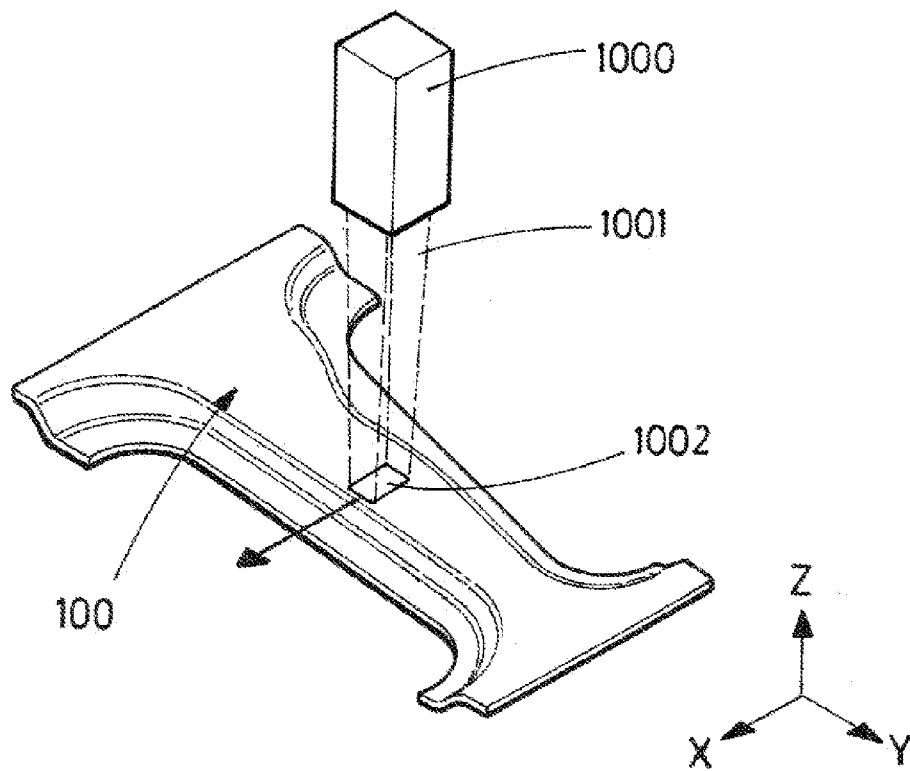


FIG. 1A
TÉCNICA ANTERIOR

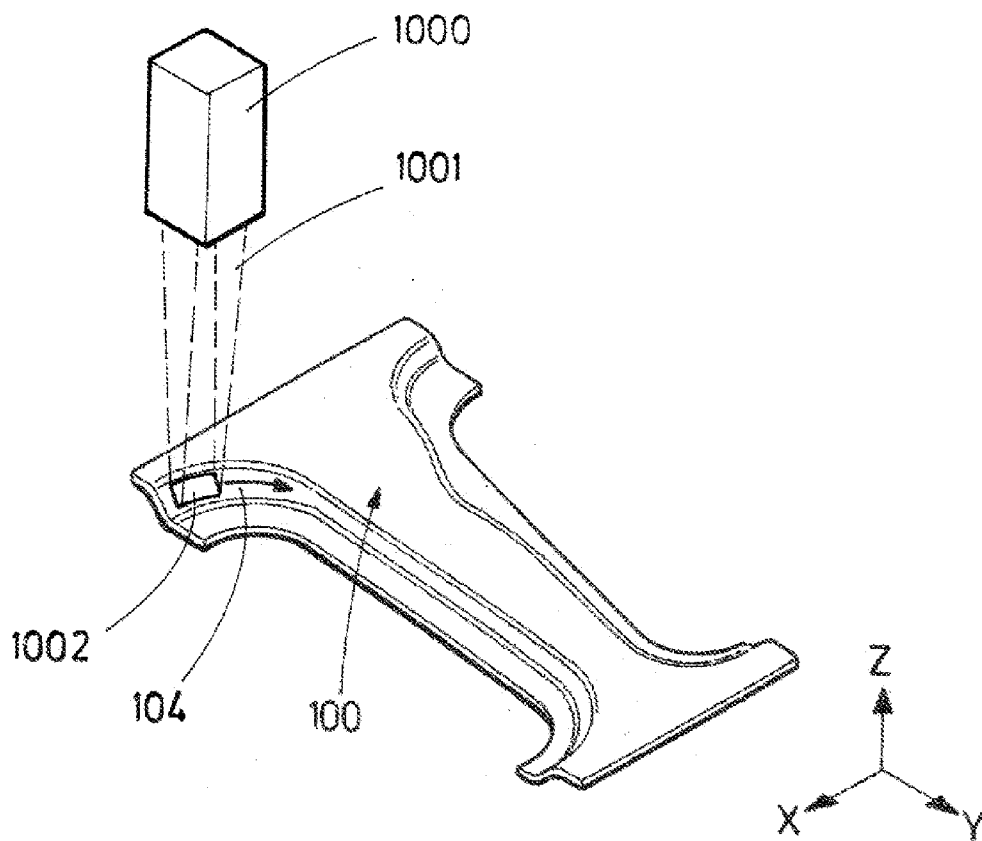


FIG.1B
TÉCNICA ANTERIOR

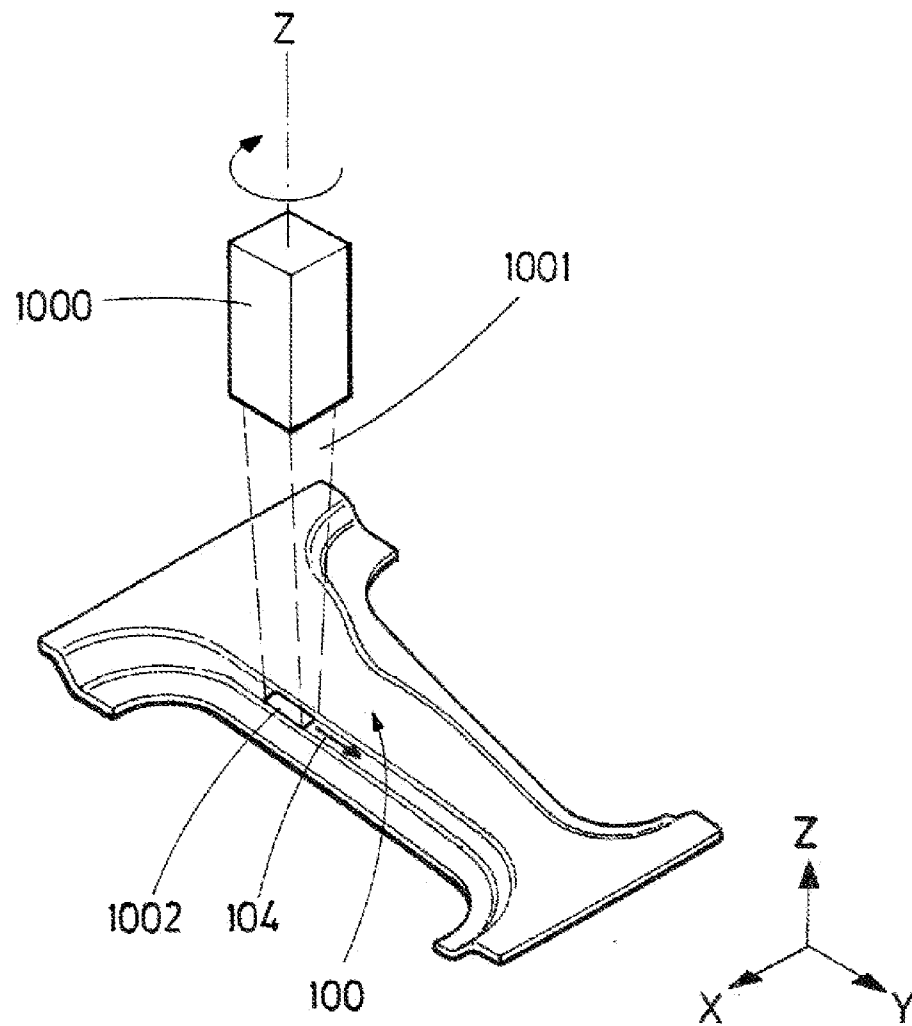


FIG.1C
TÉCNICA ANTERIOR

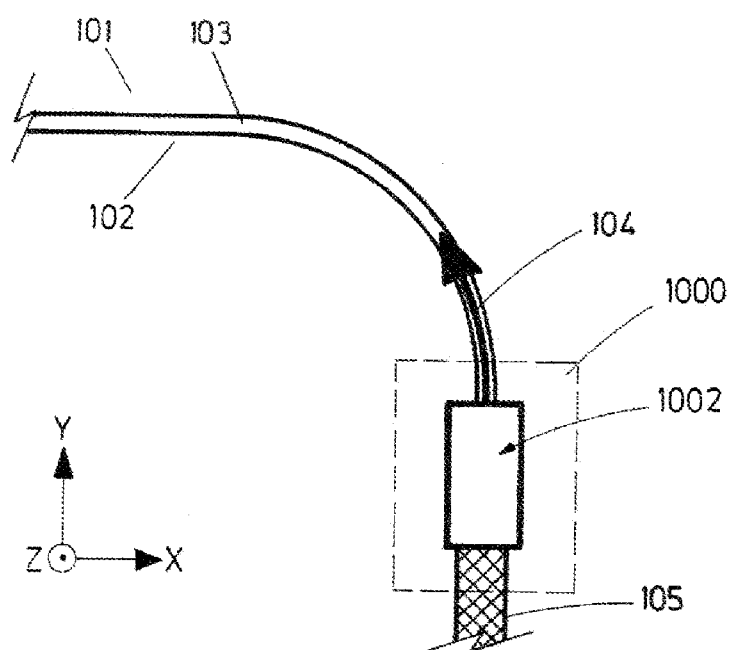


FIG. 1D

TÉCNICA ANTERIOR

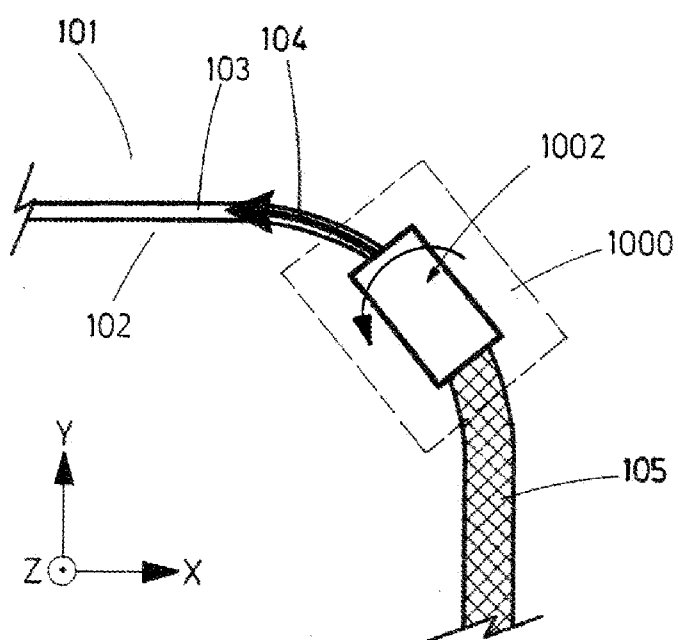


FIG. 1E

TÉCNICA ANTERIOR

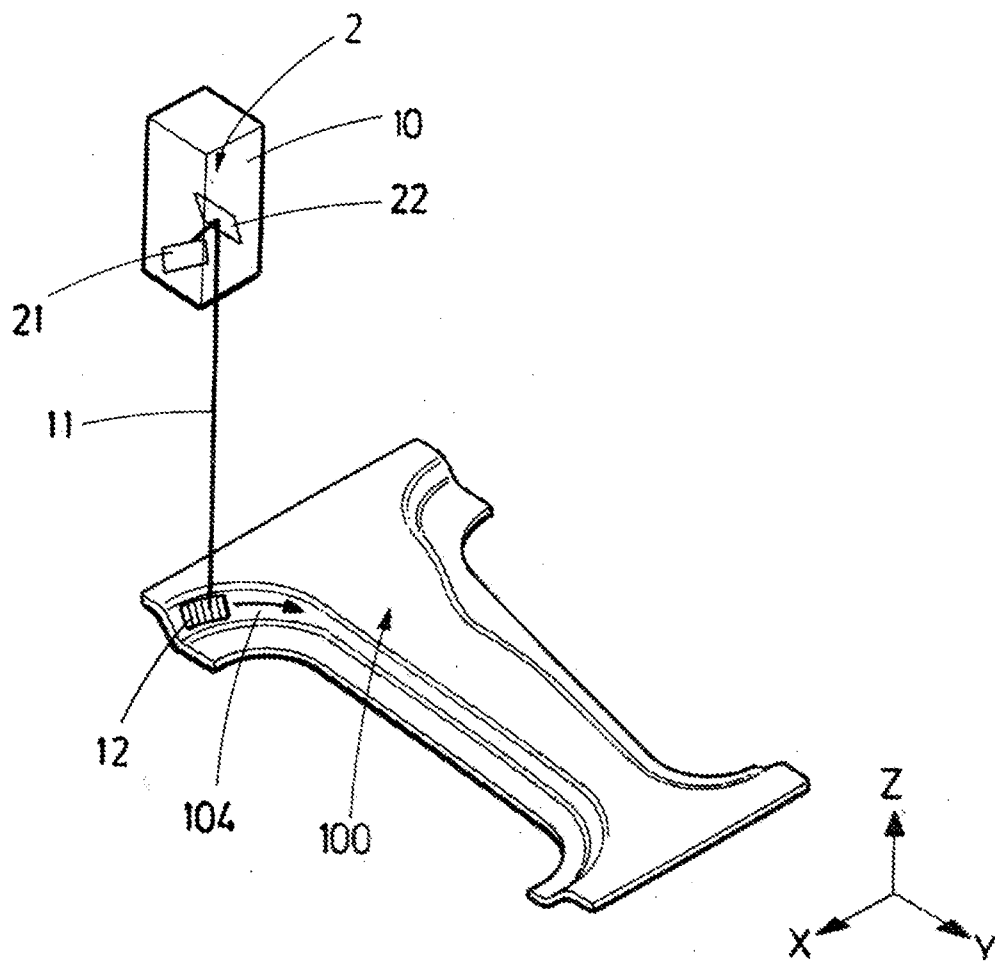


FIG. 2A

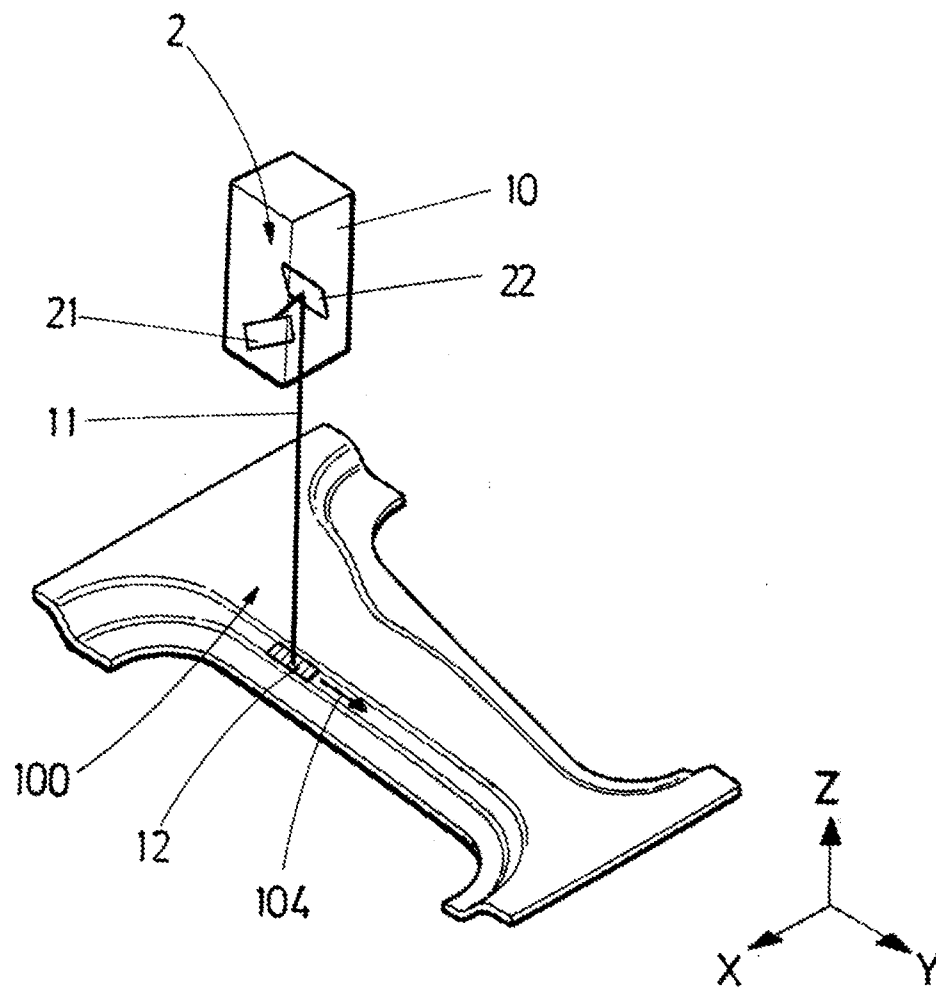


FIG.2B

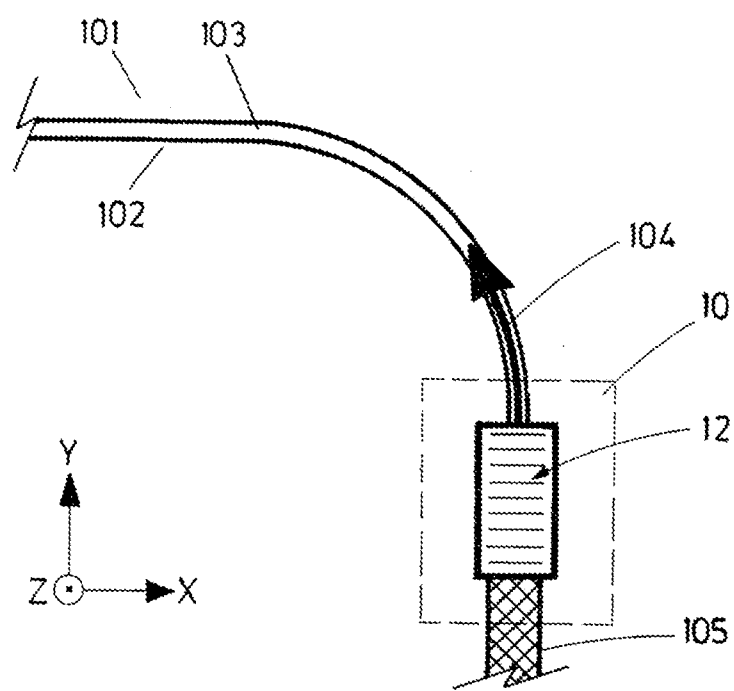


FIG. 3A

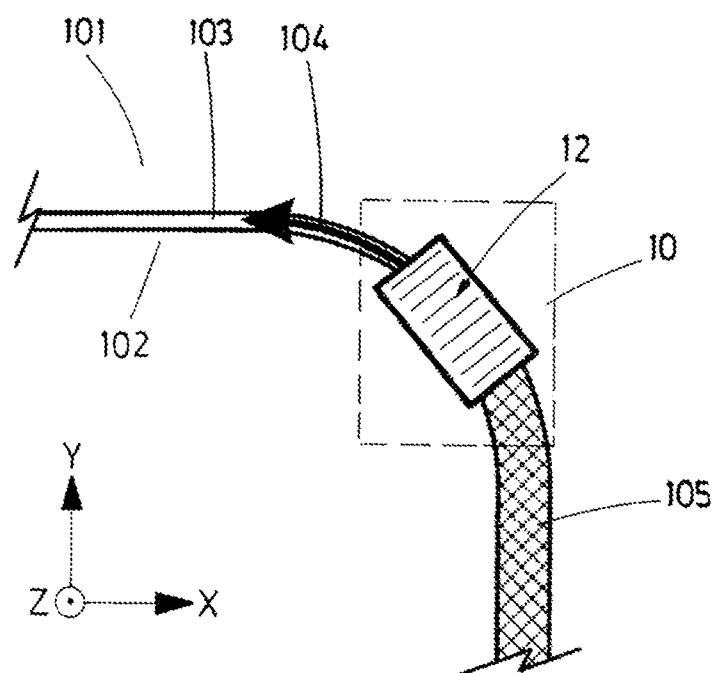
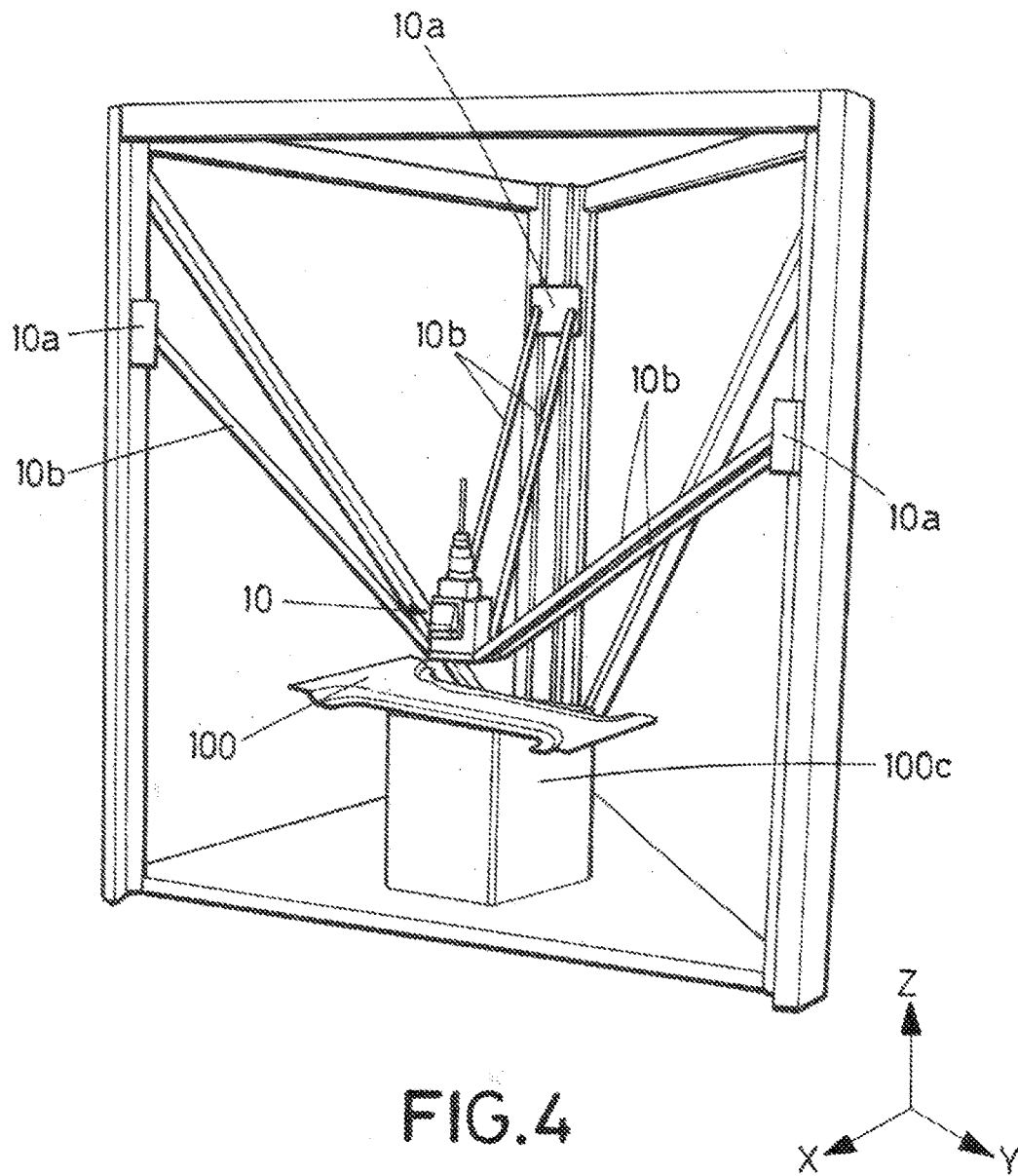


FIG. 3B



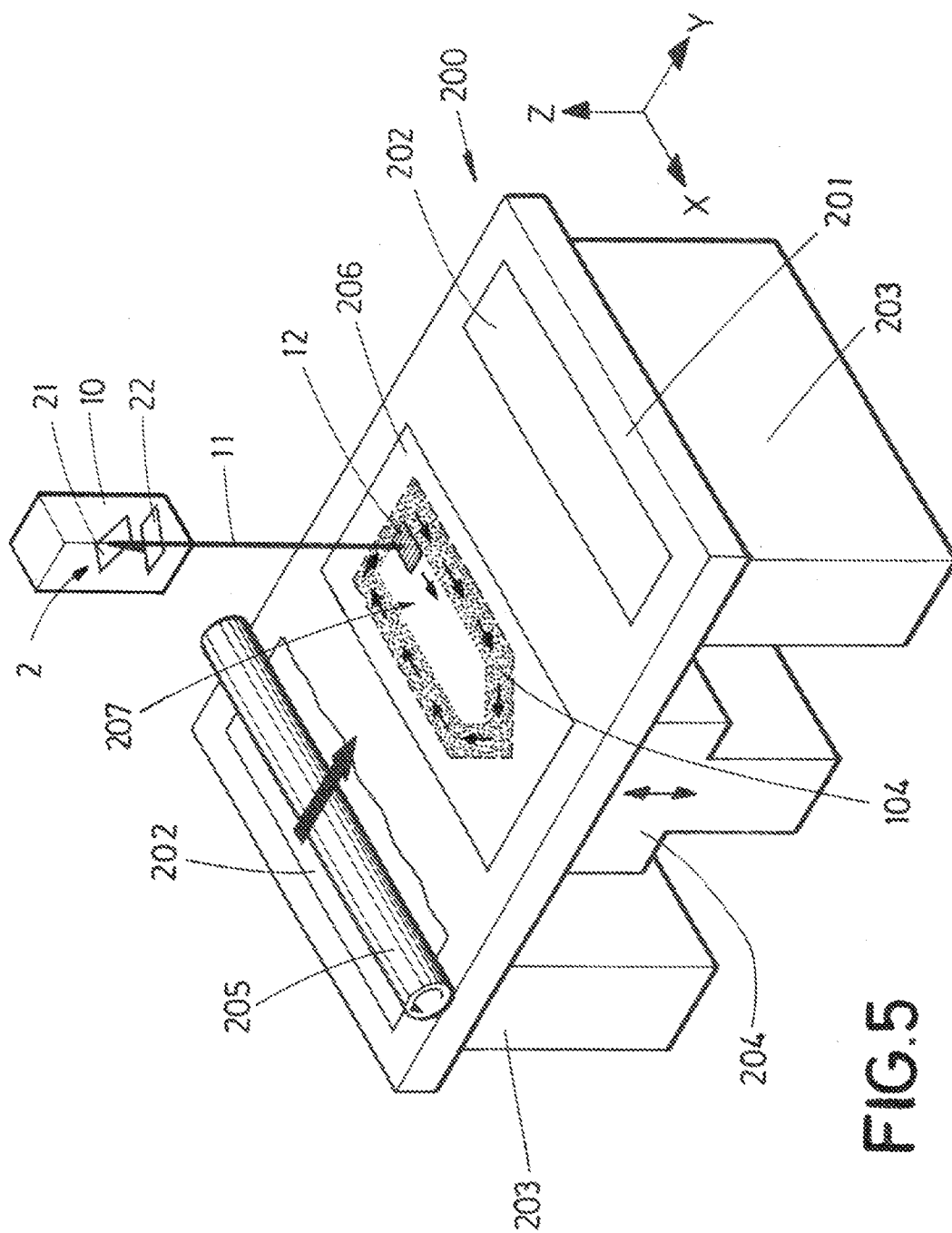


FIG. 5

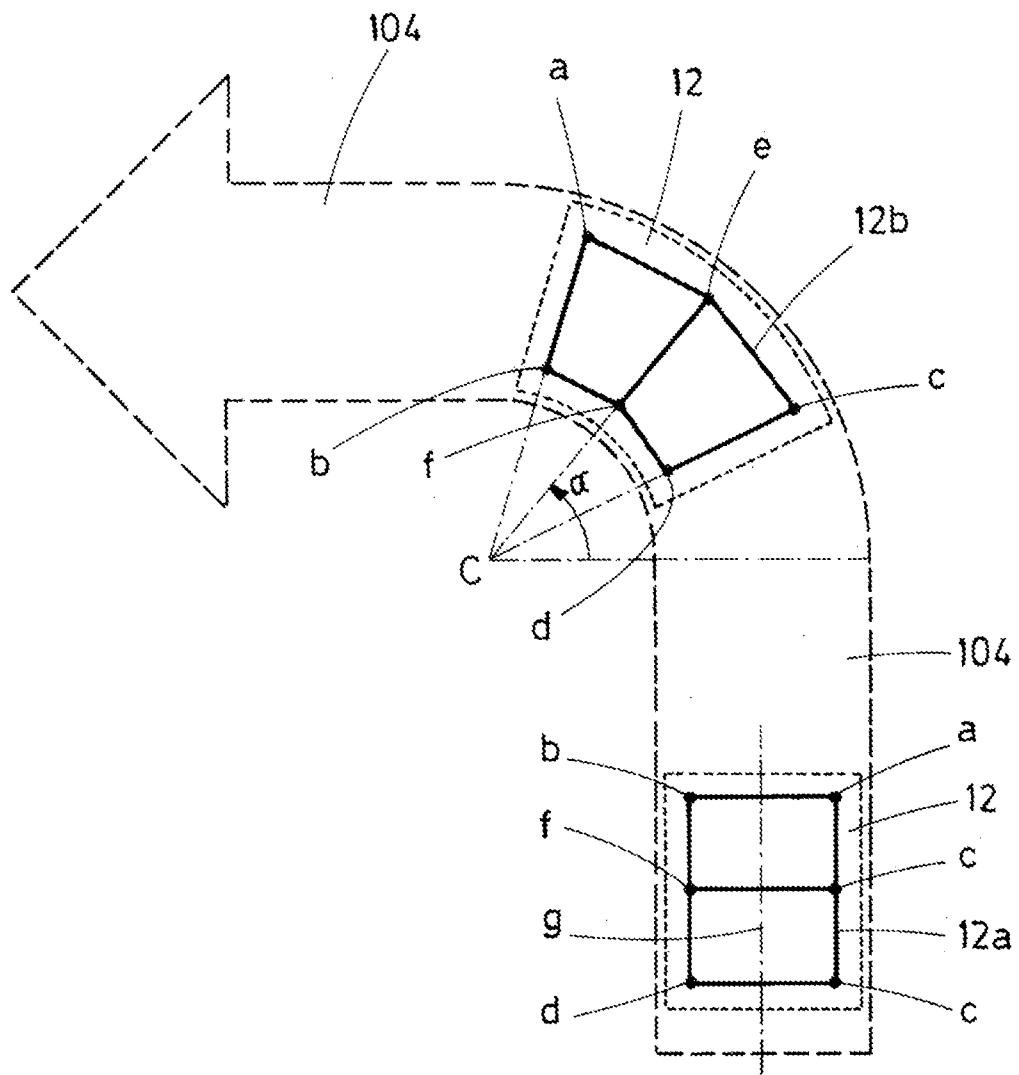


FIG.6

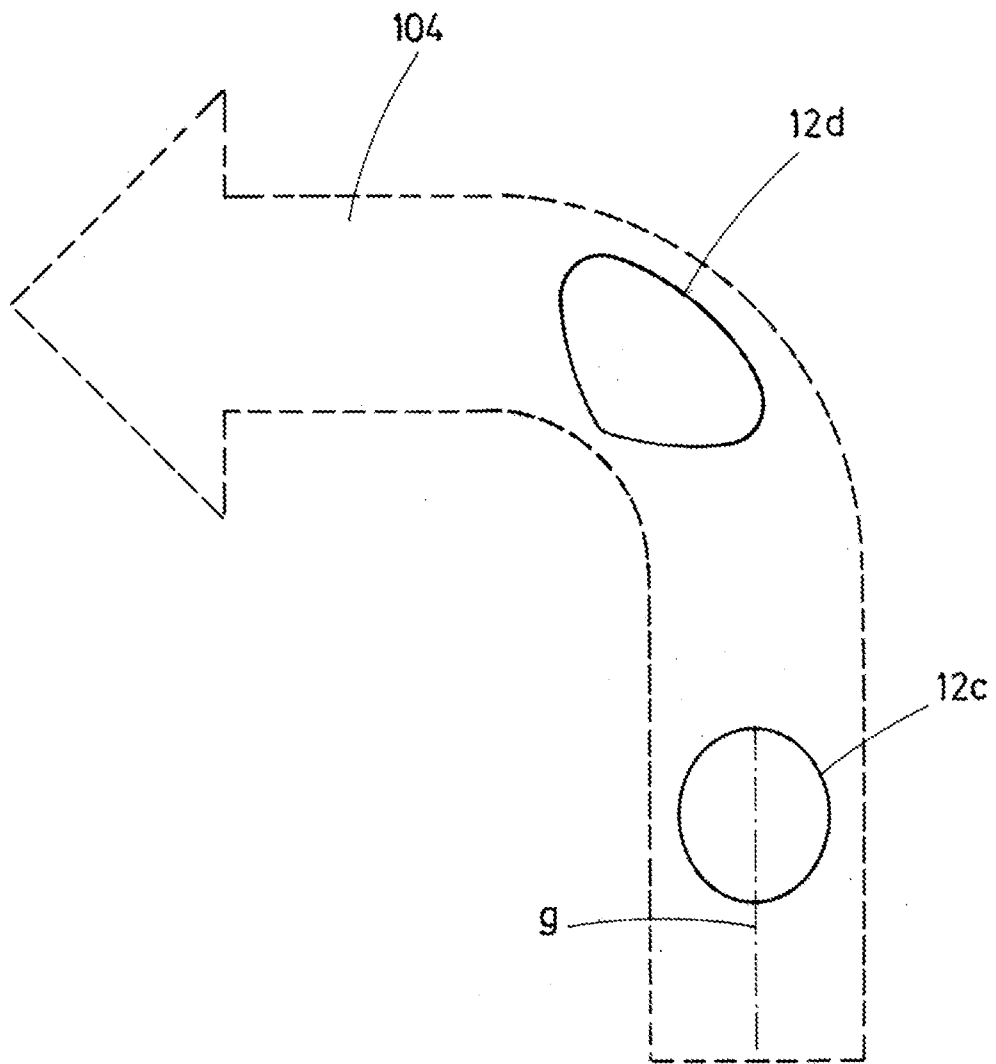


FIG. 7

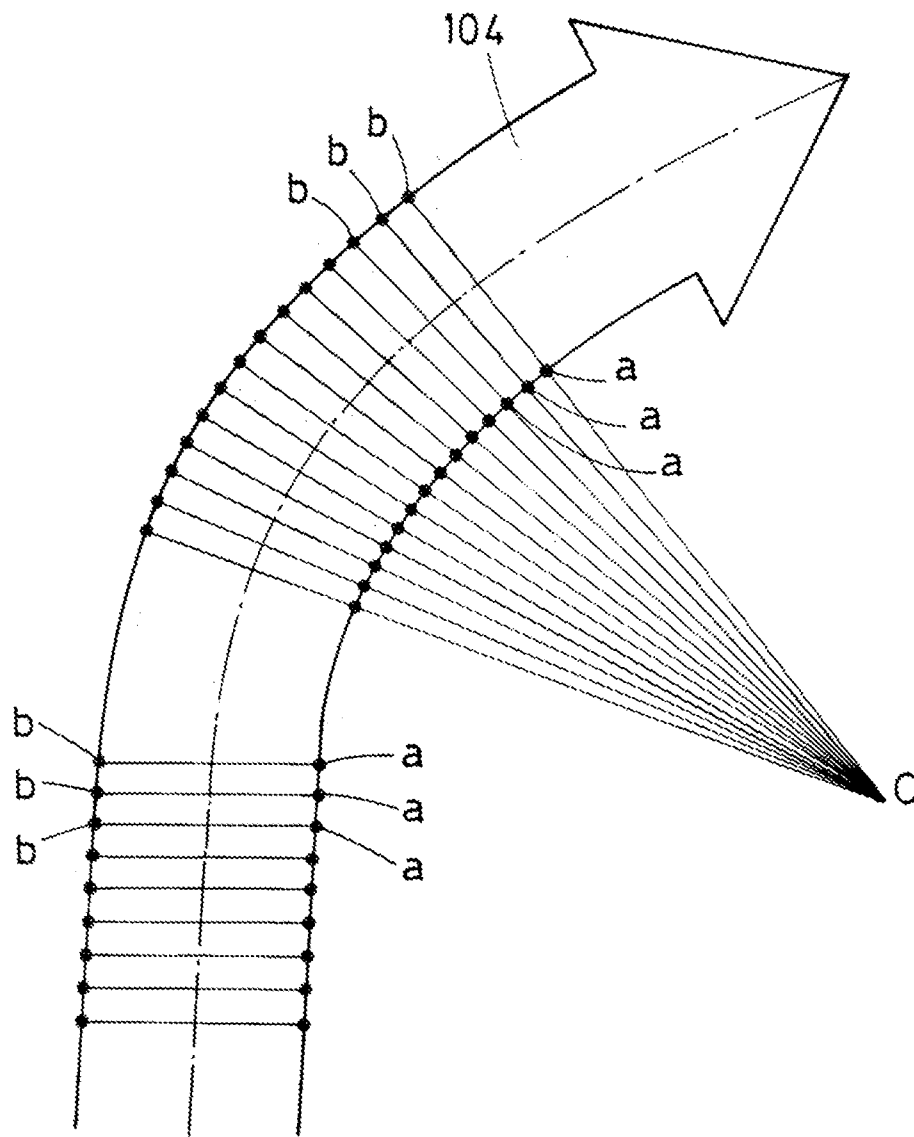


FIG.8

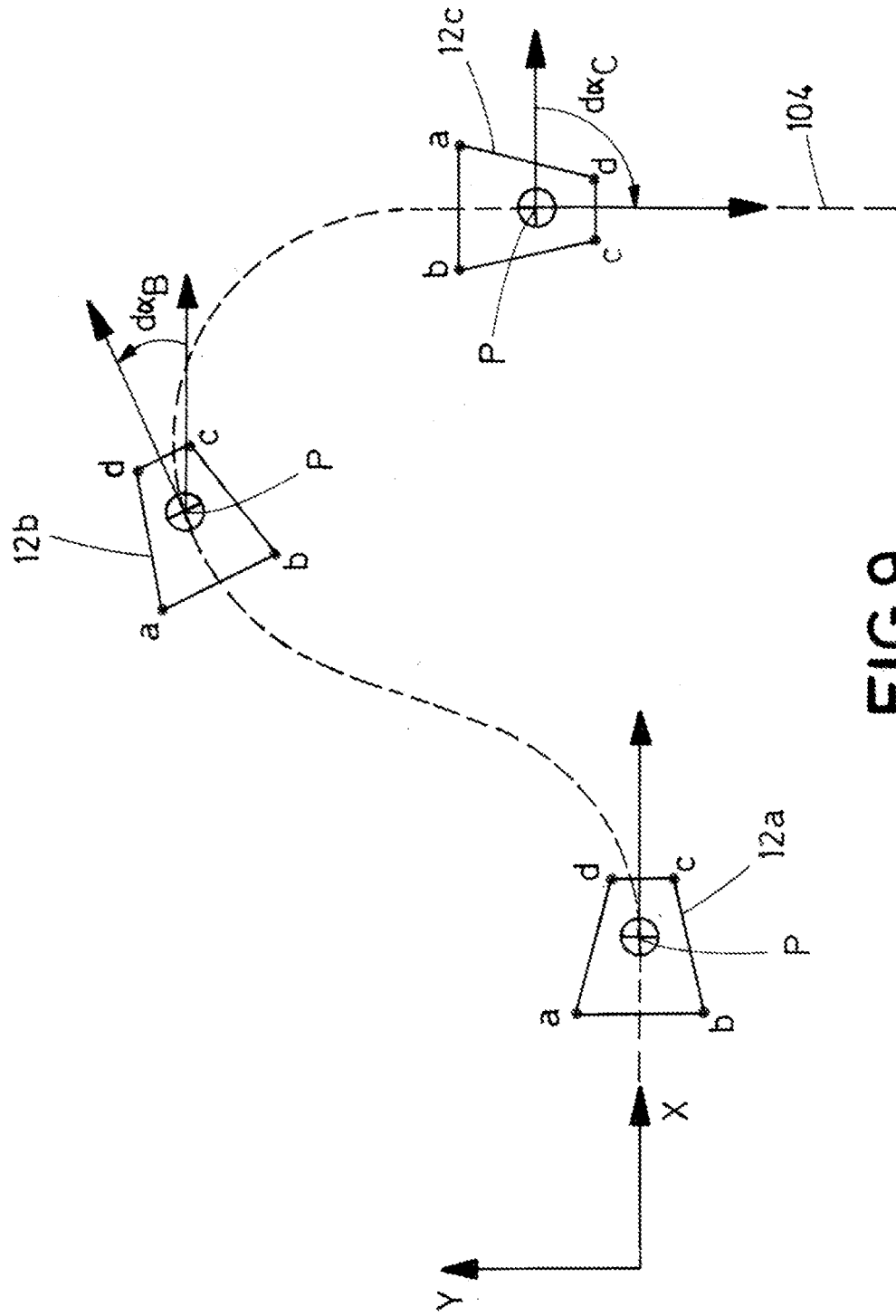


FIG.9