

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 962 733**

51 Int. Cl.:

C21D 9/30	(2006.01) B23K 26/073	(2006.01)
C21D 11/00	(2006.01) B23K 26/00	(2014.01)
C21D 1/09	(2006.01)	
C21D 1/34	(2006.01)	
C21D 1/38	(2006.01)	
B22F 3/105	(2006.01)	
B23K 26/06	(2014.01)	
B23K 26/24	(2014.01)	
B23K 26/082	(2014.01)	
B29C 64/153	(2007.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2019** **PCT/EP2019/086572**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **02.07.2020** **WO20136110**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2019** **E 19831720 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2023** **EP 3902932**

54 Título: **Método y sistema de calentamiento usando un haz de energía**

30 Prioridad:

28.12.2018 EP 18383004

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.03.2024

73 Titular/es:

ETXE-TAR, S.A. (100.0%)
San Antolin, 3
20870 Elgoibar (Gipúzkoa), ES

72 Inventor/es:

GABILONDO, JOSE JUAN

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 962 733 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 sistema de calentamiento usando un haz de energía

5 Campo técnico

La presente invención se refiere al calentamiento de un objeto usando un haz de energía, tal como un haz de luz.

Estado de la técnica

10 Es conocido en la técnica calentar objetos dirigiendo un haz de energía, tal como un haz de luz, por ejemplo, un haz láser, sobre el objeto. Por ejemplo, es bien conocido en la técnica el endurecimiento de materiales ferrosos, tal como acero (por ejemplo, acero al carbono medio), calentando el material a una temperatura alta, por debajo de su temperatura de fusión, y posteriormente templándolo, es decir, enfriándolo lo suficientemente rápido para formar martensita dura. El calentamiento puede tener lugar en hornos o por calentamiento por inducción, y el enfriamiento puede tener lugar aplicando un fluido refrigerante, tal como agua o agua mezclada con otros componentes. También se conoce el uso de un haz de energía, tal como un haz de luz, para llevar a cabo cierto proceso de endurecimiento, por ejemplo, en relación con productos complejos, tales como cigüeñales. Los cigüeñales tienen superficies complejas y requisitos muy altos de resistencia al desgaste durante el uso. Por ejemplo, el documento de patente WO-2014/037281-A2 explica cómo se puede usar un haz láser para, por ejemplo, el endurecimiento de las superficies de los bujes 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 de patente WO-2014/037281-A2, cuyo contenido se incorpora por referencia en el presente documento. El documento de patente WO-2014/037281-A1 analiza, entre otras cosas, 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, escaneándose repetidamente el haz en dos dimensiones de acuerdo con un patrón de escaneado para establecer un punto efectivo en la superficie de la pieza de trabajo, teniendo este punto efectivo 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 de patente WO-2015/135715-A1, cuyo contenido se incorpora por referencia en el presente documento, 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 como un "8 numérico".

Se ha descubierto que la técnica para calentar usando un haz de energía como se sugiere en los documentos de patente 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, cuyo contenido se incorpora por referencia en el presente documento, enseña cómo se puede usar la técnica para la fabricación aditiva. El documento de patente WO-2016/146646-A1, cuyo contenido se incorpora por referencia, enseña cómo se puede usar 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, como se describe en el documento de patente WO-2018/054850-A1, cuyo contenido se incorpora por referencia en el presente documento.

Se ha descubierto que las técnicas descritas en las solicitudes de patente mencionadas anteriormente implican ventajas sustanciales en términos de flexibilidad, adaptabilidad, calidad y productividad del producto.

El documento de patente WO-2013/167240-A1 divulga un método y un dispositivo para soldadura por láser que implica un movimiento de escaneado bidimensional de un haz láser superpuesto a un movimiento básico del haz a lo largo de la pista donde se va a establecer la costura de soldadura.

El documento de patente WO-2016/180736-A1 divulga ejemplos de tratamientos térmicos con láser que implican el uso de un punto eficaz creado al escanear un haz láser.

Descripción de la invención

60 Las solicitudes de patente mencionadas anteriormente divulgan una variedad de patrones de escaneado, por ejemplo, patrones de escaneado que comprenden una pluralidad de líneas paralelas, y patrones de escaneado en los que el punto efectivo sigue una trayectoria que implica cambios repentinos de dirección, correspondientes a las esquinas afiladas del patrón, por ejemplo, cambios en la dirección en 90 grados, como se muestra en algunas de las realizaciones descritas e ilustradas en el documento de patente WO-2015/135715-A1.

65 En muchas implementaciones prácticas, el patrón de escaneado se repite con una alta frecuencia, tal como con una

frecuencia de más de 10 Hz, por ejemplo, más de 25 Hz, más de 100 Hz, etc. El escaneado se puede realizar usando escáneres que funcionan desplazando elementos mecánicos, tal como espejos o elementos similares, que sirven para reflejar el haz. Por ejemplo, los rayos láser se pueden escanear usando espejos o elementos similares que se desplazan selectivamente de acuerdo con uno o más ejes mediante accionamientos controlados eléctricamente.

Habitualmente, se pueden utilizar los denominados escáneres galvanométricos. Ahora, considerando que los escáneres han mejorado sustancialmente durante las últimas décadas, altas velocidades de escaneado todavía presentan dificultades. Las altas tasas de repetición de los patrones de escaneado que implican cambios repentinos de velocidad y/o dirección pueden resultar imposibles o requerir equipos muy costosos. Esto puede ser aún más cierto en aplicaciones industriales que usan haces de alta potencia, tal como haces de luz con niveles de potencia de varios kW, requiriendo el uso de espejos relativamente pesados.

Además, incluso si un escáner teóricamente es capaz de realizar un patrón de escaneado dado a una frecuencia determinada, las aceleraciones y desaceleraciones pueden implicar tensiones y momentos de torsión que pueden acabar dañando el escáner, especialmente si el escaneado se va a realizar durante un periodo de tiempo considerable, que es a menudo el caso en aplicaciones industriales. Además, es más probable que se produzcan errores de proceso, tal como desviaciones del patrón que debe seguir el haz, si el escáner se acciona cerca de sus límites dinámicos teóricos. Este tipo de errores de proceso puede tener graves consecuencias en la calidad y la productividad. Por tanto, para posibilitar el uso industrial de un determinado proceso, debe minimizarse la aparición de errores de proceso graves.

La invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

Un primer aspecto de la invención se refiere a un método de calentamiento de al menos una porción seleccionada de un objeto, que comprende las etapas de

proyectar 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 el patrón de escaneado comprende una pluralidad de segmentos curvados interconectados.

Por tanto, contrariamente a los patrones de escaneado, tales como el patrón de "8 numérico" conocido por el documento de patente WO-2015/135715-A1, o el patrón con ocho segmentos rectos que forman un bucle cerrado, cada segmento que forma una esquina afilada con los dos segmentos adyacentes como se conoce en la Figura 9 del documento de patente WO-2014/037281-A2, el método de la invención usa un patrón de escaneado que comprende una pluralidad de porciones o segmentos curvados. Los segmentos curvados pueden estar interconectados por otros segmentos curvados y/o por segmentos rectos.

En el presente contexto, las referencias al patrón de escaneado y su forma se refieren al patrón de escaneado bidimensional seguido por el punto primario cuando se proyecta sobre una superficie plana (por ejemplo, en el plano x-y) sustancialmente perpendicular al haz de luz, en lugar del patrón realmente seguido por el punto primario en la superficie del objeto; por ejemplo, la superficie puede incluir curvaturas pronunciadas o pliegues que obviamente afectarán la pista seguida realmente por el punto primario en tres dimensiones. Es decir, el "patrón de escaneado" se refiere al patrón seguido por el haz en lugar del patrón realmente seguido por el punto primario en la superficie física del objeto sobre el que se proyecta el haz. Esta distinción es importante, porque lo primordialmente relevante en lo que respecta a los límites dinámicos del escáner es el escaneado del haz que realiza el escáner.

La expresión "segmento curvado" se refiere a un segmento donde hay un cambio continuo en la tangente al patrón de escaneado a lo largo del patrón de escaneado, pero sin "bordes afilados" donde la tangente no está definida.

El desplazamiento del punto efectivo en relación con la superficie del objeto se puede realizar de acuerdo con una pista adecuada. Es decir, el punto real/principal, es decir, el punto que produce el haz en un momento dado, 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, que en algunas realizaciones de la invención puede ser una simple línea recta y que en otras realizaciones puede presentar una forma más o menos compleja, incluyendo una o más curvas, por ejemplo.

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 parte curvada 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 través de la superficie del objeto, es decir, a la distribución de energía a lo largo y a través del punto efectivo proyectado 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 a 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 parte o partes relevantes de la superficie se calienten durante una cantidad de tiempo relativamente sustancial, permitiendo así, por ejemplo, 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, al 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 productividad.

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, hace posible establecer un punto eficaz con una distribución de energía bidimensional seleccionada, que es sustancialmente independiente de la óptica específica (lentes, espejos, etc.) que se están usando, y que se pueden personalizar y adaptar para proporcionar un calentamiento mejorado u optimizado, desde diferentes puntos de vista, incluyendo la velocidad con la que se completa el tratamiento térmico (por ejemplo, en términos de cm² 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 trasera puede servir para mantener el calentamiento durante un periodo 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. Además, 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. Además, 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 siempre que sea necesario, adaptando así el proceso a la parte concreta del objeto a calentar en cada momento dado. 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 teniendo en cuenta las características deseadas del objeto en diferentes regiones del producto, tal como diferentes requisitos de dureza, rigidez, suavidad, ductilidad, etc.

Adicionalmente, usando el punto efectivo, creado por el escaneado del punto primario en dos dimensiones, aumenta la flexibilidad en términos de, por ejemplo, adaptación de un sistema a los diferentes objetos a producir. Por ejemplo, la necesidad de reemplazar o adaptar la óptica involucrada puede reducirse o eliminarse. La adaptación se puede realizar con mayor frecuencia, al menos en parte, simplemente adaptando el software que controla el escaneado del punto primario y, de este modo, la distribución de energía bidimensional del punto efectivo.

En muchos sistemas de la técnica anterior para calentar un objeto usando un haz de energía, el área que se estaba calentando en cada momento correspondía sustancialmente al punto primario proyectado por el haz sobre la superficie. Es decir, en muchas disposiciones de la técnica anterior, el área que se calienta en cada momento tiene un tamaño que corresponde sustancialmente al del punto primario, y el ancho de la pista que se calienta corresponde sustancialmente al ancho del punto primario en la dirección perpendicular a la dirección en la que el punto primario está siendo desplazado, que a su vez está determinada por la fuente del haz y los medios para darle forma, por ejemplo, en el caso de un láser, mediante la fuente láser y la óptica usada. En ocasiones, la pista se ensancha al oscilar adicionalmente el haz, por ejemplo, perpendicularmente a la pista.

Evidentemente, 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 perfil 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 usar para llevar a cabo el calentamiento de otras partes o regiones del objeto, tales como el interior o la porción principal de una región a calentar. El experto en la materia elegirá la medida en que se usará el punto efectivo en lugar del punto primario para llevar a cabo el calentamiento, dependiendo de cuestiones tales como la productividad y la necesidad de adaptar cuidadosamente el contorno de una región a calentar o una determinada porción de un objeto sometido a calentamiento. Por ejemplo, es posible usar el punto primario para perfilar una región a calentar, mientras que el punto efectivo se usa para calentar la superficie dentro de la región perfilada. 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 primario, y viceversa.

Es decir, no es necesario usar 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 usando el punto efectivo descrito anteriormente. Por ejemplo, se puede preferir que durante al menos el 50 %, 70 %, 80 % o 90 % del tiempo durante el cual el haz se aplica al objeto, se aplique para establecer el punto efectivo 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 endurecimiento de superficie, soldadura, solidificación, etc. El objeto puede ser cualquier tipo de objeto adecuado en cualquier forma adecuada, incluyendo en forma de polvo o similar, que a menudo puede ser el caso en el contexto de fabricación aditiva. Por ejemplo, el objeto puede ser un objeto de chapa metálica 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, realizarse cuando la superficie comprende partes relacionadas con diferentes objetos, donde puede existir un espacio entre los objetos. Esto 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.

Por ejemplo, se pueden usar uno o más diseños de patrones de escaneado básicos como punto de partida. Dichos diseños se pueden usar para definir uno o más patrones de escaneado remodelando y redimensionando el diseño básico de acuerdo con lo que se desea para un proceso dado. La conformación y el dimensionado se pueden realizar, por ejemplo, fijando las posiciones de los puntos de control del diseño seleccionado en relación con un sistema de coordenadas. La distribución de energía bidimensional se determina además mediante parámetros adicionales, tales como la velocidad de escaneado y/o la potencia del haz, que en algunas realizaciones de la invención se puede establecer de manera diferente en relación con diferentes segmentos del patrón de escaneado, por ejemplo, segmentos determinados por los puntos de control. Se pueden asignar diferentes patrones de escaneado y/o diferentes parámetros, tales como la potencia del haz y la velocidad de escaneado, a diferentes partes de la pista (para ser) seguidas por el punto efectivo.

En algunas realizaciones de la invención, la tangente al patrón de escaneado se define en correspondencia con todos los puntos del patrón de escaneado. Es decir, el patrón de escaneado no presenta "esquinas afiladas" o "pliegues pronunciados", tal como en los patrones de escaneado de la técnica anterior donde un segmento recto sigue a otro segmento recto, como se ha expuesto anteriormente. Por tanto, de acuerdo con estas realizaciones de la invención, no existen tales "pliegues cerrados", y esto puede ayudar a reducir sustancialmente las tensiones que sufren los componentes mecánicos del escáner cuando se hace funcionar a alta velocidad.

En algunas realizaciones de la invención, el patrón de escaneado no comprende segmentos rectos. Por ejemplo, la curva puede ser una curva en porciones, por ejemplo, definida por un conjunto de puntos de control. Por ejemplo, la curva puede ser una curva de interpolación o una curva aproximada definida por estos puntos de control. El uso de puntos de control para definir la curva puede ser práctico para permitir que un operador defina una distribución de energía deseada para el punto efectivo, teniendo en cuenta las características del objeto. Como se ha explicado anteriormente, un diseño de patrón básico se puede remodelar y redimensionar usando este tipo de puntos de control.

En algunas realizaciones de la invención, el patrón de escaneado comprende segmentos curvados y rectos, y la longitud total de todos los segmentos curvados es mayor que la longitud total de todos los segmentos rectos. Es decir, la suma de la longitud de todos los segmentos curvados es mayor que la suma de la longitud de todos los segmentos rectos, habiendo al menos un segmento curvado y uno recto. Se ha descubierto que una cantidad sustancial de segmentos curvados puede ser útil para establecer un patrón que proporcione una cobertura de superficie adecuada mientras se minimizan los cambios bruscos en el movimiento de los componentes del escáner. Ahora, a veces, los segmentos rectos pueden ser útiles para interconectar los segmentos curvados.

En algunas realizaciones de la invención, el patrón de escaneado comprende al menos un punto en el que un segmento del patrón de escaneado cruza otro segmento del patrón de escaneado. Se ha descubierto que este tipo de patrones de escaneado involucrados, con uno o más segmentos que cruzan uno o más de otros segmentos, puede ser útil para lograr una distribución de energía bidimensional compleja y deseada, sin necesidad de cambios repentinos y abruptos de dirección del movimiento del haz durante el escaneado.

En algunas realizaciones de la invención, en correspondencia con al menos un primer segmento que cruza otro segmento, la velocidad de movimiento del haz a lo largo del primer segmento es mayor en un primer punto donde el primer segmento cruza al otro segmento, que en un segundo punto alejado del primer punto. Si la velocidad del movimiento del haz es constante en todo el patrón de escaneado, se puede aplicar más calor donde los haces se

cruzan o pasan cerca uno del otro. Si esto no se desea, la velocidad del movimiento del haz a lo largo del patrón de escaneado se puede modular, para adaptar la distribución de energía bidimensional y evitar una aplicación excesiva de energía en ciertas posiciones donde los segmentos del patrón de escaneado se cruzan o pasan cerca unos de otros.

5 De acuerdo con la invención, el patrón de escaneado comprende al menos tres lóbulos, tal como cuatro o más lóbulos. Se ha descubierto que el uso de un patrón de escaneado con varios lóbulos que presentan una forma curva puede ser útil para lograr una distribución de energía determinable de forma flexible sin cambios bruscos en la trayectoria del haz a lo largo del patrón de escaneado. En algunas realizaciones, uno o más de los lóbulos, tal como todos los lóbulos,
10 están cerrados en el sentido de que el lóbulo respectivo está definido por una porción del patrón de escaneado que rodea completamente un área. Se ha encontrado que el uso de lóbulos curvados es adecuado para proporcionar un punto efectivo que calienta eficazmente un área relativamente grande mientras se requiere una longitud total relativamente corta del patrón de escaneado, es decir, de la trayectoria seguida por el punto primario durante un barrido a lo largo del patrón de escaneado. El contorno de cada lóbulo rodea preferentemente al menos un punto
15 dentro del lóbulo en más de 180°, más preferentemente en más de 270°, tal como en más de 300°, por ejemplo, en más de 330°.

Esto no significa que el patrón de escaneado deba presentar lóbulos durante todo el proceso de tratamiento térmico: sin embargo, en estas realizaciones, los lóbulos mencionados anteriormente deben estar presentes durante al menos
20 parte del proceso, tal como durante el 10 %, 50 %, 90 % o más de la duración del proceso.

En algunas realizaciones de la invención, el patrón de escaneado comprende al menos tres lóbulos, tal como al menos cuatro, cinco o seis lóbulos.

25 En algunas realizaciones de la invención, se varía el número de lóbulos y/o la forma de los lóbulos mientras que el punto efectivo se desplaza con respecto a la superficie del objeto. Modificar el número de lóbulos y/o la forma de los lóbulos puede servir para adaptar la distribución de energía bidimensional a las variaciones del objeto a lo largo de la pista seguida del punto efectivo, por ejemplo, para acomodar aberturas, huecos, subporciones más sensibles al calor, porciones que requieren un mayor aporte de energía, etc.

30 En algunas realizaciones de la invención, el patrón de escaneado comprende o consiste en una curva en porciones. Una curva en porciones es una representación matemática que permite a un usuario diseñar y controlar la forma de las curvas, incluyendo curvas relativamente complejas, a través de una interfaz. Un usuario puede, por ejemplo, definir una serie de puntos a través de una interfaz y, a continuación, un dispositivo informático puede construir una curva que siga la serie de puntos, a menudo denominados puntos de control. A veces, una curva que pasa por los puntos
35 de control se denomina "curva de interpolación", mientras que una curva que pasa cerca de los puntos de control, pero no necesariamente a través de los mismos, se denomina "curva de aproximación". Se ha descubierto que este enfoque permite a los usuarios diseñar patrones de escaneado apropiados seleccionando puntos en un plano bidimensional. Luego, se puede establecer una curva suave sin esquinas afiladas usando un software informático adecuado, por
40 ejemplo.

Por tanto, el uso de curvas en porciones puede facilitar la creación de patrones de escaneado adecuados para el escáner, incluyendo patrones de escaneado asimétricos.

45 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 la superficie del objeto. De este modo, se puede lograr la adaptación del punto efectivo al área o región del objeto que se está calentando actualmente. La expresión adaptación dinámica pretende indicar el hecho de que la adaptación puede tener lugar dinámicamente durante el desplazamiento del punto efectivo. Se pueden usar diferentes medios para lograr este tipo de adaptación
50 dinámica, algunos de los cuales se han mencionado anteriormente. Por ejemplo, en algunas realizaciones de la invención, el sistema de escaneado se puede hacer funcionar 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 primario 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 primario. El control de bucle
55 abierto o de bucle cerrado se puede usar para controlar la adaptación dinámica. La adaptación dinámica puede afectar la forma en que la energía se distribuye dentro de un 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 primario 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, mediante esta
60 adaptación dinámica, la distribución de energía bidimensional puede ser diferente en relación con diferentes partes de la superficie del objeto.

En algunas realizaciones de la invención, la adaptación de la distribución de energía bidimensional del punto efectivo (21) se realiza mediante, por ejemplo:

- Adaptando la potencia del haz (2), tal como al encender y apagar selectivamente el haz (esto incluye la interrupción

del haz en su fuente, así como otras opciones, tales como la interrupción del haz por interferencia con la trayectoria del haz, por ejemplo, con un obturador y combinaciones de los mismos. Por ejemplo, cuando se usa un láser, tal como un láser de fibra, el haz láser se puede encender y apagar muy rápidamente, lo que hace posible obtener una distribución de energía deseada encendiendo y apagando el haz láser mientras se sigue el patrón de escaneado. Por tanto, el calentamiento se puede lograr encendiendo el haz láser durante ciertas líneas o partes de líneas del patrón de escaneado. Por ejemplo, se puede adoptar un enfoque pixelado, según el cual la distribución de energía bidimensional está determinada por el estado de encendido/apagado del láser durante las diferentes porciones o segmentos del patrón de escaneado.

Y/o

- adaptando el patrón de escaneado, por ejemplo, adaptando su tamaño y/o forma, por ejemplo, cambiando la forma de los lóbulos y/o el número de lóbulos de los mismos, solo para dar algunos ejemplos.

Y/o

- adaptando la velocidad con la que el punto primario se mueve a lo largo de al menos una porción del patrón de escaneado.

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

En algunas realizaciones de la invención, el haz se desplaza a lo largo de dicho 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. Además, 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.

En algunas realizaciones de la invención, el enfoque del haz y/o el tamaño del punto primario se adaptan dinámicamente durante el desplazamiento del punto primario a lo largo del patrón de escaneado y/o durante el desplazamiento del punto efectivo en relación con la superficie del objeto. En algunas realizaciones de la invención, el foco del haz se adapta dinámicamente durante el desplazamiento del punto primario a lo largo del patrón de escaneado y/o durante el desplazamiento del punto efectivo en relación con el objeto. Por ejemplo, cuando se usa un haz láser, el enfoque láser a lo largo del eje óptico se puede modificar dinámicamente durante el proceso, por ejemplo, para variar o mantener el tamaño del punto de láser primario mientras se desplaza a lo largo del patrón de escaneado y/o mientras el punto de láser efectivo se desplaza en relación con la superficie del objeto. Por ejemplo, el enfoque óptico se puede adaptar para mantener constante el tamaño del punto primario mientras el punto primario se mueve sobre la superficie del objeto (por ejemplo, para compensar las distancias variables entre la fuente láser o el escáner y la posición del punto láser primario en la superficie del objeto).

En algunas realizaciones de la invención, el tamaño del punto primario se adapta dinámicamente durante el desplazamiento del punto primario a lo largo del patrón de escaneado y/o durante el desplazamiento del punto efectivo en relación con la superficie del objeto, para modificar la distribución de energía bidimensional y/o el tamaño del punto efectivo.

En algunas realizaciones, durante al menos una etapa del método,

el punto efectivo comprende una porción delantera que tiene una densidad de energía más alta que una porción trasera del punto efectivo,

o

el punto efectivo comprende una porción delantera que tiene una densidad de energía más baja que una porción trasera del punto efectivo,

o

el punto efectivo comprende una porción intermedia que tiene una densidad de energía más alta que una porción delantera y una porción trasera del punto efectivo,

o

el punto efectivo presenta una densidad de energía sustancialmente constante en todo el punto efectivo.

En algunas realizaciones de la invención, el método comprende las etapas de, antes de proyectar el haz de energía sobre una superficie del objeto:

- a) establecer una pluralidad de patrones de escaneo; y
- b) asignar diferentes de dichos patrones de escaneo a diferentes porciones de una pista a seguir por el punto efectivo en la superficie del objeto;

5 en donde la etapa de desplazar el punto efectivo en relación con la superficie del objeto para calentar progresivamente la al menos una porción seleccionada del objeto comprende desplazar el punto efectivo a lo largo de la pista y cambiar el patrón de escaneo de modo que, en cada porción de la pista, el punto efectivo es producido por el haz siguiendo el patrón de escaneo asignado a la porción respectiva de la pista.

10 En algunas realizaciones de la invención, al menos un patrón de escaneo se establece:

- especificando una pluralidad de puntos de control;
 - estableciendo un patrón de escaneo en forma de una curva en porciones definida por los puntos de control;
 - opcionalmente, asignando diferentes valores de parámetros a diferentes porciones de la curva, siendo los valores
- 15 de los parámetros indicativos de la potencia del láser y/o la velocidad de escaneo en relación con las porciones respectivas de la curva.

En algunas realizaciones de la invención, el punto primario se desplaza en la superficie del objeto de acuerdo con el patrón de escaneo con una primera velocidad media, y en donde el punto efectivo se desplaza en relación con la superficie del objeto con una segunda velocidad media, siendo la primera velocidad promedio sustancialmente más alta que la segunda velocidad promedio, tal como al menos 5, 10, 50 o 100 veces la segunda velocidad promedio. Aquí, el término "primera velocidad promedio" se refiere a la longitud del patrón de escaneo proyectado sobre la superficie del objeto dividido por el tiempo necesario para que el punto primario complete un barrido a lo largo del patrón de escaneo, 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 escaneo reduce las fluctuaciones de temperatura dentro del punto efectivo durante cada barrido del punto primario a lo largo del patrón de escaneo. Esta es una diferencia conceptual si se compara con las disposiciones de la técnica anterior, tal como la conocida a partir del documento de patente WO-2016/118555-A1, que divulga la soldadura por láser usando un rayo láser con escaneo en dos dimensiones superpuesto en un movimiento relativo básico a lo largo de la pieza de trabajo. Aunque el documento de patente WO-2016/118555-A1 se refiere a un "patrón en forma de 8", este patrón en cifra 8 no corresponde a un patrón de escaneo según la presente invención, dado que el movimiento relativo entre la fuente de láser y la superficie se realiza con una velocidad de magnitud igual o similar a la velocidad del punto primario de acuerdo con el "patrón en cifra 8", como lo demuestra, por ejemplo, la cifra 3 y las partes relacionadas de la descripción. Es decir, no se establece un punto efectivo, sino que el punto primario sigue una trayectoria general mientras dibuja algún tipo de lóbulos a ambos lados de la trayectoria general.

Adicionalmente o, como alternativa, el haz se escanea de acuerdo con el patrón de escaneo, de modo que el patrón de escaneo sea repetido por el haz con una frecuencia de más de 10 Hz, preferentemente de más de 25 Hz, más preferentemente más de 100 Hz. En algunas realizaciones de la invención, el haz se escanea de acuerdo con el patrón de escaneo de modo que el patrón de escaneo 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 escaneo por segundo). Una alta velocidad 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 escaneo, es decir, entre cada barrido del haz a lo largo del patrón de escaneo. En algunas realizaciones de la invención, el patrón de escaneo permanece constante, y en otras realizaciones de la invención, el patrón de escaneo se modifica entre algunos o todos los barridos del haz a lo largo del patrón de escaneo.

Adicionalmente o, como alternativa, el tamaño del punto efectivo es más de 4 veces el tamaño del punto primario, preferentemente más de 10 veces el tamaño del punto primario, más preferentemente al menos 25 veces el tamaño del punto primario. En algunas realizaciones de la invención, el tamaño (es decir, el área) del punto efectivo, tal como el tamaño medio del punto efectivo durante el proceso o el tamaño del punto efectivo durante al menos un momento del proceso, tal como el tamaño máximo del punto efectivo durante el proceso, es más de 4, 10, 15, 20 o 25 veces el tamaño del punto primario. Por ejemplo, en algunas realizaciones de la invención, un punto primario que tiene un tamaño del orden de 3 mm² se puede usar para crear un punto efectivo con un tamaño de más de 10 mm², tal como más de 50 o 100 mm² o más. El tamaño del punto efectivo se puede modificar dinámicamente durante el proceso, pero a menudo se puede preferir un tamaño promedio grande para mejorar la productividad, y un tamaño máximo grande puede ser útil para mejorar la productividad durante al menos parte del proceso.

60 El método se puede realizar 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. A menudo se prefiere un haz láser debido a problemas tales como el coste, la fiabilidad y la disponibilidad de sistemas de escaneo 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, al menos durante parte del proceso. Tradicionalmente, cuando se escanea un punto láser primario para calentar progresivamente la región a tratar térmicamente, a menudo se han usado láseres

que tienen potencias de salida relativamente bajas. Por ejemplo, el documento de patente EP-1308525-A2 sugiere una potencia de haz de 600 W. Esto es porque en esta referencia de la técnica anterior, el punto láser que en un momento determinado está calentando una porción de la superficie corresponde al punto primario, que tiene un área de superficie relativamente pequeña. Por tanto, se puede preferir una salida de potencia más baja para evitar el sobrecalentamiento. De acuerdo con la invención, la potencia del láser se puede distribuir sobre un punto láser eficaz que tiene un área de superficie sustancialmente mayor que la del punto láser primario. Es decir, con el presente enfoque, basado en la creación de un punto láser efectivo más grande, se pueden usar potencias superiores, por lo que se puede mejorar la productividad.

- 5
- 10 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 la superficie del objeto, en respuesta a al menos un cambio en el ángulo entre el haz de energía y una porción de la superficie del objeto que está siendo calentada por el punto efectivo, y/o en relación con al menos un cambio en la dirección de una pista seguida por el punto primario, por ejemplo, para adaptar la distribución de energía bidimensional, incluyendo la forma y el tamaño del punto efectivo, así como la distribución de energía bidimensional dentro del punto efectivo, a la curvatura y/o pliegues de la superficie, y/o variaciones en el ángulo en el que se orienta la superficie en relación con el escáner, y/o a variaciones en la dirección seguida por el punto primario, por ejemplo, como resultado de una curva o pliegue en la pista.
- 15
- 20 En algunas realizaciones de la invención, al menos una de las potencias del haz de energía, el patrón de escaneado y la velocidad con la que el punto primario se mueve a lo largo de al menos una parte del patrón de escaneado, está/están adaptados en respuesta a al menos un cambio de ángulo entre el haz de energía y una porción de la superficie del objeto que se calienta por el punto efectivo, y/o al menos un cambio en la trayectoria de la pista.
- 25 Por tanto, las enseñanzas de la presente invención pueden usarse para controlar adecuadamente el calentamiento cuando el punto efectivo se mueve sobre una superficie curvada, sobre una parte doblada del objeto, o cuando el punto efectivo se mueve desde una primera porción o región del objeto a otra porción o región colocada en ángulo con la primera porción o región, etc. Esto puede resultar muy útil para, por ejemplo, asegurar una buena calidad del calentamiento, cuando el objeto que se calienta es un objeto que ha sido moldeado previamente (por ejemplo, conformado en caliente) en, por ejemplo, una prensa, para que la superficie presente una forma más o menos compleja con curvas y/o pliegues, etc. Este suele ser el caso de, por ejemplo, componentes de vehículos de chapa metálica. De manera similar, el punto efectivo puede "girar" de acuerdo con la dirección de una pista, por ejemplo, de modo que un borde delantero con mayor densidad de energía permanecerá en la cabeza del punto efectivo también durante y después de una curva en la pista seguida por el punto efectivo. En algunas realizaciones, la pista es una pista de soldadura que sigue un área de interfaz donde se unen dos componentes entre sí.
- 30
- 35

Otro aspecto de la invención se refiere a un sistema para calentar al menos una porción seleccionada de un objeto, comprendiendo el sistema

- 40 medios para soportar un objeto, y
medios para producir un haz de energía y para proyectar el haz de energía sobre una superficie del objeto.

El sistema comprende un escáner para escanear el haz de energía en al menos dos dimensiones. El sistema está dispuesto, tal como programado, para realizar el método descrito anteriormente. En algunas realizaciones de la invención, el sistema incluye medios para producir un movimiento relativo entre el escáner y el objeto, desplazando el escáner y/o el objeto.

- 45
- 50 Otro aspecto de la invención se refiere a un método de programación de un sistema que incluye medios para producir un haz de energía y un escáner para escanear el haz de energía en al menos dos dimensiones. En algunas realizaciones, el sistema es un sistema como se describe anteriormente, adecuado y adaptado para realizar un método como se describe anteriormente. El método de programación comprende las etapas de:

- programar el sistema para ordenar al escáner que explore el haz de energía de acuerdo con un primer patrón de escaneado;
- 55 - detectar datos indicativos de un segundo patrón de escaneado diferente del primer patrón de escaneado, siendo el segundo patrón de escaneado un patrón de escaneado seguido por el haz de energía cuando el sistema está funcionando según lo programado;
- reprogramar el sistema basado en los datos indicativos del segundo patrón de escaneado, por ejemplo, para indicar al escáner que opere más de acuerdo con el segundo patrón de escaneado. En algunas realizaciones, el escáner es un escáner galvanométrico. En algunas realizaciones, el escáner comprende dos o más espejos de escaneado u otros elementos reflectantes configurados para desviar el haz de energía. Los datos indicativos del segundo patrón de escaneado pueden, por ejemplo, comprender datos procedentes de codificadores del escáner, por ejemplo, codificadores indicativos de los movimientos reales de los espejos o similares del escáner.
- 60
- 65 Por tanto, de acuerdo con el método, el sistema que incluye el escáner puede terminar siendo programado de una manera que refleje mejor el funcionamiento real del escáner. De este modo, el escáner puede estar sujeto a menos

tensión operativa cuando funciona. Esto sirve para minimizar el riesgo de daños al escáner o de fallos operativos del tipo que suelen aparecer cuando un escáner funciona en sus límites operativos, por ejemplo, forzado a seguir un patrón de escaneado que incluye cambios abruptos a alta velocidad. Las etapas para detectar datos indicativos de un patrón de escaneado seguido por el haz de energía y reprogramar el sistema/escáner pueden repetirse tan a menudo como se considere posible, para asegurar que el sistema con escáner termine siendo programado de manera sustancialmente coincidente con su funcionamiento real, minimizando así las tensiones operativas. Se ha encontrado que esta forma de programar un sistema puede ser totalmente compatible con los métodos de calentamiento descritos anteriormente o al menos con algunos de los mismos, incluyendo la operación con una pluralidad de lóbulos. La expresión "*indicar al escáner que funciona más de acuerdo con el segundo patrón de escaneado*" pretende indicar que las nuevas instrucciones para el escáner se corresponden mejor con el funcionamiento real del escáner que las instrucciones originales.

Breve descripción de los dibujos

Para completar la descripción y con el fin de proporcionar una mejor comprensión de la invención, se proporciona un conjunto de dibujos. Dichos dibujos forman parte integral de la descripción e ilustran realizaciones de la invención, lo que no debería interpretarse como una restricción del alcance de la invención, sino tan solo como ejemplos de cómo puede realizarse la invención. Los dibujos comprenden las siguientes figuras:

- La Figura 1A es una vista en perspectiva esquemática de un sistema de acuerdo con una posible realización de la invención.
- Las Figuras 1B-1F ilustran esquemáticamente el sistema de la Figura 1A durante el tratamiento térmico de diferentes porciones de una pieza de trabajo.
- La Figura 2 ilustra esquemáticamente un punto de láser efectivo creado por un patrón de escaneado que comprende cuatro lóbulos.
- Las Figuras 3A-3C ilustran esquemáticamente cómo se puede adaptar la distribución de energía de un punto láser eficaz al endurecer el área alrededor de un orificio de lubricación con aceite.
- La Figura 4 es una vista en perspectiva esquemática de un sistema para fusión de lecho de polvo de acuerdo con una realización de la invención.
- La Figura 5 es una vista en perspectiva esquemática de un sistema para soldar de acuerdo con una realización de la invención.
- La Figura 6 ilustra una realización de la invención que incluye medios para desplazar el escáner en relación con un objeto sometido a tratamiento térmico.
- Las Figuras 7A y 7B son vistas esquemáticas desde arriba que ilustran el método de acuerdo con una posible realización de la invención aplicada a soldadura a lo largo de una pista parcialmente curvada.
- Las Figuras 8A-8B son ilustraciones esquemáticas de los principios subyacentes a una posible forma de programar un sistema que incluye un escáner, por ejemplo, para realizar un método de la invención.
- La Figura 8C es un diagrama de flujo que muestra las etapas de ese método.
- La Figura 9 ilustra un ejemplo de un patrón de escaneado que puede usarse de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.
- Las Figuras 10A-10C ilustran otros patrones de escaneado que pueden usarse de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

Descripción de las formas de realización de la invención

La Figura 1A ilustra esquemáticamente un sistema de acuerdo con una posible realización de la invención, en este caso, para el tratamiento térmico de un objeto de chapa metálica, tal como un pilar de un vehículo. El sistema comprende un equipo láser 1 para producir un haz láser 2 y un escáner 3 que incluye dos espejos o similar para el escaneado bidimensional del haz láser 2 en el plano horizontal (X-Y). El equipo para producir un haz láser puede, en algunas realizaciones de la invención, ser un equipo adecuado para producir haces láser que tienen un contenido de potencia relativamente alto, tal como 1 kW o más. Un ejemplo de un dispositivo adecuado es el sistema láser de iterbio modelo YLS-6000-CT, de IPG Photonics, con una potencia nominal de 6 kW.

El sistema comprende además medios (no mostrados en la Figura 1A) para sujetar o soportar una pieza de trabajo 100; en la realización ilustrada, la pieza de trabajo es para un pilar de la carrocería de un vehículo, tal como un denominado pilar central. La pieza de trabajo de pilar o pilar puede, por ejemplo, ser una pieza de trabajo de muy alta dureza, obtenida presionando en caliente una plantilla de chapa metálica para darle la forma deseada, seguido de enfriamiento de la pieza de trabajo para producir templado, como se conoce en la técnica. El haz láser 2 se proyecta sobre la pieza de trabajo en una región donde se desea proporcionar una dureza reducida, por ejemplo, establecer una zona en la que se produzca preferiblemente la deformación en caso de un impacto.

Tradicionalmente, esto a veces se llevaba a cabo básicamente barriendo un haz láser, que tiene una cierta anchura, una vez sobre el área donde se deseaba reducir la dureza, normalmente corresponde a una tira o banda a través del pilar. Sin embargo, de acuerdo con la presente realización de la invención, el haz láser (y el punto láser primario que el haz proyecta sobre la pieza de trabajo) se escanea repetidamente a una velocidad relativamente alta siguiendo un patrón de escaneado con una pluralidad de lóbulos ilustrados esquemáticamente en la Figura 1A, creando así un

punto efectivo 21, ilustrado como un cuadrado en la Figura 1A. Esto se consigue usando el escáner 3. Este punto efectivo 21 se desplaza con respecto a la superficie de la pieza de trabajo 100 de acuerdo con una pista predeterminada, por ejemplo, a través del pilar; en la Figura 1A, una flecha indica cómo el punto efectivo 21 puede, por ejemplo, desplazarse en paralelo con el eje X del sistema con respecto a la superficie de la pieza de trabajo.

El desplazamiento del punto efectivo 21 según la pista también se puede lograr de manera similar mediante el escáner 3, y/o debido al desplazamiento del escáner o equipo asociado, por ejemplo, a lo largo de las pistas (no se muestra en la Figura 1A), tal como pistas que se extienden en paralelo con el eje X y/o el eje Y. También se puede lograr desplazando la pieza de trabajo 100 en relación con la posición del escáner, o mediante una combinación de estos medios de desplazamiento.

El punto efectivo y su distribución de energía bidimensional se pueden adaptar dinámicamente durante el desplazamiento del punto efectivo a lo largo de la pista. Por ejemplo, considerando la Figura 1A, el ancho del punto efectivo (a lo largo del eje Y) se puede adaptar durante su desplazamiento a través de la pieza de trabajo, de modo que la anchura de la pista sometida a tratamiento térmico varía a lo largo de la pieza de trabajo. También se pueden adaptar otras características del punto efectivo, para optimizar el tratamiento térmico, por ejemplo, el establecimiento de un área donde se reduce la dureza para proporcionar un rendimiento deseado de la pieza de trabajo (por ejemplo, en el caso de un componente estructural de un vehículo, para proporcionar un rendimiento deseado en términos de flexión después de un impacto).

Las Figuras 1B y 1C ilustran esquemáticamente cómo el punto efectivo 21 puede adaptarse en ancho para llevar a cabo el tratamiento térmico de dos pistas o segmentos 100A y 100B, respectivamente, de la pieza de trabajo 100, estas dos pistas o segmentos tienen diferentes anchos y se extienden en dos ángulos sustancialmente diferentes con respecto a la fuente láser, es decir, el escáner. Las Figuras 1D y 1E ilustran esquemáticamente cómo se puede desplazar el punto efectivo a lo largo de un segmento 100B de la pieza de trabajo que tiene un ancho que varía a lo largo de la pista, donde, por ejemplo, el ancho del punto efectivo en la dirección perpendicular a su desplazamiento a lo largo del segmento (es decir, perpendicular a la pista seguida por el punto efectivo) se puede adaptar dinámicamente durante este desplazamiento. Las Figuras 1D y 1E ilustran esquemáticamente cómo se puede adaptar la distribución de energía bidimensional durante el movimiento del punto efectivo 21 a lo largo de la pista para que el punto efectivo adapte su orientación a una curva en la pista, por ejemplo, adaptando su orientación en el plano X-Y cuando se mueve a lo largo de la porción curvada de la pista.

Debido a la flexibilidad con la que se puede adaptar la distribución de energía bidimensional dentro del punto efectivo, así como la forma y las dimensiones del punto efectivo, es relativamente fácil adaptar la distribución de energía bidimensional también a superficies complejas, tales como las de una pieza de trabajo de chapa metálica que se ha conformado en una prensa para tener una configuración tridimensional predeterminada. Por ejemplo, la Figura 1F ilustra cómo se puede aplicar el punto efectivo para proporcionar el tratamiento térmico de una pista que comprende dos porciones 100A y 100B de un pilar para un vehículo, en el que dichas dos porciones están dispuestas en diferentes ángulos con respecto a la fuente de láser y separadas por un pliegue 100C. La forma del punto efectivo y la distribución de energía bidimensional dentro del punto efectivo, es decir, la distribución de energía a lo largo y a través del punto efectivo proyectada sobre la superficie del objeto, se puede adaptar a, por ejemplo, la anchura del área a calentar, la forma tridimensional de dicha área a calentar (de modo que, por ejemplo, tenga en cuenta el pliegue 100C), la orientación de diferentes porciones de dicha área en relación con el haz láser, etc.

En algunas realizaciones de la invención, el sistema puede incluir medios 5 para adaptar dinámicamente el tamaño del punto primario (por ejemplo, para modificar la distribución de energía bidimensional y/o el tamaño del punto efectivo 21) y/o el enfoque del haz láser a lo largo del eje óptico. Esto hace posible controlar (tal como 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 21 se desplaza en relación con la superficie del objeto. Por ejemplo, el enfoque óptico se puede adaptar para mantener constante el tamaño del punto primario mientras el punto primario se mueve sobre la superficie del objeto (por ejemplo, para compensar las distancias variables entre el escáner y la posición del punto láser primario en el objeto que se está produciendo). Por ejemplo, los medios para adaptar dinámicamente el enfoque del haz láser pueden comprender en algunas realizaciones de la invención una unidad de enfoque varioSCANC®, disponible en SCANLAB AG (www.scanlab.de).

La realización específica analizada anteriormente se refiere al tratamiento térmico de chapa metálica, pero los mismos principios se pueden aplicar a otros tipos de tratamiento térmico, por ejemplo, al endurecimiento selectivo de piezas de trabajo, fabricación aditiva, soldadura, revestimiento por láser, etc. Por ejemplo, las enseñanzas de la presente invención se pueden usar para mejorar los métodos de soldadura de la técnica anterior, tales como los enseñados por el documento de patente WO-2018/054850-A1. Además, y mientras que la realización ilustrada usa luz láser, otras realizaciones pueden usar otros tipos de haces de energía.

Como se ha explicado anteriormente, se ha descubierto que a menudo puede ser práctico proporcionar un patrón de escaneado que comprenda porciones o segmentos curvados y, preferentemente, con pocas o ninguna transición brusca entre un segmento y otro, es decir, sin "esquinas" afiladas en el patrón. Se puede preferir que el patrón de escaneado esté libre o sustancialmente libre de puntos que carecen de una tangente definida a la curva. Un ejemplo

de este tipo de patrón de escaneado se ilustra esquemáticamente en la Figura 2, donde el punto de láser efectivo 21 se crea desplazando el punto primario 2A a lo largo de un patrón de escaneado 22 "similar a un trébol de cuatro hojas" que comprende cuatro lóbulos 221, 222, 223, 224. Los lóbulos pueden tener formas y/o tamaños iguales o diferentes. Las formas, tamaños, números y orientaciones de los lóbulos, junto con otros parámetros tales como la velocidad del punto primario 1A a lo largo de diferentes lóbulos y/o porciones de los lóbulos y/o el nivel de potencia del haz en correspondencia con diferentes lóbulos y/o porciones de los lóbulos, se pueden usar para determinar y controlar la distribución de energía bidimensional, y estos parámetros se pueden adaptar dinámicamente durante el funcionamiento. Como la curva seguida por el punto primario 2A es suave y no presenta pliegues o esquinas pronunciadas, la tensión que sufre el escáner se puede mantener relativamente baja. Por tanto, el escaneado se puede realizar a una velocidad relativamente alta sin alcanzar o acercarse a los límites dinámicos del escáner, mejorando así también la durabilidad y la fiabilidad del sistema. Se puede preferir la repetición de los patrones de escaneado con una frecuencia relativamente alta para evitar fluctuaciones de temperatura no deseadas dentro del punto láser efectivo 21.

La distribución de energía dentro del punto efectivo está determinada en parte por la forma del patrón de escaneado, pero también otros parámetros pueden influir en la distribución de energía, tal como, por ejemplo, la velocidad con la que el punto primario se desplaza a lo largo del patrón de escaneado. Por ejemplo, en un patrón de escaneado como el que se muestra en la Figura 2 donde los segmentos del patrón de escaneado se cruzan alrededor del centro del patrón de escaneado, puede ser preferible escanear el punto primario 2A con una velocidad más alta a lo largo de aquellas partes del patrón de escaneado donde los segmentos se cruzan o están cerca uno del otro que, por ejemplo, en aquellas partes que están alejadas de dichas áreas tales como, por ejemplo, las porciones delantera y trasera del patrón de escaneado que se muestra en la Figura 2.

Las Figuras 3A-3C ilustran esquemáticamente cómo se puede usar la presente invención en el contexto de un método de endurecimiento de bujes de un cigüeñal, como se analiza en el documento de patente WO-2014/037281-A2. Más específicamente, las Figuras 3A-3C ilustran cómo se puede adaptar el patrón de escaneado para acomodar un orificio de lubricación de aceite. El orificio de lubricación de aceite 101 está posicionado en una superficie de un buje 102 de un cigüeñal, y dicha superficie se extiende en una primera dirección paralela al eje de rotación del cigüeñal, y en una segunda, dirección circunferencial W. En la Figura 3A, se usa un punto efectivo equivalente sustancialmente rectangular 21, que tiene una porción delantera con mayor densidad de potencia y una porción trasera con menor densidad de potencia. Esto se puede lograr, por ejemplo, usando un patrón de escaneado 22 de "trébol de cuatro hojas" con cuatro lóbulos como se ilustra esquemáticamente en la parte superior de la Figura 3A. El punto efectivo 21 se mueve a lo largo del buje en la dirección circunferencial del mismo, por ejemplo, debido a la rotación del cigüeñal alrededor de su eje longitudinal.

Como se ilustra esquemáticamente en la Figura 3B, cuando el punto efectivo 21 se acerca al orificio de lubricación de aceite 101 debido al movimiento relativo entre el punto efectivo y la superficie del buje, la distribución de energía se adapta sustancialmente mediante la adaptación, al menos, del patrón de escaneado para reducir la potencia o la densidad de energía hacia el centro de la porción delantera, para evitar el sobrecalentamiento del área adyacente al orificio de lubricación de aceite 101. Aquí, el punto láser efectivo tiene sustancialmente forma de U. Esto puede, por ejemplo, lograrse con un patrón de escaneado 22 que presenta dos lóbulos 221 y 222, como se ilustra esquemáticamente en la Figura 3B. Posteriormente, una vez que el orificio de lubricación de aceite 101 ha pasado la porción delantera del punto efectivo 21, se restablece la distribución de energía original en la porción delantera, considerando que la distribución de energía en la porción trasera está adaptada para adaptarse al orificio de lubricación de aceite 101, reduciendo la energía o la densidad de potencia hacia el centro de la porción trasera. Aquí, el punto efectivo 21 adopta sustancialmente una forma de U invertida, que se puede lograr invirtiendo sustancialmente el patrón de escaneado de la Figura 3B, como se ilustra esquemáticamente en la parte superior de la Figura 3C.

Es decir, mientras el orificio de lubricación de aceite 101 pasa a través del punto efectivo 21, la distribución de energía se adapta adaptando parámetros que incluyen el patrón de escaneado y, opcionalmente, también otros parámetros tales como la velocidad del punto primario en correspondencia con diferentes segmentos del patrón de escaneado. Mediante estas adaptaciones, es posible aplicar menos energía al área más sensible al calor adyacente al orificio de lubricación con aceite, que lo que se aplica a la superficie a endurecer lejos de dicho orificio de lubricación con aceite. El área alrededor del orificio de lubricación con aceite se puede endurecer sin dañar la subárea más sensible al calor adyacente al orificio de lubricación con aceite; las porciones laterales del punto láser efectivo en forma de U sirven para endurecer las áreas a los lados del orificio de lubricación con aceite. Debido a la forma suave de las curvas que definen los patrones de escaneado mostrados en las Figuras 3A-3C, la necesidad de aceleraciones o desaceleraciones sustanciales repentinas de elementos mecánicos del escáner, tal como espejos de escaneado, puede evitarse o reducirse, en comparación con las soluciones de la técnica anterior que implican patrones de escaneado que presentan cambios repentinos de dirección, por ejemplo, al transitar de un segmento recto a otro.

La Figura 4 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 300 comprende un equipo láser 1 para producir un haz láser 2 como se describió anteriormente, incluyendo el escáner 3 que incluye dos espejos o similar para el escaneado bidimensional de un haz láser 2 en el plano horizontal (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 301 con dos aberturas 302 a través de las cuales se alimenta el material de construcción desde dos cartuchos de alimentación 303. En el centro de la superficie superior 301 hay una abertura adicional, dispuesta en correspondencia con una plataforma 304 que es desplazable en la dirección vertical, es decir, en paralelo con un eje Z del sistema. El polvo se suministra desde los cartuchos 303 y se deposita en la parte superior de la plataforma 304. Se usa un rodillo nivelador de polvo contragratatorio 305 para distribuir el polvo en una capa 306 que tiene un espesor homogéneo.

El haz láser se proyecta sobre la capa 306 del material de construcción en la parte superior de la plataforma 304 para fusionar el material de construcción en una región o área 311 seleccionada, que corresponde a una sección transversal del objeto que se está produciendo. Una vez que se haya fusionado el material de construcción en esta área 311, la plataforma se baja una distancia correspondiente al espesor de cada capa de material de construcción, se aplica una nueva capa 306 de material de construcción utilizando el rodillo 305 y se repite el proceso, esta vez de acuerdo con la sección transversal del objeto a producir en correspondencia con la nueva capa.

De acuerdo con la presente realización de la invención, el haz láser (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 escaneo en forma de curva sin pliegues que definen cuatro lóbulos, como se ilustra esquemáticamente en la Figura 4, creando así un punto láser efectivo 21, ilustrado como un cuadrado en la Figura 4. Obviamente, se puede usar cualquier otro patrón de escaneo adecuado, por ejemplo, un patrón de escaneo que tiene un número diferente de lóbulos. Esto se consigue usando el escáner 4. Este punto láser efectivo 21 se desplaza según una pista definida, por ejemplo, en paralelo con una pluralidad de líneas paralelas. En la Figura 4, una flecha indica cómo el punto láser efectivo 21 puede, por ejemplo, desplazarse en paralelo con el eje X del sistema. La Figura 4 ilustra cómo una porción 311A del área 311 a fusionar se ha fusionado durante un barrido anterior del punto láser efectivo 21 en paralelo con el eje X, mientras que otra porción 311 B todavía está esperando ser fusionada. Después de que se haya fusionado, se bajará la plataforma 304 y se aplicará una nueva capa de material de construcción en forma de polvo. El desplazamiento del punto de láser efectivo 21 de acuerdo con la pista también se puede lograr mediante el escáner 3, y/o debido al desplazamiento del escáner o equipo asociado, por ejemplo, a lo largo de las pistas (no se muestran en la Figura 4), tal como pistas que se extienden en paralelo con el eje X y/o el eje Y. Debido a la forma lisa del patrón de escaneo, se puede lograr una alta velocidad de escaneo sin alcanzar los límites dinámicos del escáner o sin poner en peligro la durabilidad o fiabilidad del escáner y su rendimiento.

La Figura 5 ilustra esquemáticamente de un sistema para soldar de acuerdo con una posible realización de la invención. En esta realización, el sistema comprende un equipo 1 para producir un haz de energía 2, y un escáner 3 que incluye dos espejos o similares para el escaneo bidimensional del haz 2 en el plano horizontal (X-Y). En algunas realizaciones de la invención, el sistema puede incluir medios 5 para adaptar dinámicamente el tamaño del punto primario (por ejemplo, para modificar la distribución de energía bidimensional y/o el tamaño del punto efectivo 21) y/o el enfoque del haz a lo largo del eje óptico. Esto hace posible controlar (por ejemplo, variar o mantener) el tamaño del punto primario mientras se desplaza a lo largo del patrón de escaneo y/o mientras el punto efectivo 21 se desplaza en relación con un área de interfaz. Por ejemplo, el enfoque óptico se puede adaptar para mantener constante el tamaño del punto primario mientras el punto primario se mueve sobre la superficie del área de la interfaz (por ejemplo, para compensar las distancias variables entre el escáner y la posición del punto primario en el área de la interfaz).

El sistema comprende además medios (no mostrados en la Figura 5) para sujetar o soportar dos partes metálicas 401 y 402 a soldar entre sí. El haz 2 se proyecta sobre un área de interfaz 403 donde las dos partes 401 y 402 se acoplan, es decir, donde las superficies de las mismas se enfrentan entre sí de modo que las dos partes puedan soldarse entre sí. Esto se logra produciendo un punto efectivo 21 mediante escaneo bidimensional del punto real o primario del haz, como se ha descrito anteriormente. Este punto efectivo 21 se barre a lo largo de una pista 404, como se ilustra esquemáticamente mediante una flecha en la Figura 5, para fundir las porciones coincidentes de las dos partes, como se ha descrito anteriormente. Por solidificación, se produce la costura de soldadura o junta 405. Es decir, de acuerdo con esta realización de la invención, el haz (y el punto primario que el haz proyecta en el área de la interfaz) se escanea repetidamente a una velocidad relativamente alta siguiendo un patrón de escaneo con una forma lisa, ilustrada esquemáticamente como cuatro lóbulos, aunque se puede usar cualquier otro patrón de escaneo adecuado, creando así un punto efectivo 21, ilustrado como un cuadrado en la Figura 5. Esto se consigue usando el escáner 3. Este punto efectivo 21 se desplaza según la pista 404, por ejemplo, como se muestra en la Figura 5, en paralelo al eje X del sistema.

El desplazamiento del punto láser efectivo 21 a lo largo de la pista también se puede lograr mediante el escáner 3 y/o mediante el desplazamiento del escáner o equipo asociado, por ejemplo, a lo largo de rieles (no se muestran en la Figura 5), tal como rieles que se extienden en paralelo con el eje X. También puede conseguirse, por ejemplo, desplazando las partes 401 y 402 en relación con la posición del escáner.

La distribución de energía bidimensional se puede adaptar a las condiciones específicas de la tarea a realizar, como se ha explicado anteriormente. Por ejemplo, se puede producir un punto efectivo no simétrico para adaptarse a las diferencias de espesor entre las dos partes 401 y 402, y/o diferentes materiales (por ejemplo, una de las partes 401 puede ser de un material y la otra parte 402 puede ser de otro material. Por ejemplo, las dos partes pueden ser de diferentes metales, tal como, por ejemplo, de diferentes aleaciones metálicas, y requieren un calentamiento diferente

para soldar las dos partes de manera adecuada, con un cordón de soldadura de calidad y/o con un uso eficiente de la energía. En dichos casos, se puede preferir una distribución de energía no simétrica, para aplicar energía de manera diferente en una de las partes que en la otra. Además, el punto efectivo y su distribución de energía bidimensional se pueden adaptar dinámicamente durante el desplazamiento del punto efectivo a lo largo de la pista.

La Figura 6 ilustra esquemáticamente cómo un cabezal de procesamiento 500, de acuerdo con una posible realización de la invención, puede incluir un escáner 3 dispuesto para ser desplazado en relación con un objeto, tal como un objeto de chapa metálica 100 para ser sometido a tratamiento térmico, en este caso, un pilar para un vehículo. El cabezal de procesamiento 500 está conectado a actuadores 501 a través de enlaces 502. En esta realización de la invención, el desplazamiento se basa en el concepto de manipulador paralelo. Sin embargo, se puede usar cualquier otro medio adecuado de desplazamiento del cabezal de procesamiento, tal como un brazo robótico, etc. En algunas realizaciones de la invención, es el objeto que se está produciendo el que se desliza con respecto al cabezal de procesamiento. Además, se puede usar una combinación de estos dos enfoques. En la Figura 6, la pieza de trabajo de chapa metálica 100 está soportada por medios de soporte 503 ilustrados esquemáticamente.

Las Figuras 7A y 7B ilustran esquemáticamente cómo los cuatro lóbulos 221-224 para un patrón de escaneo usado en una porción recta de una pista pueden reorientarse y adaptarse para seguir una pista curvada. El ejemplo ilustrado se refiere a soldadura por láser, pero el mismo principio se puede aplicar a cualquier otra aplicación adecuada en la que el punto efectivo debe seguir una pista no recta. En la realización de ejemplo mostrada en las Figuras 7A y 7B, dos partes 401 y 402 que tienen porciones de acoplamiento curvadas están soldadas juntas a lo largo de una pista 404 que incluye una sección curvada, en correspondencia con un área de interfaz 403. En una porción recta de la pista curvada, el patrón de escaneo presenta cuatro lóbulos 221-224, como se ilustra esquemáticamente en la Figura 7A. Durante el movimiento del punto efectivo 21 a lo largo de la sección curvada de la pista 404, la velocidad en la porción radialmente interior 21A del punto efectivo es menor que la velocidad de la porción radialmente exterior 21B. La distribución de energía bidimensional se puede adaptar dinámicamente para compensar esta diferencia de velocidad, por ejemplo, adaptando o cancelando el lóbulo radialmente interno 224, como se ilustra esquemáticamente en la Figura 7B. Además, la adaptación de la distribución de energía bidimensional puede servir para alinear adecuadamente el punto efectivo 21 con la dirección de la pista, es decir, básicamente, con la tangente a la pista curva, en cada punto de la pista.

La Figura 8A ilustra esquemáticamente cómo se ha programado un sistema que incluye un escáner 3 para hacer funcionar el escáner de modo que un haz láser 2 siga un patrón de escaneo 22' en línea con uno de los patrones de escaneo divulgados en el documento de patente WO-2015/135715-A1, con cambios de dirección de 90 grados entre los segmentos que se suceden entre sí. Como se ha explicado anteriormente, obligar a un escáner a funcionar en consecuencia a una velocidad muy alta puede hacer que el escáner alcance sus límites operativos. Esto puede terminar haciendo que el escáner no siga estrictamente el patrón de escaneo programado: los movimientos reales de los espejos del escáner pueden diferir de los estrictamente programados, especialmente en los puntos donde se van a producir los cambios de dirección de 90 grados, haciendo así que las esquinas se redondeen. La Figura 8B ilustra esquemáticamente un posible patrón de escaneo 22" realmente seguido por el haz láser cuando se programa para seguir el patrón de escaneo 22' de la Figura 8A a alta velocidad.

De acuerdo con una realización, se detecta el patrón de escaneo real, por ejemplo, usando decodificadores 31 que siguen el movimiento real de los espejos del escáner 3. Una vez detectado el movimiento real seguido por los espejos, los datos correspondientes se pueden usar para reprogramar el escáner 3 para que no funcione de acuerdo con el patrón de escaneo original 22', sino según el patrón de escaneo 22", o según un patrón de escaneo más o menos similar. De esta manera, se puede reducir la tensión operativa a la que está sometido el escáner. Este proceso puede repetirse varias veces, hasta que se haya alcanzado la conformidad deseada entre el patrón de escaneo programado y el patrón de escaneo real seguido por el haz láser.

El diagrama de flujo de la Figura 8C incluye una primera etapa S1 en la que el sistema está programado para hacer que el escáner funcione (teóricamente) para hacer que el haz láser siga un primer patrón de escaneo 22', tal como uno que involucre solo segmentos rectos orientados a 90 grados entre sí. En la etapa S2, el sistema funciona según lo programado y se recopilan los datos que se originan en los codificadores 31 del escáner 3, determinando así el funcionamiento real del escáner, que resulta seguir un segundo patrón de escaneo 22" que difiere del primer patrón de escaneo 22'. En la etapa S3, estos datos se usan para reprogramar el escáner, por ejemplo, para indicarle que siga el segundo patrón de escaneo 22" o similar. A continuación, se pueden repetir las etapas S2 y S3, si se desea, hasta que la diferencia entre el patrón de escaneo programado y el patrón de escaneo real seguido por el haz láser esté dentro de un cierto intervalo, calculado según se considere conveniente.

La Figura 9 ilustra un patrón de escaneo 21 con cuatro lóbulos 221, 222, 223, 224. El patrón de escaneo se ha creado dimensionando los lóbulos de un diseño de patrón básico u original (por ejemplo, basado en cuatro curvas en porciones, una para cada lóbulo) de acuerdo con un sistema de coordenadas de dos ejes (x, y). Las dimensiones y las orientaciones de los lóbulos se han establecido definiendo las posiciones de una pluralidad de puntos de control del diseño del patrón básico con referencia al sistema de coordenadas. Las posiciones de estos puntos de control se definen en las columnas "x" e "y" de la tabla de la Figura 9. La longitud de cada segmento (definida como la parte del patrón de escaneo entre dos puntos de control consecutivos) se ha estimado o calculado y se indica en la columna

- "L" de la tabla. La energía aplicada a cada segmento durante un escaneado está determinada por la potencia del haz, la velocidad de escaneado y la longitud del segmento. Con estos datos, la distribución de energía a través del punto efectivo creado por el escaneado bidimensional determinado por el patrón de escaneado puede estimarse o calcularse. Al cambiar uno o más de los parámetros (patrón de escaneado, velocidad de escaneado, potencia del haz...), la
- 5 distribución de energía bidimensional se puede cambiar. Por tanto, es fácil adaptar la distribución de energía bidimensional para diferentes necesidades, tal como para diferentes aplicaciones y objetos, teniendo en cuenta las características variables del objeto (y/o del calentamiento deseado) a lo largo de la pista a seguir por el punto efectivo (tal como, por ejemplo, un ancho variable de una pista a calentar, la presencia de porciones más sensibles al calor, etc.). Pueden usarse uno o más diseños básicos para establecer patrones de escaneado que pueden permanecer
- 10 fijos y/o variar dinámicamente durante el calentamiento del objeto. Por ejemplo, el patrón de escaneado ilustrado en la Figura 9 es adecuado para establecer un punto efectivo con una densidad de energía más alta en correspondencia con un extremo del punto efectivo, proporcionando así una mayor densidad de energía en el borde delantero del punto efectivo cuando el punto efectivo se desplaza en la dirección indicada por la flecha en la Figura 9.
- 15 Las Figuras 10A-10C ilustran ejemplos de diferentes patrones de escaneado 22. Las flechas simplemente indican ejemplos de direcciones en las que pueden desplazarse dichos patrones de escaneado. Los patrones de escaneado se han establecido usando un diseño de patrón básico, por ejemplo, basado en un programa para crear patrones Lissajous o similares, y determinando las posiciones de los puntos de control 220 en relación con un sistema de coordenadas (no mostrado), en línea con lo explicado en relación a la Figura 9. Por ejemplo, en el caso del patrón de
- 20 escaneado mostrado en la Figura 10A, una densidad de energía más alta en el borde delantero del punto efectivo cuando se desplaza en la dirección ilustrada por la flecha se puede obtener, por ejemplo, mediante una mayor velocidad de escaneado en correspondencia con la parte trasera del patrón de escaneado que en correspondencia con la parte delantera. Como se ha explicado anteriormente, uno o más de estos u otros patrones de escaneado pueden asignarse a diferentes porciones de una pista a lo largo de un objeto a calentar en correspondencia con la
- 25 pista, y/o pueden asignarse diferentes distribuciones de energía sobre el patrón de escaneado a diferentes porciones de la pista, por ejemplo, para adaptar dinámicamente la distribución de energía bidimensional del punto efectivo mientras se desplaza a lo largo de la pista, por ejemplo, de acuerdo con los principios ilustrados esquemáticamente en las Figuras 3A-3C.
- 30 Debe observarse que los diferentes patrones de escaneado específicos analizados anteriormente e ilustrados en los dibujos respectivos no pretenden de ninguna manera representar patrones de escaneado que sean adecuados u optimizados para los propósitos descritos. Su finalidad es simplemente ilustrar esquemáticamente el concepto de uso de patrones de escaneado de acuerdo con la invención y adaptarlos de acuerdo con la distribución de energía bidimensional específica que se selecciona en cada momento específico, para producir el calentamiento de la manera
- 35 deseada. La persona experta en la técnica elegirá normalmente patrones de escaneado adecuados usando software de simulación y enfoques de prueba y error. En el presente texto, el término "comprende" y sus derivados (como "que comprende", etc.) no deberían entenderse en un sentido excluyente, es decir, no deberían interpretarse estos términos como que excluyen la posibilidad de que lo descrito y definido pueda incluir elementos adicionales, etapas, etc.

REIVINDICACIONES

1. Un método de calentamiento de al menos una porción seleccionada de un objeto, que comprende las etapas de
5 proyectar un haz de energía (2) sobre una superficie del objeto (100; 102; 306; 401, 402) para producir un punto primario (2A) en la superficie, y escanear repetidamente el haz en dos dimensiones de acuerdo con un patrón de escaneado (22) para establecer un punto efectivo (21) en la superficie, teniendo el punto efectivo una distribución de energía bidimensional,
10 desplazar el punto efectivo (21) en relación con la superficie del objeto (100) para calentar progresivamente la al menos una porción seleccionada del objeto;
en donde el patrón de escaneado comprende una pluralidad de segmentos curvados interconectados,
y en donde el patrón de escaneado comprende al menos tres lóbulos (221, 222, 223, 224).
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la tangente al patrón de escaneado (22) se define en correspondencia con todos los puntos del patrón de escaneado, y/o en donde el patrón de escaneado no comprende ningún segmento recto.
3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el patrón de escaneado comprende segmentos curvados y rectos, y en donde la longitud total de todos los segmentos curvados es mayor que la longitud total de todos los segmentos rectos.
4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el patrón de escaneado (22) comprende al menos un punto donde un segmento del patrón de escaneado cruza otro segmento del patrón de escaneado y en donde, opcionalmente, en correspondencia con al menos un primer segmento que cruza otro
25 segmento, la velocidad de movimiento del haz a lo largo del primer segmento es mayor en un primer punto donde el primer segmento cruza al otro segmento, que en un segundo punto alejado del primer punto.
5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se varía el número de lóbulos y/o la forma de los lóbulos mientras que el punto efectivo (21) se desplaza en relación con la superficie del objeto.
6. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el patrón de escaneado comprende o consiste en una curva en porciones.
7. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la distribución de energía bidimensional del punto efectivo (21) se adapta dinámicamente durante el desplazamiento del punto efectivo (21) en relación con la superficie del objeto.
8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, en donde la adaptación de la distribución de energía bidimensional del punto efectivo (21) se realiza
40
 - adaptando la potencia del haz (2), tal como al encender y apagar selectivamente el haz, y/o
 - adaptando el patrón de escaneado, y/o
 - adaptando la velocidad con la que el punto primario (2A) se mueve a lo largo de al menos una porción del patrón de escaneado.
9. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el enfoque del haz y/o el tamaño del punto primario se adaptan dinámicamente durante el desplazamiento del punto primario (2A) a lo largo del patrón de escaneado y/o durante el desplazamiento del punto efectivo (21) en relación con la superficie del objeto.
10. El método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende las etapas de, antes de proyectar el haz de energía (2) sobre una superficie del objeto:
55
 - a) establecer una pluralidad de patrones de escaneado (22); y
 - b) asignar diferentes patrones de escaneado de dichos patrones a diferentes porciones de una pista a seguir por el punto efectivo (21) en la superficie del objeto;
en donde la etapa de desplazar el punto efectivo (21) en relación con la superficie del objeto para calentar progresivamente la al menos una porción seleccionada del objeto comprende desplazar el punto efectivo a lo largo de la pista y cambiar el patrón de escaneado de modo que, en cada porción de la pista, el punto efectivo (21) es producido por el haz siguiendo el patrón de escaneado (22) asignado a la porción respectiva de la pista.
11. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos un patrón de escaneado se establece:
65
 - especificando una pluralidad de puntos de control;
 - estableciendo un patrón de escaneado en forma de curva en porciones definida por los puntos de control;

- opcionalmente, asignando diferentes valores de parámetros a diferentes porciones de la curva, siendo los valores de los parámetros indicativos de la potencia del láser y/o la velocidad de escaneado en relación con las porciones respectivas de la curva.

- 5 12. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde
 - el punto primario se desplaza en la superficie del objeto de acuerdo con el patrón de escaneado con una primera velocidad promedio, y en donde el punto efectivo se desplaza en relación con la superficie del objeto con una segunda velocidad promedio, siendo la primera velocidad promedio sustancialmente más alta que la segunda velocidad promedio, tal como al menos 5, 10, 50 o 100 veces la segunda velocidad; y/o
 - 10 - en donde 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 Hz, preferentemente de más de 25 Hz, más preferentemente más de 100 Hz;
 - 15 y/o
 - en donde el tamaño del punto efectivo (21) es más de 4 veces el tamaño del punto primario, preferentemente más de 10 veces el tamaño del punto primario, más preferentemente al menos 25 veces el tamaño del punto primario.
- 20 13. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el haz de energía (2) es un haz láser.
- 25 14. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la distribución de energía bidimensional del punto efectivo (21) se adapta dinámicamente durante el desplazamiento del punto efectivo (21) en relación con la superficie del objeto (100), en respuesta a al menos un cambio en el ángulo entre el haz de energía (2) y una porción de la superficie del objeto que está siendo calentada por el punto efectivo (21), y/o en relación con al menos un cambio en la dirección de una pista seguida por el punto primario.
- 30 15. Un sistema de calentamiento de al menos una porción seleccionada de un objeto (100), comprendiendo el sistema medios (4) para soportar un objeto, y medios para producir un haz de energía (2) y para proyectar el haz de energía sobre una superficie del objeto; en donde el sistema comprende un escáner (3) para escanear el haz de energía en al menos dos dimensiones; y en donde el sistema está dispuesto para realizar el método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

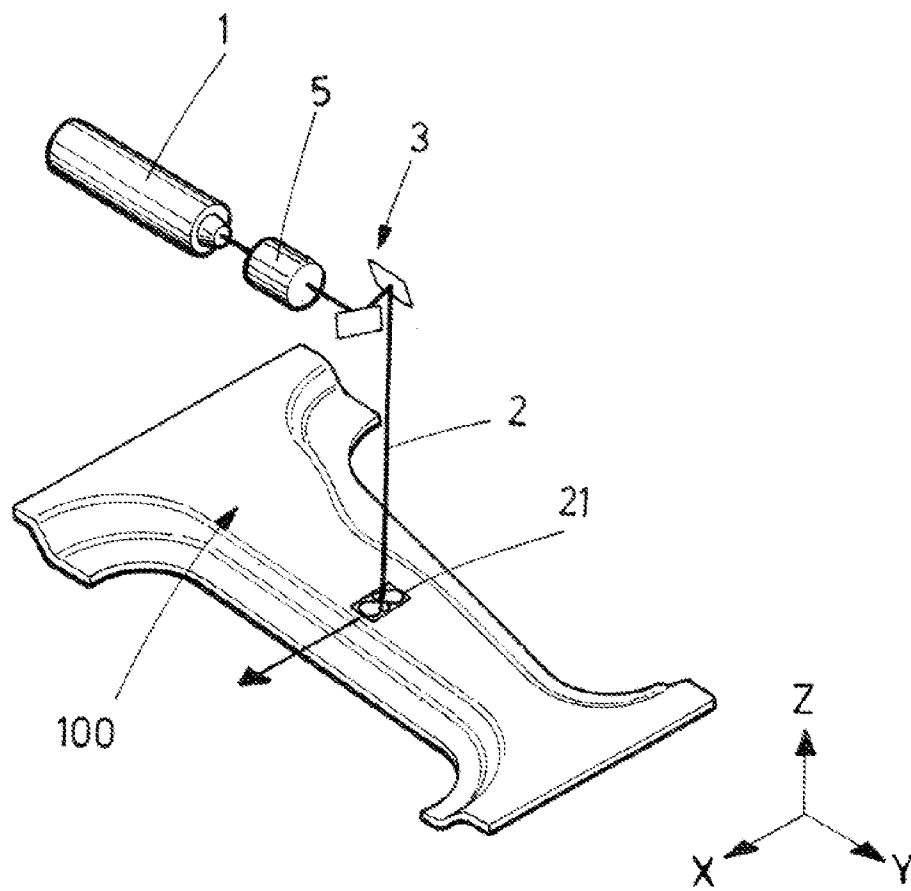


FIG.1A

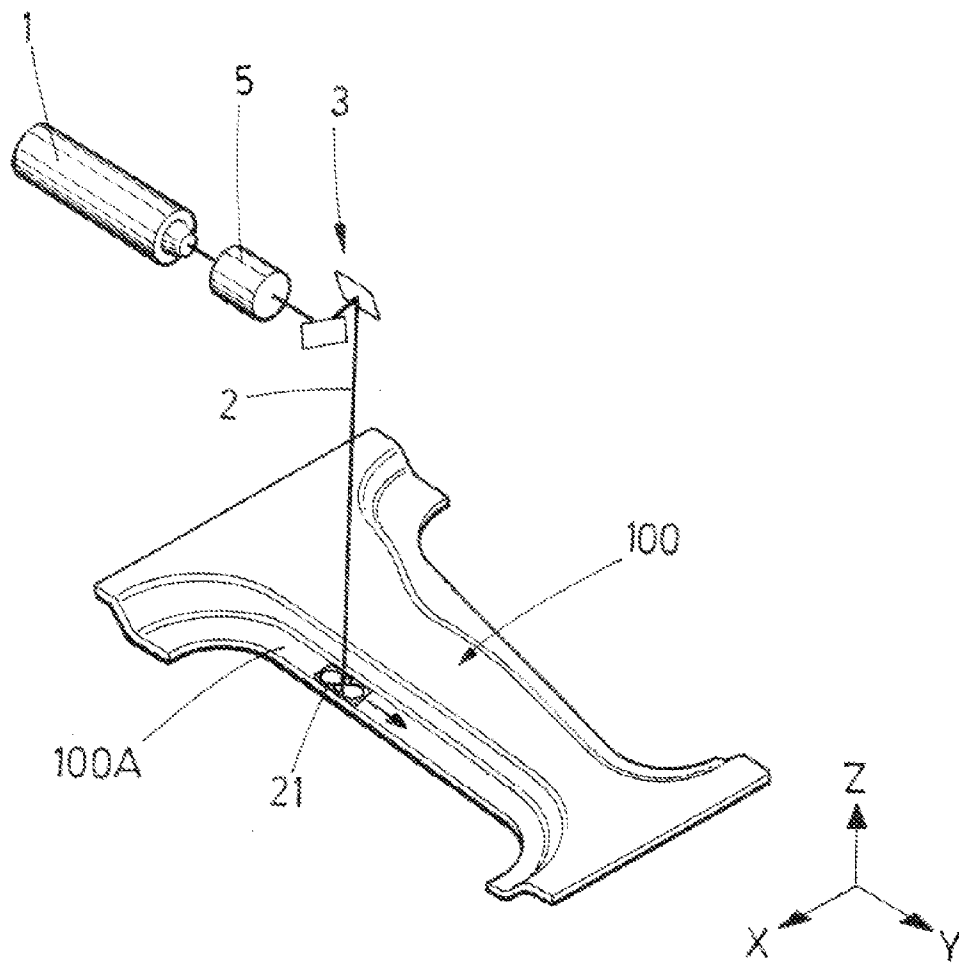


FIG.1B

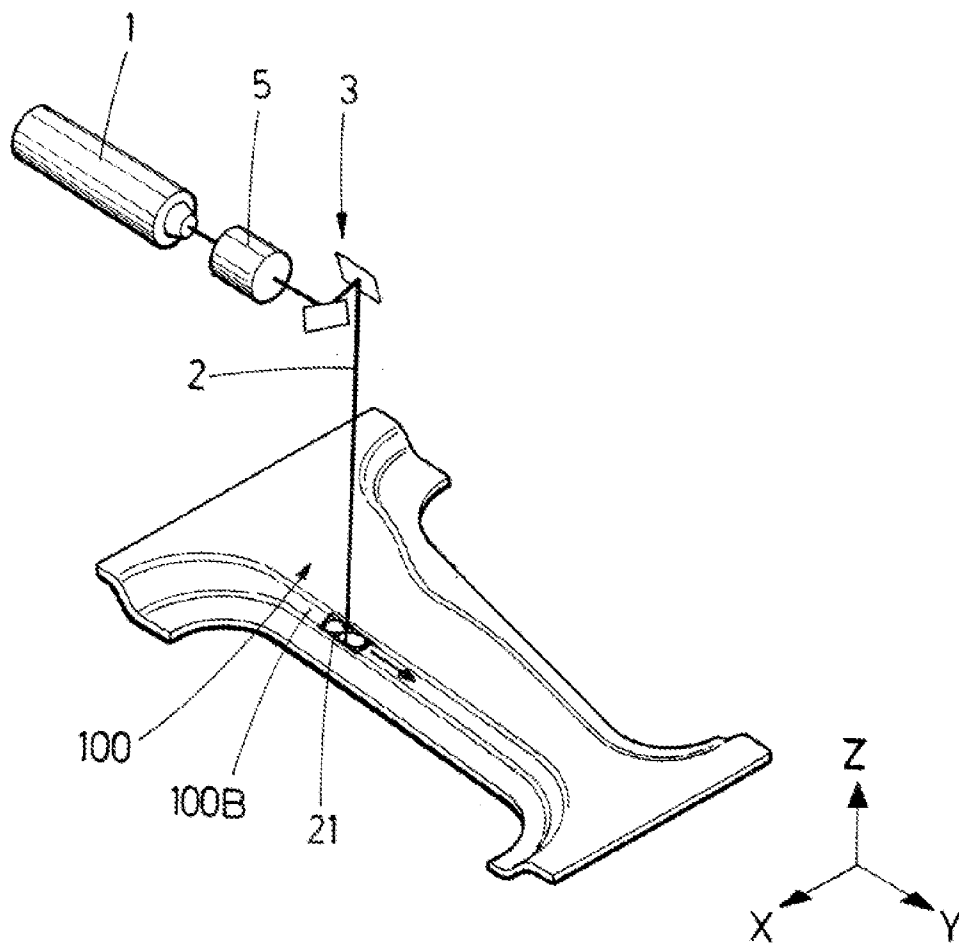


FIG.1C

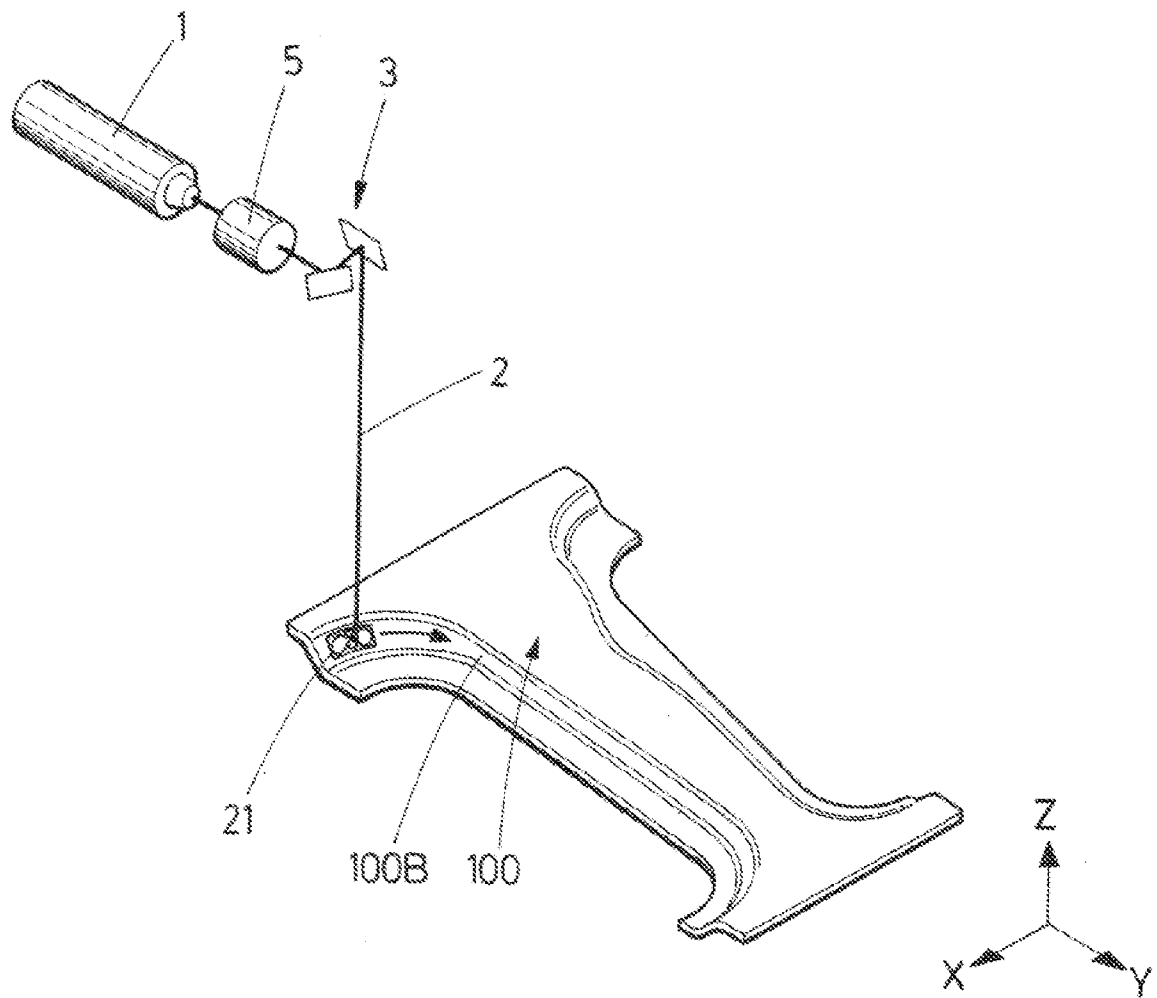


FIG.1D

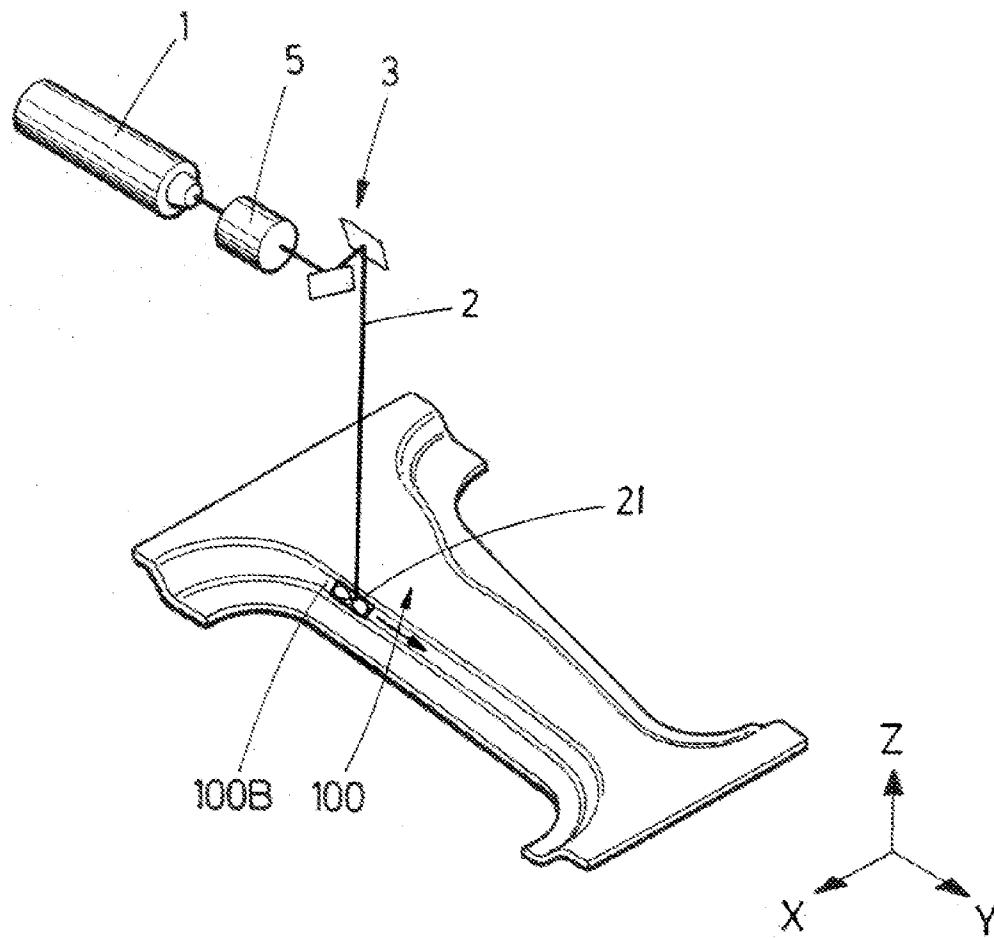


FIG.1E

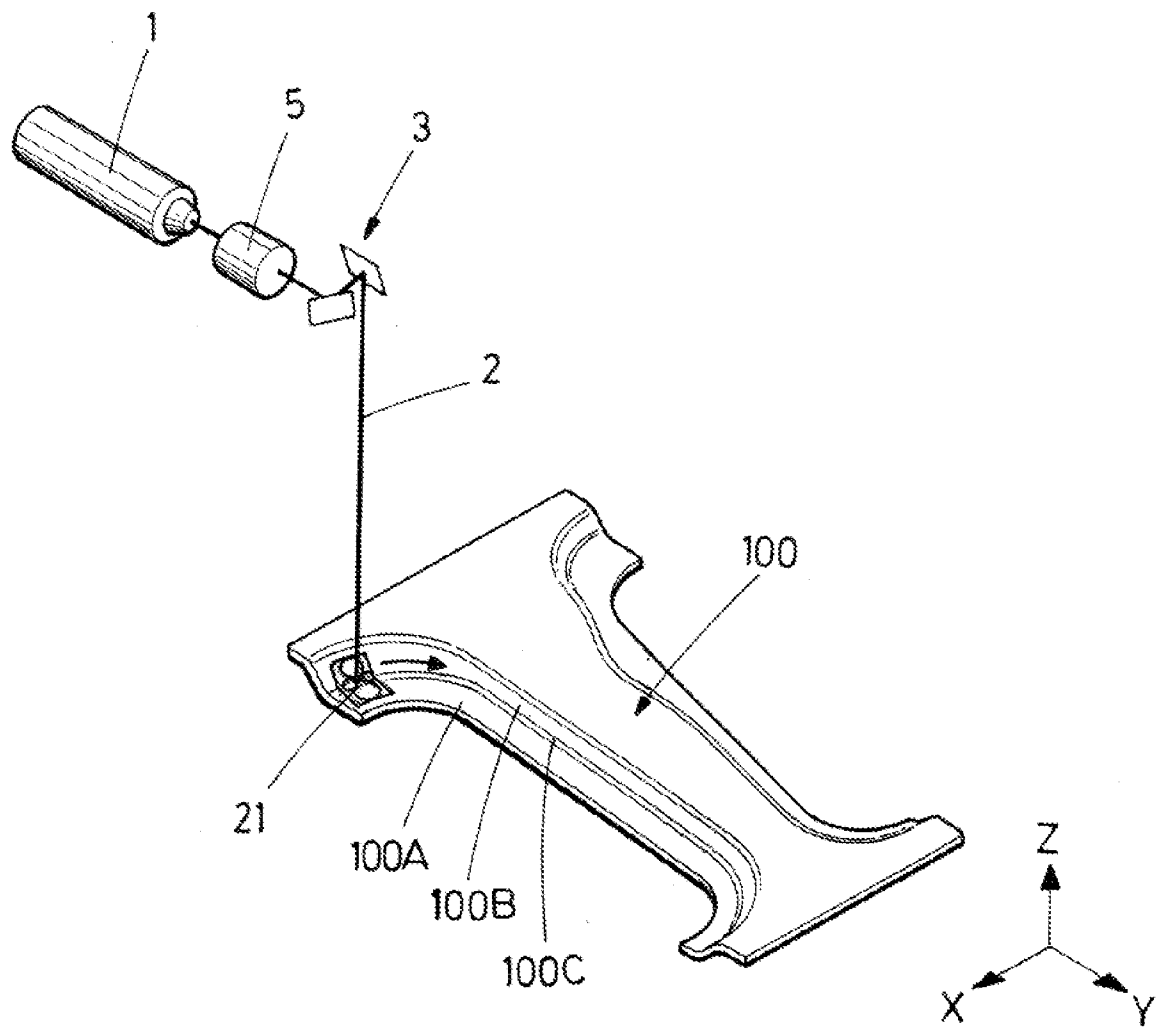


FIG.1F

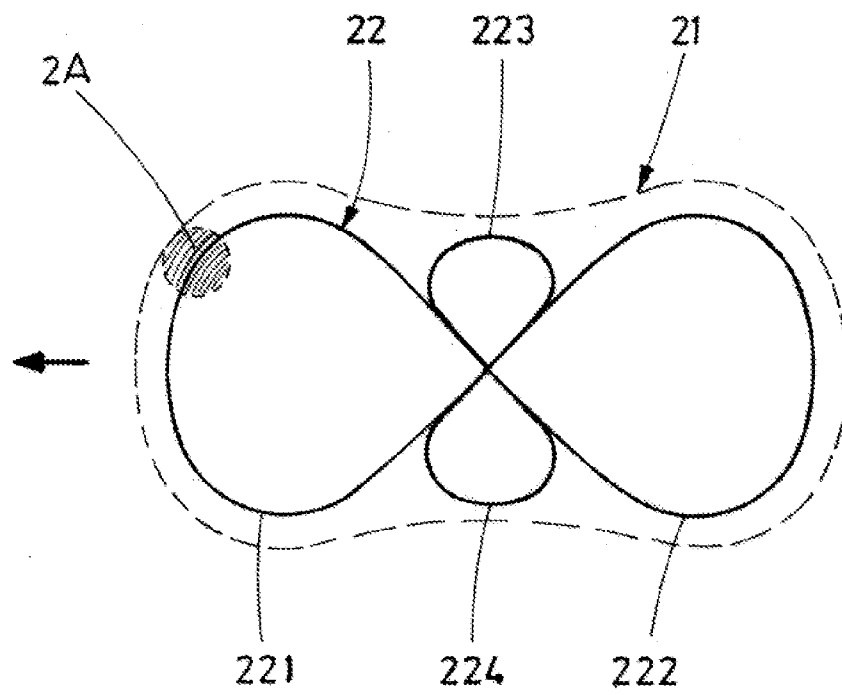


FIG. 2

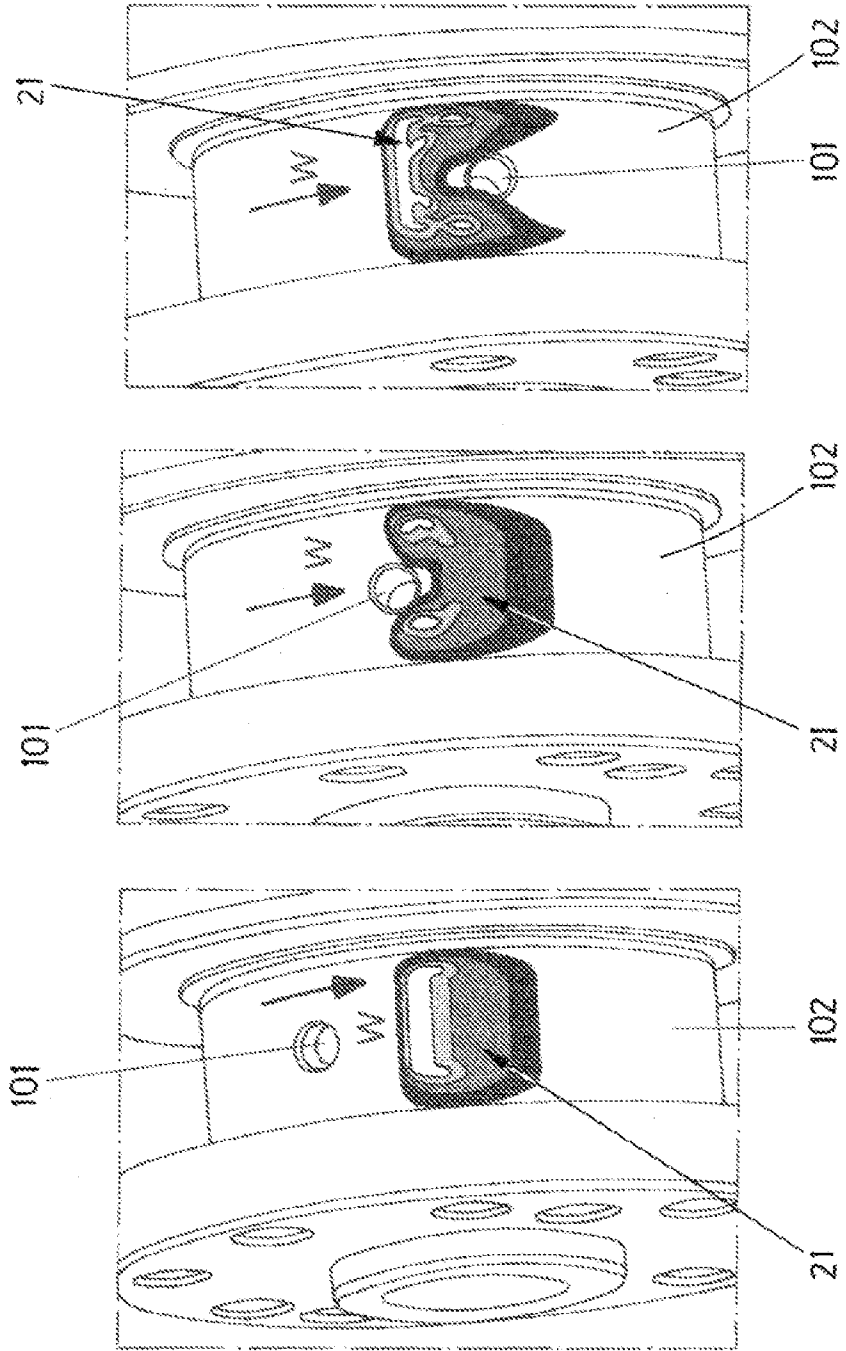
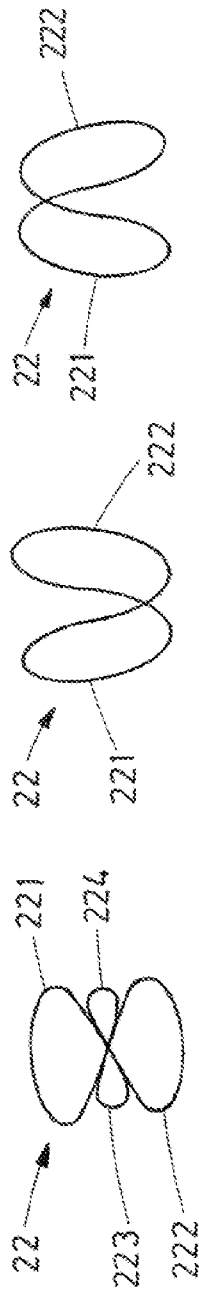
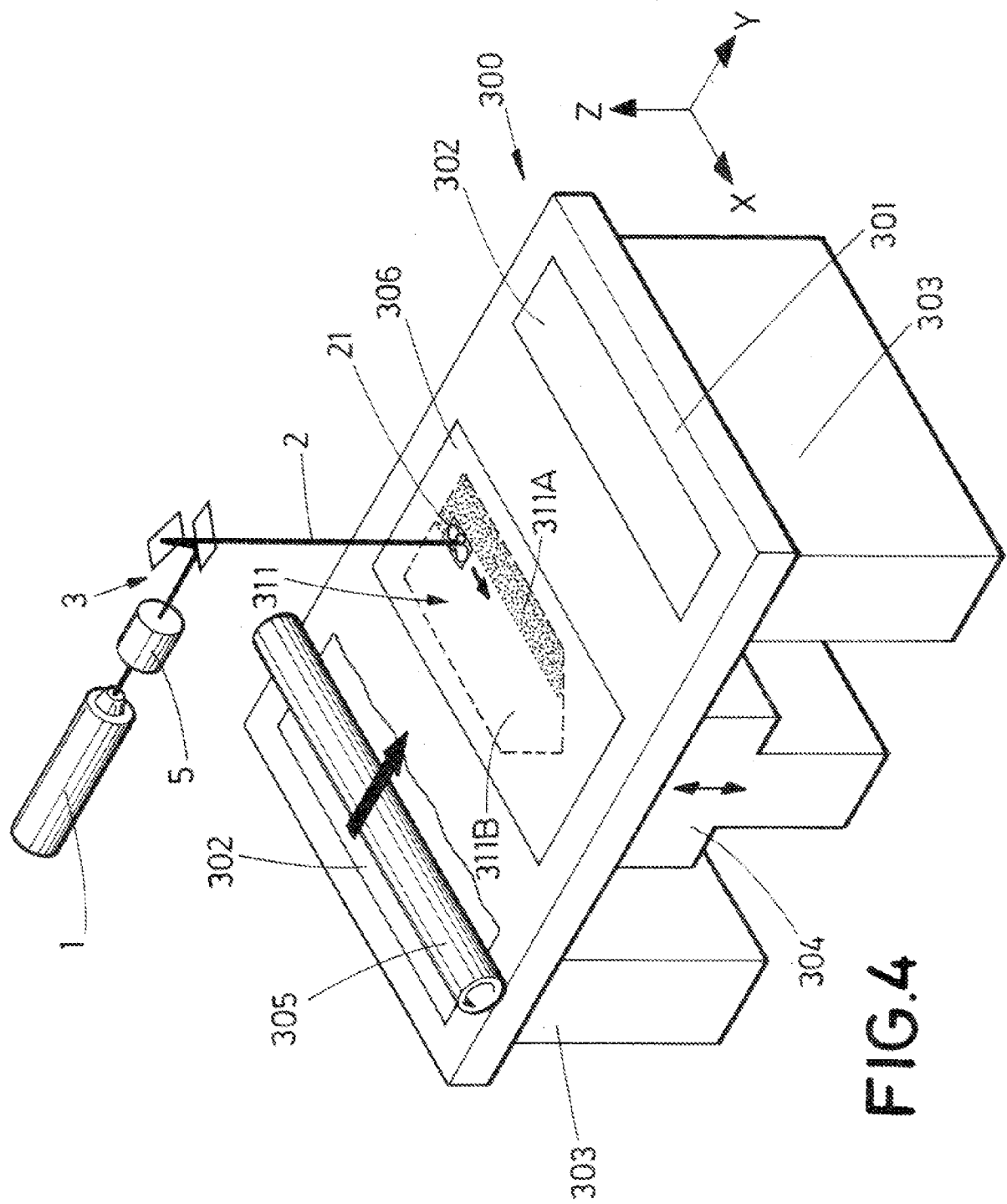


FIG.3C

FIG.3B

FIG.3A



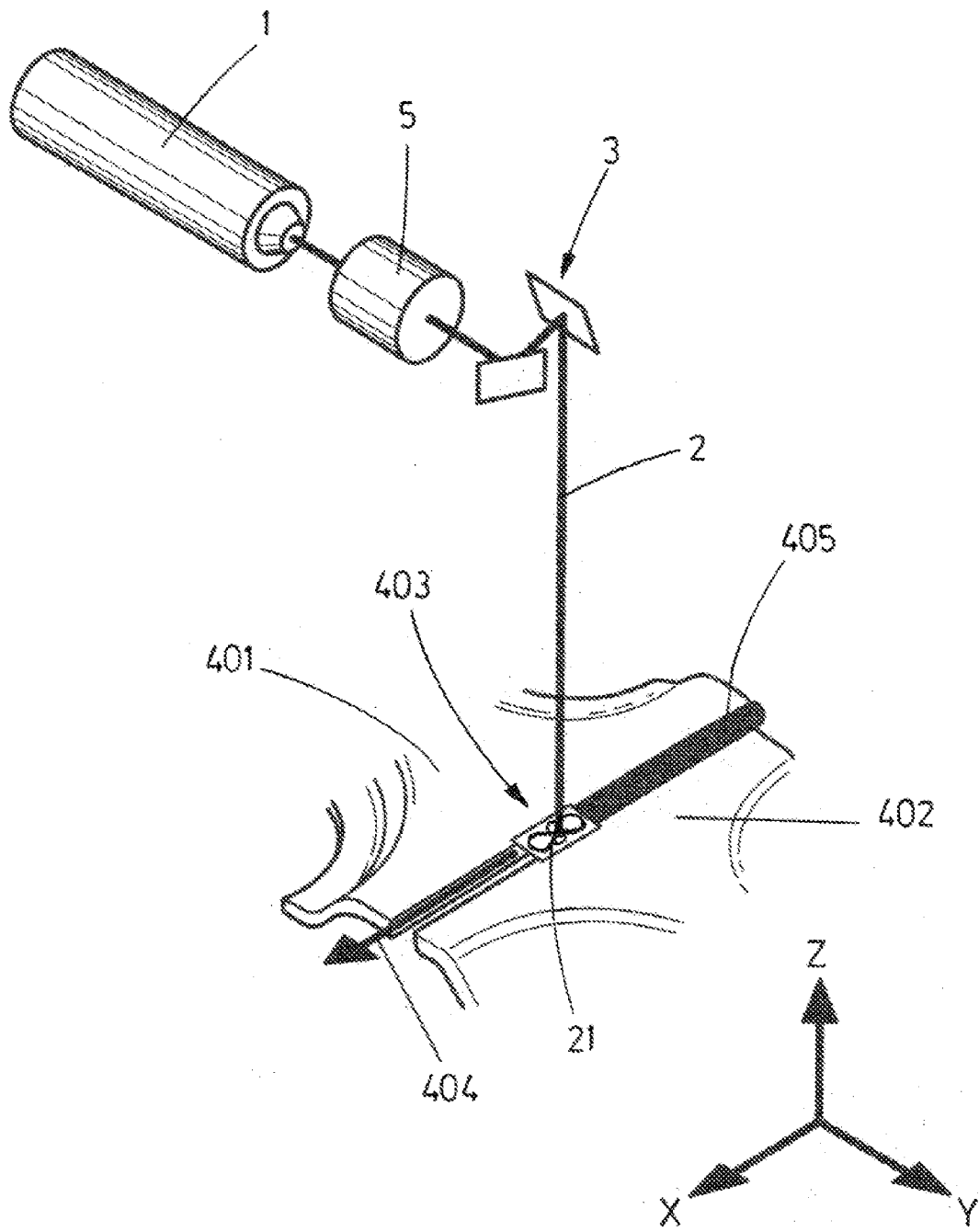


FIG.5

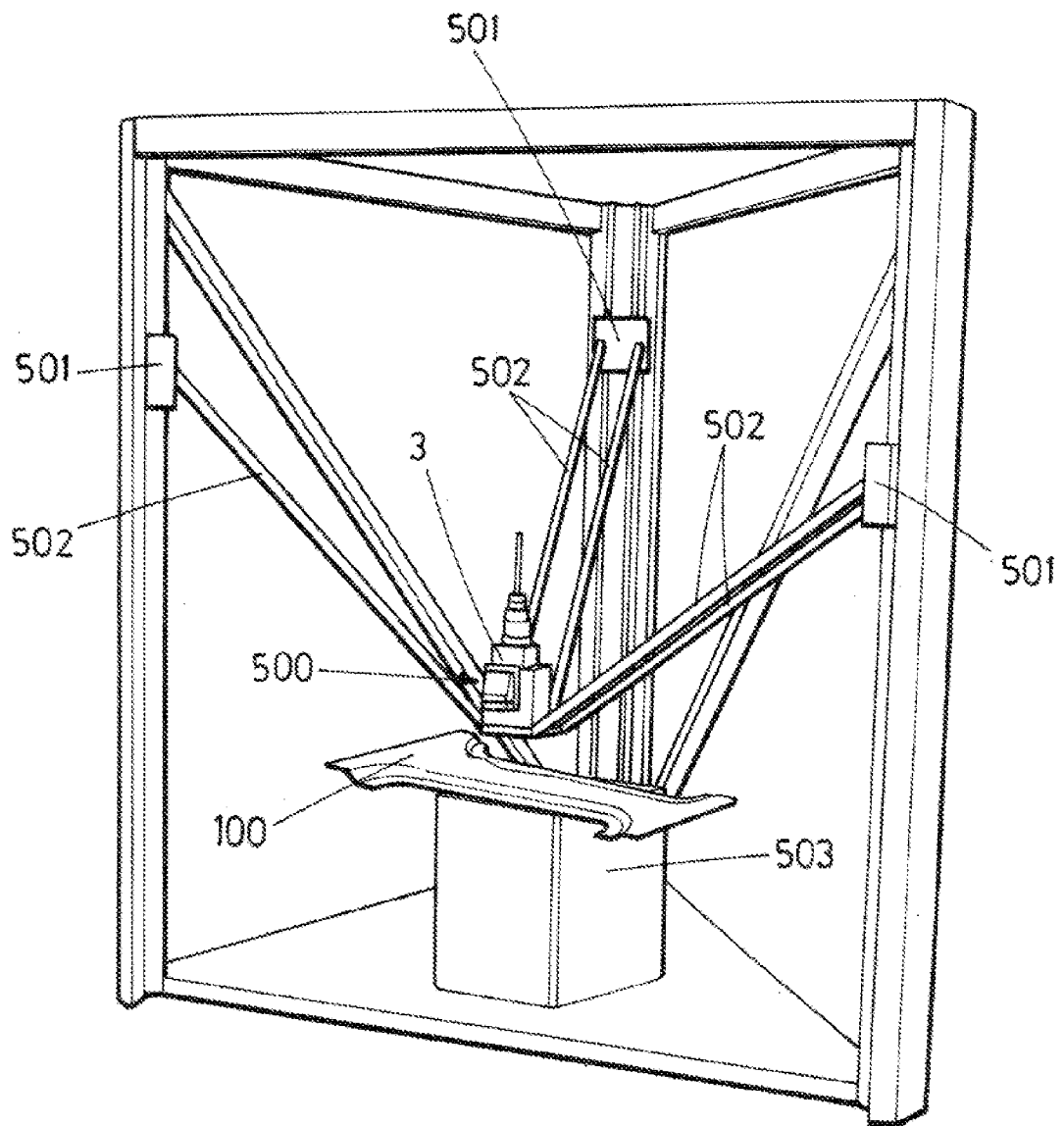


FIG. 6

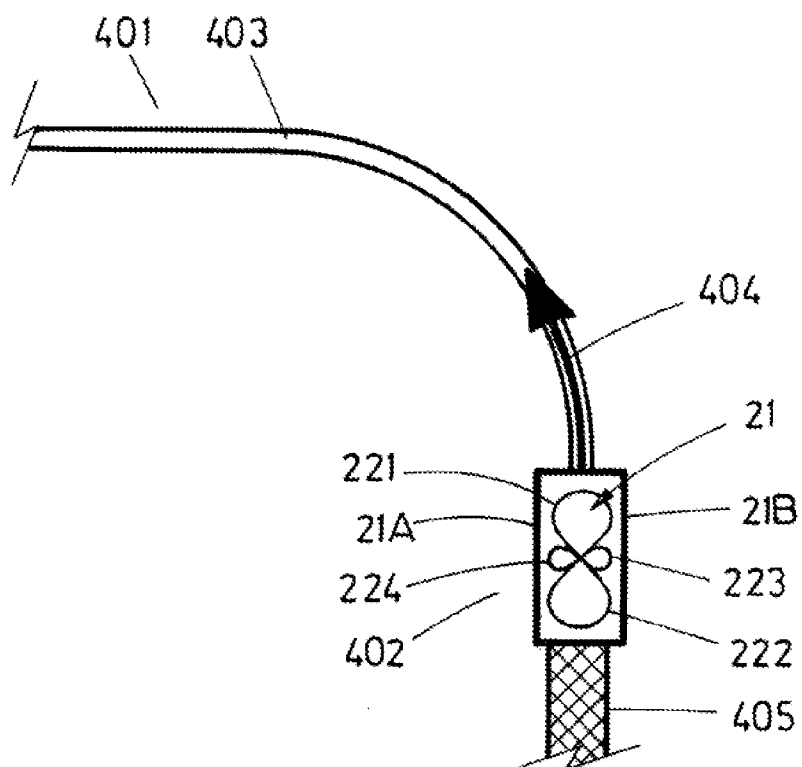


FIG. 7A

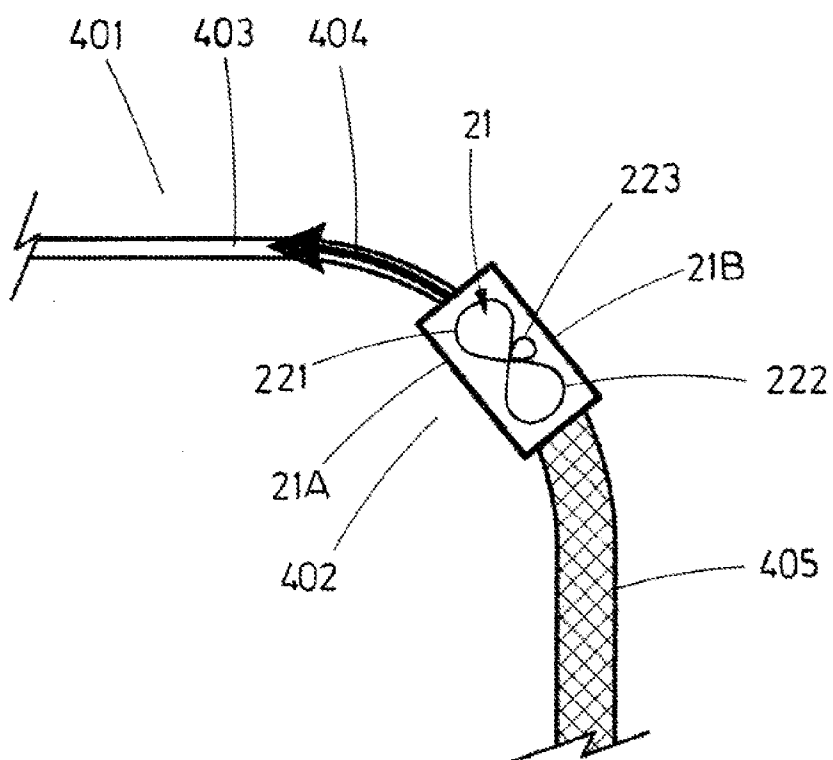
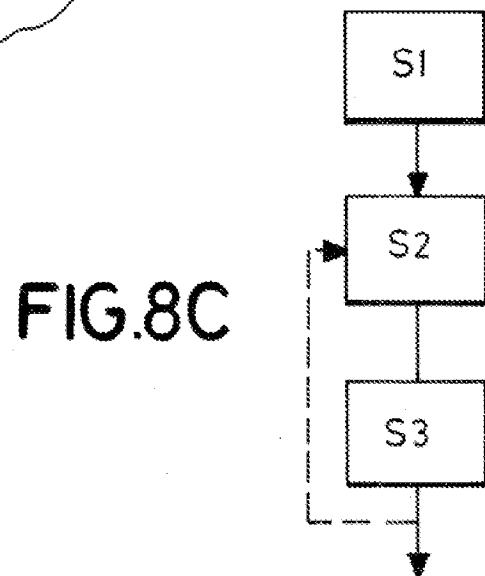
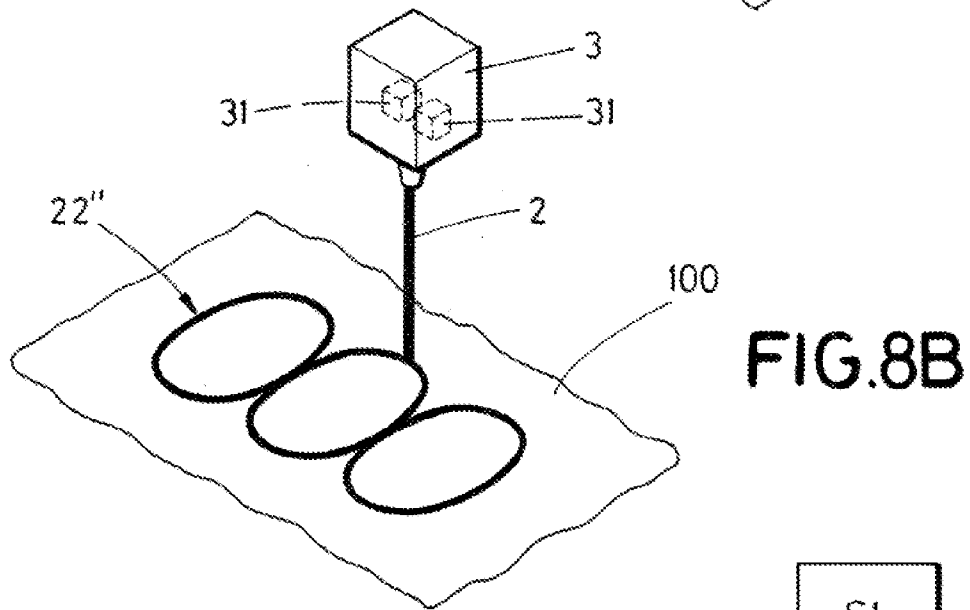
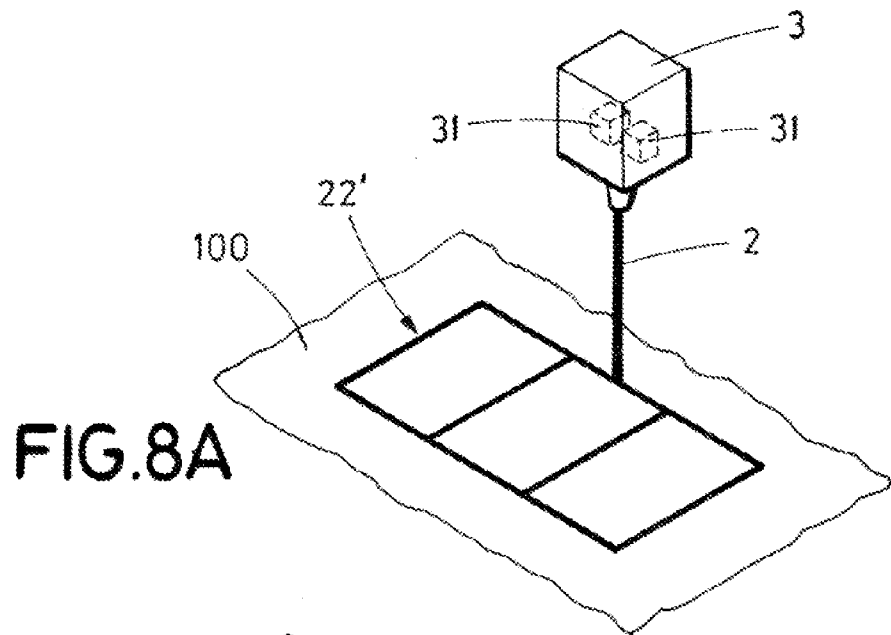


FIG. 7B



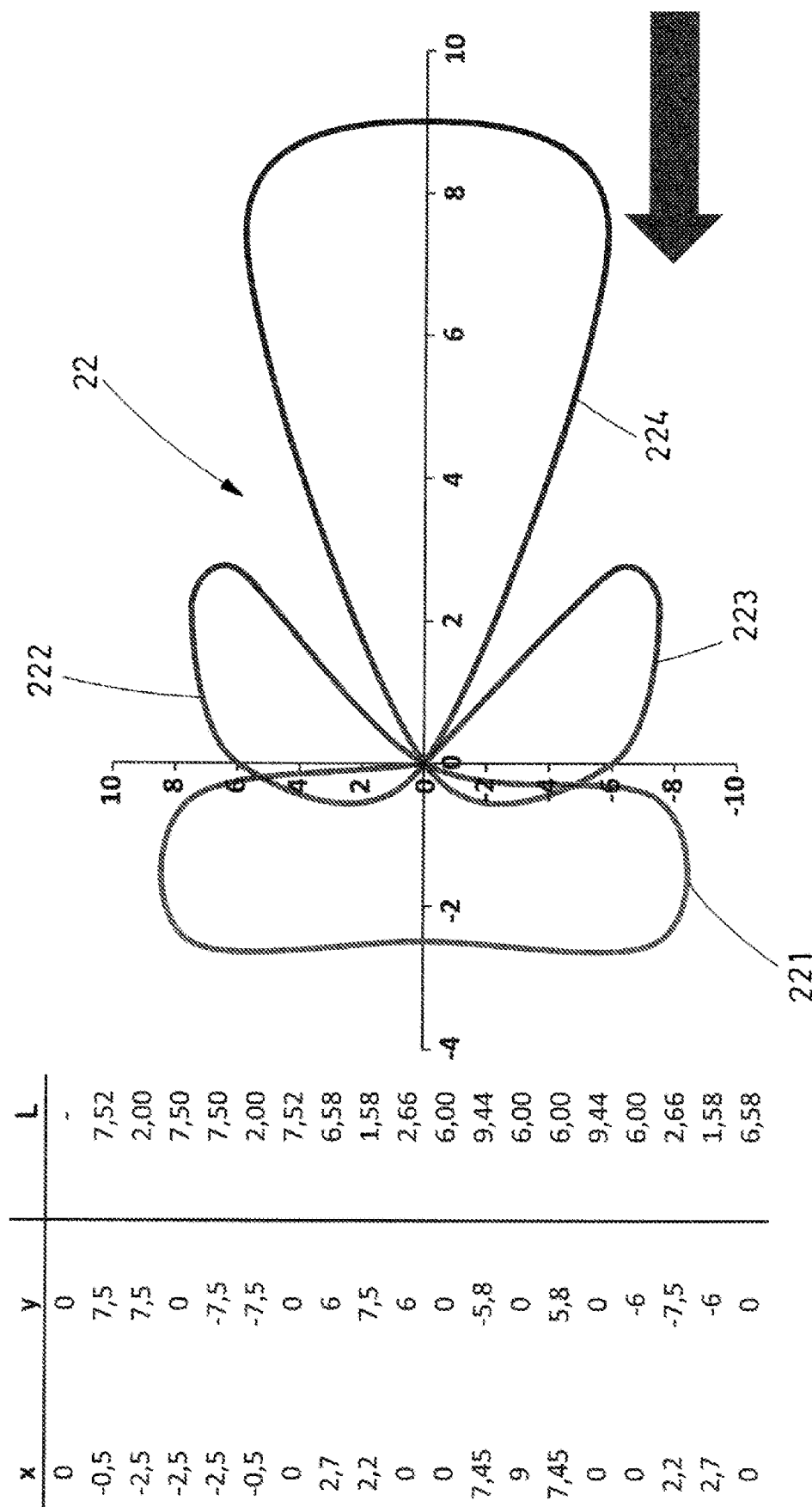


FIG.9

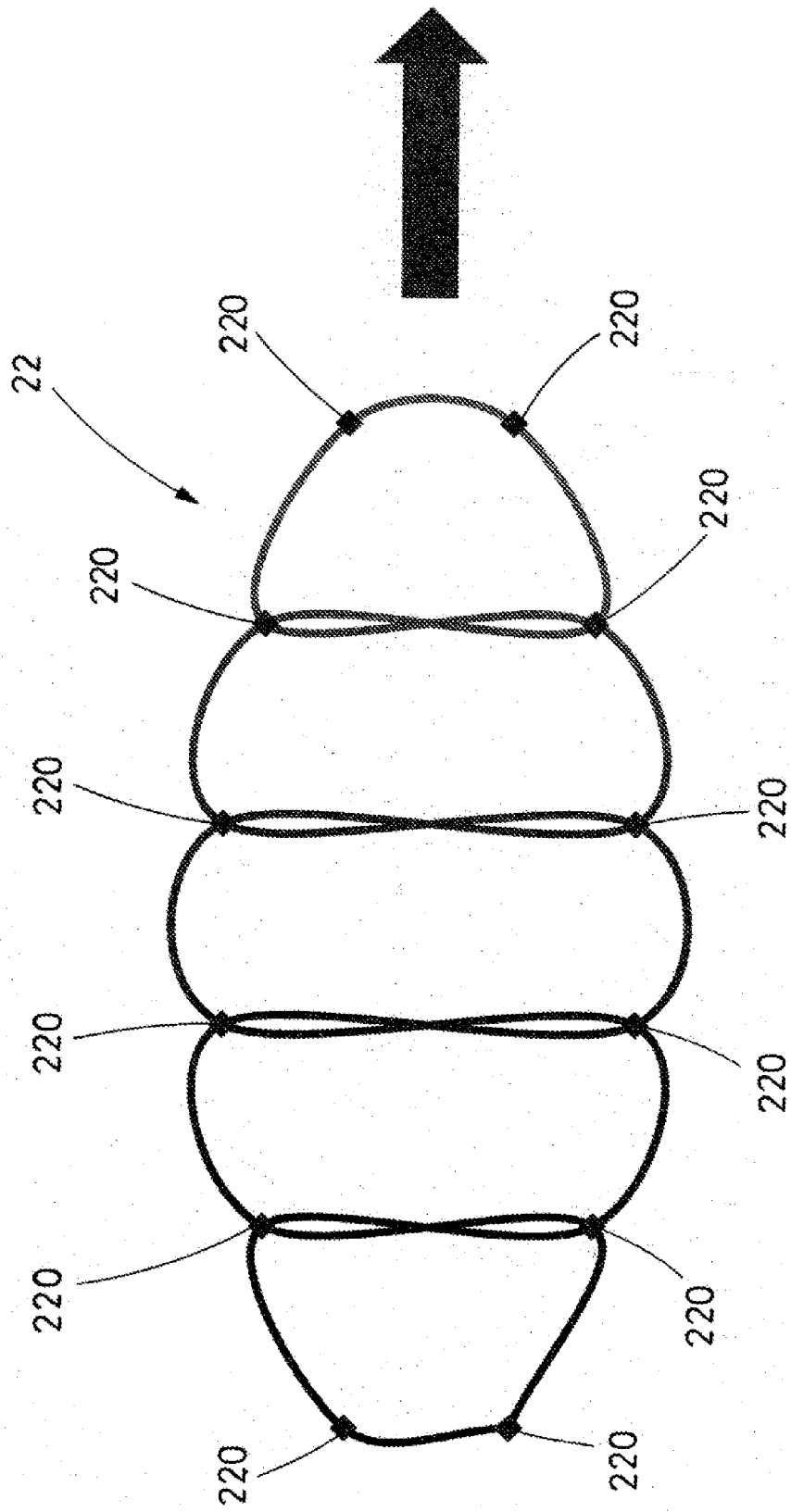


FIG.10A

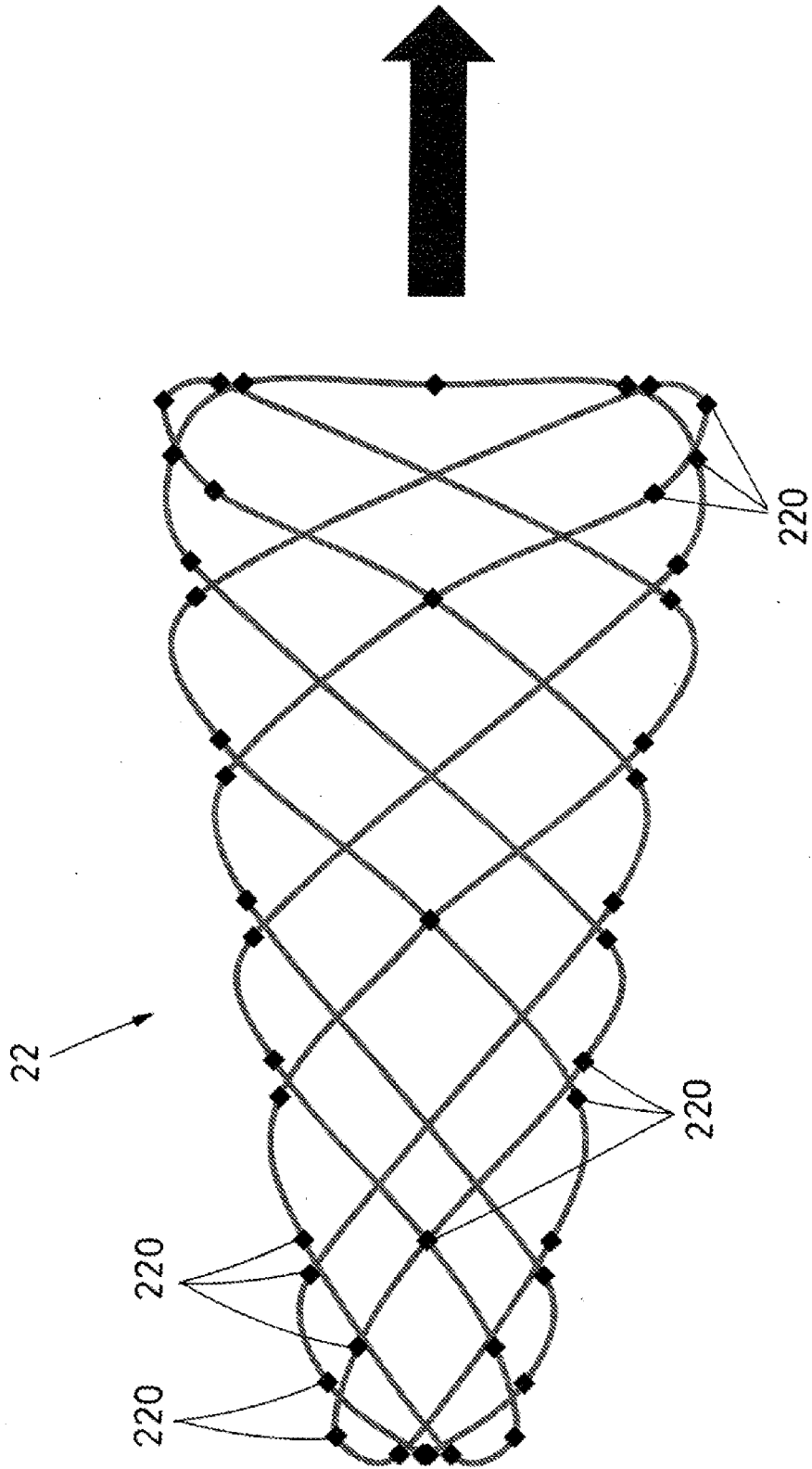


FIG.10B

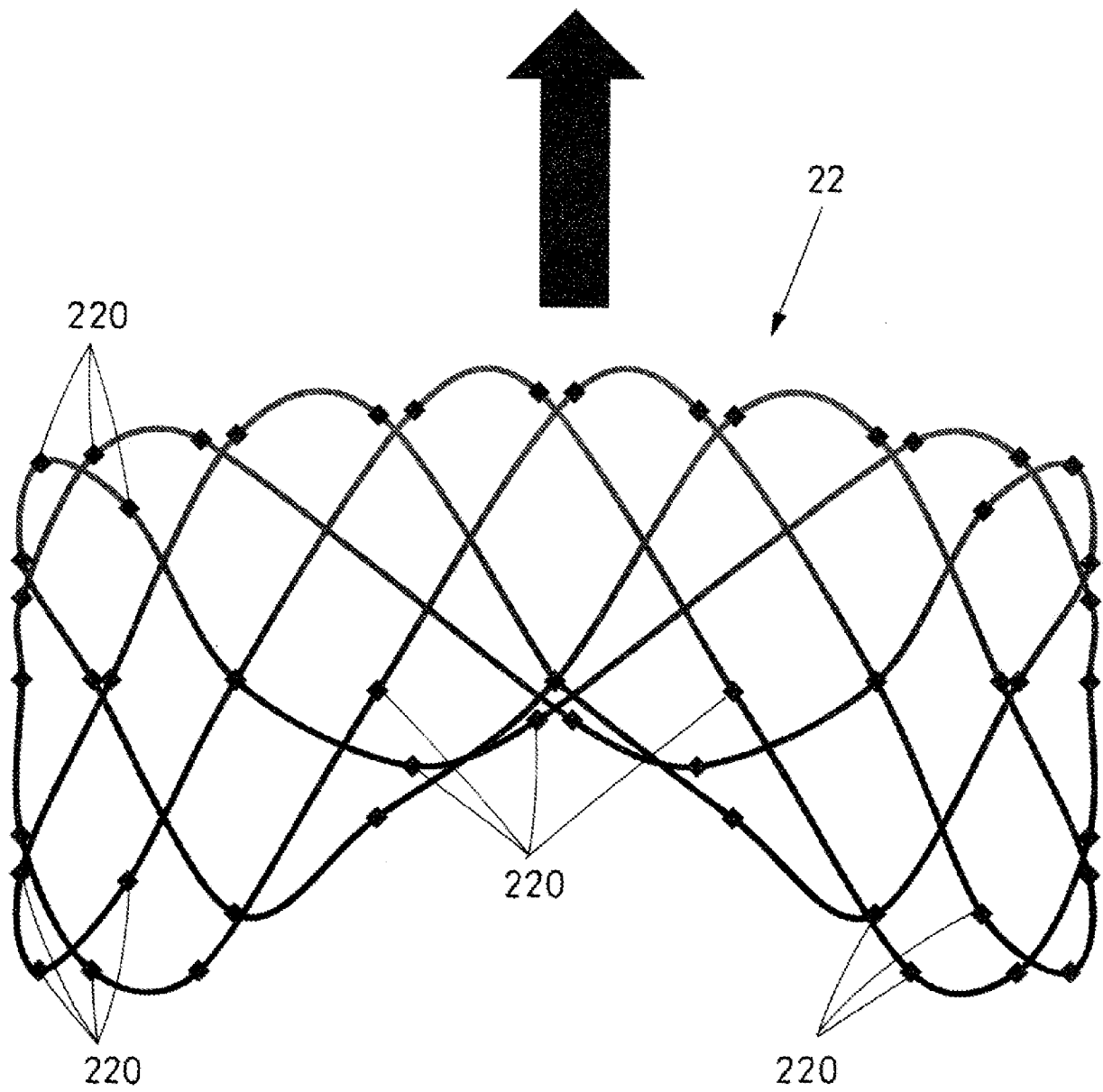


FIG.10C