

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 761 807**

51 Int. Cl.:

**C21D 9/46** (2006.01)

**B23K 26/00** (2014.01)

**B23K 26/08** (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.03.2016 PCT/EP2016/055612**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.09.2016 WO16146646**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2016 E 16714258 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019 EP 3271486**

54 Título: **Método y sistema para el tratamiento térmico de chapa metálica**

30 Prioridad:

**17.03.2015 EP 15382122**

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

**21.05.2020**

73 Titular/es:

**IKERGUNE A.I.E. (100.0%)  
San Antolin, 3  
20870 Elgoibar, Guipuzcoa, ES**

72 Inventor/es:

**SANCHO DÍAZ, PAULA;  
DÍAZ ROZO, JAVIER y  
DOMÍNGUEZ COBREROS, JESÚS**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 761 807 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 para el tratamiento térmico de chapa metálica

**5 Campo técnico**

La presente invención se refiere al tratamiento térmico de chapa metálica, por ejemplo, chapa metálica para su uso en o usada en productos metálicos o, por ejemplo, en componentes estructurales para vehículos, tales como vehículos a motor.

10

**Estado de la técnica**

En la técnica, se sabe someter el metal a tratamiento térmico. Por ejemplo, en la técnica se sabe endurecer bien materiales ferrosos, como el acero (por ejemplo, acero al carbono medio), calentando el material a una temperatura alta, por debajo de su temperatura de fusión, y posteriormente enfriándolo bruscamente, es decir, enfriándolo lo suficientemente rápido como para formar martensita dura. El calentamiento puede realizarse en hornos o por calentamiento por inducción, y el enfriamiento puede realizarse aplicando un fluido de enfriamiento, como agua o agua mezclada con otros componentes. También se sabe usar luz láser para llevar a cabo determinados procesos de endurecimiento, por ejemplo, en relación con productos complejos como los cigüeñales. Los cigüeñales tienen superficies complejas y requisitos muy altos de resistencia al desgaste durante el uso. Por ejemplo, el documento WO-2014/037281-A2 explica cómo se puede usar un haz láser para el endurecimiento de las superficies de las muñequillas de un cigüeñal, sin producir sobrecalentamiento de las áreas adyacentes a los orificios de lubricación de aceite.

15

20

25

También se sabe aplicar un tratamiento térmico a la chapa metálica y a los componentes de chapa metálica, para proporcionarles las propiedades deseadas, por ejemplo, en términos de dureza, rigidez, blandura y/o ductilidad. Por ejemplo, en el campo de los vehículos a motor, se sabe producir muchos componentes, incluidos los componentes estructurales de la carrocería de vehículos, como pilares, rieles y balancines de suelo, de chapa metálica, y las etapas de fabricación con frecuencia incluyen etapas de tratamiento térmico para proporcionar a los componentes las características deseadas en términos de dureza, blandura, ductilidad. A menudo, estas características se eligen para proporcionar un rendimiento deseado en el caso de un choque, a fin de minimizar el riesgo de daños graves a los ocupantes del vehículo, como en el documento EP 2565489.

30

35

El documento DE-102013008494-A1 divulga un método para producir un componente metálico de vehículo que incluye las etapas de calentar de forma localizada una pieza de trabajo de chapa metálica en una primera estación de calentamiento, conformar la pieza de trabajo en una primera estación de conformación usando una herramienta para la formación en frío de piezas de trabajo y calentar la pieza de trabajo conformada en una segunda estación de calentamiento para proporcionarle las características mecánicas deseadas. Se explica que de este modo, es posible proporcionar componentes de alta resistencia para vehículos, componentes que presentan una ductilidad que, al menos en determinadas regiones, se mejora debido al calentamiento en la segunda estación. Esto es deseable para proporcionar un rendimiento adecuado en el caso de un choque.

40

45

El documento DE-10201118285-A1, asimismo, divulga el tratamiento térmico de un componente metálico de vehículo, más específicamente, de un producto semiacabado o acabado de una aleación de aluminio, con el fin de proporcionar el rendimiento deseado en el caso de un choque. Esto se logra sometiendo el producto o el producto semiacabado a un tratamiento térmico en un área seleccionada, para aumentar la ductilidad en esa área. El documento DE-10201118285-A1 sugiere calentar por inducción, pero también menciona la opción de calentar usando un láser o un quemador de gas.

50

55

El documento DE-102011054866-A1 explica cómo era conocido en la técnica producir componentes de acero de alta resistencia formando en caliente una pieza de trabajo, por lo que la pieza de trabajo se calienta por encima de la temperatura de austenización, se conforma en una prensa y se enfría para enfriarla bruscamente. Se explica que la alta resistencia puede dificultar otras operaciones en el objeto endurecido, como el establecimiento de perforaciones. El documento DE-102011054866-A1 aborda esto llevando a cabo la etapa de conformación de modo que determinadas áreas sobresalgan, después de lo cual la porción sobresaliente puede retirarse en una etapa separada.

60

El documento EP-2570205-A1 enseña cómo se puede conformar una chapa metálica o una placa de acero en una prensa, con una disposición que permite el calentamiento y/o enfriamiento seleccionados, tal como proporcionar áreas seleccionadas del objeto conformado con las características deseadas en términos de dureza y/o ductilidad.

65

La patente de Estados Unidos 8847126-B2 enseña el prensado en caliente y el endurecimiento, en el que el calentamiento se lleva a cabo de manera que diferentes regiones se calientan de manera diferente, mediante el uso de radiación electromagnética para calentar y aplicar un miembro de placa que protege, absorbe y/o refleja la onda electromagnética aplicada.

La patente de Estados Unidos 8480163-B2 enseña un pilar central de vehículo provisto de dos porciones débiles. Se explica que esto puede obtenerse evitando el enfriamiento brusco de estas porciones. Esto puede lograrse adaptando la forma en que el agua de enfriamiento enfría diferentes porciones del miembro durante la fabricación.

- 5 La patente de Estados Unidos 7070228-B2 se refiere a un artículo formado en prensa, como un pilar central o similar, con regiones que presentan diferentes niveles de dureza. La patente de Estados Unidos 7070228-B2 se centra en el endurecimiento por inducción.

10 Parece que en la técnica de los productos de chapa metálica se sabe bien endurecer la chapa metálica durante la fase de formación, de manera que se proporcionan niveles de dureza diferentes y seleccionados en áreas, regiones o porciones diferentes y seleccionadas del producto. Sin embargo, parece que esto frecuentemente requiere un diseño complejo del equipo o hardware usado, y que las modificaciones del producto y de sus características, por ejemplo, en términos de la distribución de las regiones o porciones que presentan diferentes durezas, frecuentemente requieren cambios sustanciales en el hardware usado.

15 La patente de Estados Unidos 2002/0069945-A1 enseña un método para fabricar partes estructurales para la construcción de carrocerías de automóviles, incluido el endurecimiento mediante calentamiento inductivo seguido de enfriamiento.

20 La patente de Estados Unidos 2012/0237387-A1 enseña cómo se puede proporcionar un miembro de acero con porciones de menor resistencia mecánica usando, por ejemplo, luz láser.

25 La patente de Estados Unidos 8272681-B2 enseña cómo se puede proporcionar un componente de perfil con regiones que están endurecidas y otras regiones que no están endurecidas. Se sugiere que el uso de luz láser es útil para calentar una región delimitada espacialmente comparativamente pequeña de un producto de chapa metálica semiacabado.

30 El documento DE-102004023579-A1 enseña el calentamiento de un componente de acero duro para producir regiones más blandas, a fin de permitir el uso de medios de ensamblaje convencionales como la soldadura al ensamblar el componente. Puede usarse un láser para producir el calentamiento.

La patente de Estados Unidos 2010/0086803-A1 enseña cómo puede tratarse térmicamente un componente metálico formado en caliente y endurecido en prensa para facilitar el doblado, usando un haz láser.

35 El documento WO-2012/156084-A1 enseña un método para el tratamiento térmico de un componente de chapa metálica endurecible, en particular para un vehículo a motor. El método consiste en endurecer en prensa el componente de chapa metálica en una herramienta de formación, retirar el componente de chapa metálica de dicha herramienta de formación y formar áreas blandas definidas localmente del componente de chapa metálica templando localmente subáreas predeterminadas del componente de chapa metálica usando un haz láser.

40 El documento DE-102010049330-A1 enseña cómo se conforman los componentes de perfil para vehículos y cómo se someten posteriormente a un tratamiento térmico usando luz láser, en el que las porciones se endurecen mediante calentamiento seguido de enfriamiento.

45 Los documentos EP-2541093-A1 y EP-2565489-A1 se refieren al tratamiento térmico de miembros absorbedores de impacto en vehículos usando luz láser.

50 El documento JP-6-226479-A analiza la soldadura a tope de una parte de pilar frontal y de una parte de pilar central, etc. Las partes ablandadas se proporcionan a través de un tratamiento de ablandamiento usando un haz láser cerca de las partes periféricas de la chapa metálica.

55 La patente de Estados Unidos 8555507-B2 enseña cómo un componente rígido de vehículo formado mediante estampado en caliente está provisto de áreas de menor rigidez mediante tratamiento térmico con láser, mejorando así el rendimiento de absorción de colisión.

El documento WO-2012/025171-A1 asimismo, se refiere al tratamiento térmico de un componente perfilado para vehículos, usando luz láser o calentamiento por inducción.

60 El documento EP-2561946-A1 enseña el uso de un haz láser de diodo para convertir una zona localizada en un componente de vehículo estampado en caliente en una zona de absorción de energía en caso de colisión.

El documento FR-2825375-A1 enseña el endurecimiento localizado de chapas metálicas estructurales usando láseres de inducción o de diodo.

65 En los tratamientos térmicos de metal con láser tradicionales, el haz láser generalmente se escanea una vez sobre la región a tratar. Un ejemplo típico se muestra en la figura 7 del documento de patente de Estados

Unidos 2012/0237387-A1 mencionado anteriormente, en el que una chapa de acero se mueve en relación con una fuente láser, de modo que se establecen una pluralidad de pistas tratadas térmicamente, con anchuras que corresponden a la anchura del haz láser.

5 El documento EP-1308525-A2 y la patente de Estados Unidos 4797532-A enseñan cómo puede lograrse el calentamiento por láser de una pista sustancialmente más ancha que la anchura del haz láser combinando un movimiento relativo entre la superficie a calentar y el haz láser en una dirección, con un movimiento de ida y vuelta en otra dirección perpendicular a la primera dirección, de modo que el punto láser proyectado siga una trayectoria sinusoidal o serpenteante en la superficie de la pieza de trabajo.

10 Algo similar se sugiere en la patente de Estados Unidos 2005/0237895-A1.

Por otra parte, el documento EP-0965516-A1 enseña, en el contexto del endurecimiento con láser de porciones seleccionadas de una placa de quinta rueda, el uso de la óptica para establecer la sección transversal deseada del haz láser, incluida la distribución de potencia sobre la sección transversal.

El documento DE-3905551-A1 enseña, en el contexto del endurecimiento de cigüeñales, el uso de la óptica para adaptar la distribución de potencia sobre la sección transversal del haz láser a la geometría de la superficie que se está endureciendo.

20 En el contexto del tratamiento térmico de objetos de chapa metálica, incluidos piezas planas o placas de chapa metálica, la chapa metálica suministrada a partir de un rollo y los objetos conformados a partir de chapa metálica usando, por ejemplo, procesos y herramientas de estampación en caliente o en frío, las áreas calentadas a veces están dispuestas como bandas o tiras que tienen una anchura sustancialmente constante. Esto se aplica tanto al endurecimiento como al templado, por ejemplo, al templado de un objeto previamente endurecido para establecer áreas seleccionadas en las que el material es más blando y/o más dúctil. Sin embargo, aun así, calentar toda la pista de la misma manera puede ser insuficiente, por ejemplo, al principio y al final de la pista, donde el enfriamiento debido a la conducción de calor difiere del que está en el medio de la pista. Lo mismo se aplica cuando hay cambios en la configuración de la superficie de la pieza de trabajo, por ejemplo, debido a la presencia de protuberancias, curvaturas, perforaciones, etc. Además, cuando se calienta un objeto usando un haz de energía, cambia el ángulo entre el haz y la porción de superficie que se calienta, por ejemplo, debido a la forma del objeto, como por la presencia de curvaturas, dobleces, porciones colocadas en ángulo en relación unas con otras, etc., puede dar lugar a dificultades o una calidad insuficiente del tratamiento térmico.

35 La patente de Estados Unidos 2009/0272464-A1 se refiere a una chapa de grano orientado eléctricamente y analiza el disparo con láser para introducir tensiones residuales para el control del dominio magnético.

La patente de Estados Unidos 2003/0132208-A1 analiza el micromecanizado láser que emplea un espejo con orientación rápida para mover un punto láser que tiene un tamaño de punto enfocado en un patrón deseado en un sustrato para eliminar un área objetivo que es mayor que el tamaño de punto enfocado en el sustrato.

### Descripción de la invención

45 Un primer aspecto de la invención se refiere a un método para el tratamiento térmico de un objeto de chapa metálica, que comprende la etapa de calentar al menos una porción seleccionada del objeto usando un haz de energía;

50 en el que el haz se proyecta sobre una superficie del objeto para producir un punto primario en el objeto, escaneándose el haz repetidamente en dos dimensiones de acuerdo con un primer patrón de escaneado para establecer un punto efectivo en el objeto, teniendo dicho punto efectivo una distribución de energía bidimensional, y en el que dicho punto efectivo se desplaza en relación con la superficie del objeto para calentar progresivamente dicha al menos una porción seleccionada del objeto. Es decir, en un momento dado, el punto efectivo generado por el escaneado bidimensional del punto primario calienta parte de dicha porción seleccionada, y el punto efectivo se desplaza sobre la superficie del objeto hasta que la porción seleccionada se haya calentado como se desee.

55 El objeto de chapa metálica puede ser cualquier tipo de objeto de chapa metálica, incluidos una porción de chapa metálica que proviene de un rollo, una placa de chapa metálica, una preforma de chapa metálica concebida para conformarse en un objeto de chapa metálica o pieza de trabajo específica en una fase posterior, un componente de chapa metálica ya conformado, por ejemplo, en una prensa o herramienta, que usa, por ejemplo, estampado/conformado en frío o estampado/conformado en caliente, un componente que comprende una o más porciones de chapa metálica y opcionalmente otros elementos, interconectados, por ejemplo, por soldadura, tornillos, pernos u otros medios, etc.

65 En muchas realizaciones de la invención, el haz de energía es un haz de radiación electromagnética, por ejemplo, un haz láser. El punto efectivo se puede crear y adaptar usando, por ejemplo, cualquiera de las técnicas descritas en el documento WO-2014/037281-A2, que se incorpora en el presente documento como referencia. Mientras que la descripción del documento WO-2014/037281-A2 se centra principalmente en el endurecimiento con láser de

muñequillas de cigüeñas y, en gran medida, se centra en el problema específico de evitar el sobrecalentamiento de las áreas adyacentes a los orificios de lubricación con aceite, se ha descubierto que los principios divulgados en el mismo con respecto al escaneado del haz láser se pueden aplicar también al tratamiento térmico de chapa metálica, incluidas tareas como la reducción selectiva de la dureza, por ejemplo, mediante templado de porciones de piezas de trabajo previamente endurecidas. Aunque tradicionalmente se ha considerado que el uso de medios de tratamiento térmico convencionales, como el escaneado simple de un haz de energía una vez sobre la porción de la superficie a calentar, es suficiente cuando se trata de tratamientos térmicos como el endurecimiento y/o el templado localizado de chapa metálica, si se ha descubierto que la presente invención proporciona mejoras en términos de flexibilidad, control y velocidad.

El desplazamiento del punto efectivo en relación con la superficie del objeto de chapa metálica se puede llevar a cabo de acuerdo con un segundo patrón de escaneado. Es decir, el punto real/primario, es decir, el punto producido por el haz en cualquier momento dado, se escanea de acuerdo con un primer patrón de escaneado para crear el punto efectivo, y este punto efectivo puede desplazarse de acuerdo con el segundo patrón de escaneado. Por lo tanto, se combinan o superponen dos tipos de movimiento: el movimiento del punto primario de acuerdo con el primer patrón de escaneado, y el movimiento del punto efectivo de acuerdo con el segundo patrón de escaneado, que en algunas realizaciones de la invención puede ser una simple línea recta simple.

El término "distribución de energía bidimensional" se refiere a la manera 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 primer patrón de escaneado. Cuando el punto efectivo se proyecta sobre una porción o área no plana, tal como sobre una porción o área curvada como una porción o área que presenta dobleces, el término "distribución de energía bidimensional" se refiere a cómo se distribuye la energía a lo largo y a través de la superficie del objeto, es decir, a la distribución de energía a lo largo y a través del punto efectivo como se proyecta sobre la superficie del objeto.

La presente invención permite un calentamiento relativamente rápido de un área sustancial de la superficie del objeto de chapa metálica, debido al hecho de que el punto efectivo puede tener un tamaño sustancial, tal como, por ejemplo, más de 4, 10, 15, 20 o 25 veces el tamaño (área) del punto primario. Por lo tanto, el calentamiento de una determinada región o área del objeto de chapa metálica en la medida deseada en términos de temperatura y duración puede lograrse 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 tiempo que permite que la porción o porciones relevantes de la superficie se calienten durante una cantidad de tiempo relativamente sustancial, permitiendo así, por ejemplo, un calentamiento menos agresivo sin comprometer la productividad.

El punto primario puede tener un área sustancialmente menor que la del punto efectivo. Por ejemplo, en algunas realizaciones de la invención, el punto primario tiene un tamaño de menos de  $4 \text{ mm}^2$ , tal como menos de  $3 \text{ mm}^2$ , al menos durante parte del proceso. El tamaño del punto primario se puede modificar durante el proceso, para optimizar la forma en que cada porción específica del objeto se trata con calor, 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 primer patrón de escaneado, permite establecer un punto efectivo que tiene una distribución de energía bidimensional seleccionada, que es sustancialmente independiente de la óptica específica (lentes, espejos, etc.) que se usa, y que se pueden individualizar y adaptar para proporcionar un calentamiento mejorado u optimizado de la chapa metálica, desde diferentes puntos de vista, incluida la velocidad con la que se completa el tratamiento térmico (por ejemplo, en términos de  $\text{cm}^2$  por minuto o en términos de unidades terminadas por hora) y la calidad. Por ejemplo, el calor puede distribuirse de modo que una porción delantera del punto efectivo tenga una densidad de energía más alta que una porción trasera, aumentando así la velocidad con la que se alcanza la temperatura deseada de la superficie, mientras que la porción posterior puede servir para mantener el calentamiento durante un tiempo suficiente para alcanzar la profundidad y/o calidad deseadas, optimizando así la velocidad con la que el punto efectivo puede desplazarse en relación con la superficie del objeto, sin renunciar a la calidad del tratamiento térmico. Además, la distribución de energía bidimensional puede adaptarse 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 en 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 puede adaptarse 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 pueden adaptarse cuando sea necesario, adaptando así el proceso a la parte específica del objeto que se va a calentar en un momento dado. En algunas realizaciones de la invención, la distribución de energía bidimensional se puede variar en función del sitio de irradiación respectivo sobre 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 producto en diferentes regiones del producto, tales como

diferentes requisitos de dureza, rigidez, blandura, ductilidad, etc.

Además, el uso del punto efectivo, creado mediante el escaneado del punto primario en dos dimensiones, aumenta la flexibilidad en términos de, por ejemplo, la adaptación de un sistema a los diferentes objetos a producir. Por ejemplo, la necesidad de reemplazar o adaptar la óptica implicada se puede reducir o eliminar. La adaptación se puede llevar a cabo con mayor frecuencia, al menos en parte, simplemente adaptando el software que controla el escaneado del punto primario y, por lo tanto, la distribución de energía bidimensional del punto efectivo.

La expresión "primer patrón de escaneado" no implica que el punto primario siempre deba seguir uno y el mismo patrón de escaneado al crear el punto efectivo, sino que simplemente pretende distinguir el patrón de escaneado del punto primario que se usa para crear el punto efectivo, del patrón con el que el punto efectivo se desplaza o escanea en relación con el objeto que se está sometiendo al tratamiento térmico; el patrón de escaneado seguido por el punto efectivo a veces se conoce como segundo patrón de escaneado.

En muchas realizaciones de la invención, la velocidad o la velocidad media o promedio con la que se desplaza el punto primario de acuerdo con el primer patrón de escaneado es sustancialmente mayor que la velocidad con la que se desplaza el punto efectivo en relación con la superficie del objeto. Una alta velocidad del punto primario a lo largo del primer patrón de escaneado reduce las fluctuaciones de temperatura dentro del punto efectivo durante cada barrido del punto primario a lo largo del primer patrón de escaneado.

En los sistemas conocidos de la técnica anterior relacionados con el tratamiento térmico de chapa metálica, el área que se calienta en cada momento corresponde sustancialmente al punto primario proyectado por el haz sobre la superficie. Es decir, en las disposiciones de la técnica anterior, el área que se calienta en cada momento tiene un tamaño que corresponde sustancialmente al del punto primario, y la anchura de la pista que se calienta corresponde sustancialmente a la anchura del punto primario en la dirección perpendicular a la dirección en la que se desplaza el punto primario, que a su vez está determinada por el láser y la óptica usada.

Por supuesto, la presente invención no excluye la posibilidad de llevar a cabo parte del tratamiento térmico que opera con el punto primario de una manera convencional. Por ejemplo, el punto primario puede desplazarse para llevar a cabo el calentamiento en correspondencia con la periferia o contorno de una región a calentar, o para llevar a cabo el calentamiento de determinados detalles del objeto que se está calentando, mientras que el punto efectivo descrito anteriormente puede usarse para llevar a cabo el calentamiento de otras partes o regiones de la superficie, como el interior o la porción principal de una región a calentar. La persona experta elegirá el grado en el que se usará el punto efectivo en lugar del punto primario para llevar a cabo el calentamiento, dependiendo de cuestiones como la productividad y la necesidad de individualizar cuidadosamente la periferia de una región a calentar o una determinada porción de un objeto sometido a tratamiento térmico. Por ejemplo, es posible usar el punto primario para delinear una región a calentar, mientras que el punto efectivo se usa para calentar la superficie dentro de la región delineada. En algunas realizaciones de la invención, durante el proceso, el primer patrón de escaneado puede modificarse 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 llevar a cabo todo el calentamiento que tiene lugar durante el tratamiento térmico del objeto. Sin embargo, al menos parte del tratamiento térmico 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 de chapa metálica, se aplica para establecer el punto efectivo como se ha explicado anteriormente, es decir, escaneando repetidamente el punto primario de acuerdo con el primer patrón de escaneado.

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, puede lograrse la adaptación del punto efectivo al área o región del objeto que se está calentando en ese momento. La expresión adaptación dinámica pretende denotar el hecho de que la adaptación puede tener lugar dinámicamente durante el desplazamiento del punto efectivo. Pueden usarse diferentes medios para lograr este tipo de adaptación dinámica, algunos de los cuales se mencionan a continuación. Por ejemplo, en algunas realizaciones de la invención, el sistema de escaneado puede operarse para lograr la adaptación dinámica (por ejemplo, adaptando la operación de espejos galvánicos u otros medios de escaneado, para modificar el primer 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 la potencia del haz y/o el tamaño del punto primario se pueden adaptar. Puede usarse el control de bucle abierto o de bucle cerrado para controlar la adaptación dinámica. La adaptación dinámica puede afectar la forma en que la energía se distribuye dentro de un área dada del punto efectivo, y/o la forma real del punto láser efectivo, y por lo tanto la forma del área que se calienta en un momento dado (sin tener en cuenta el hecho de que el punto primario se está moviendo, y solo considerando el punto efectivo). Por ejemplo, la longitud y/o la anchura del punto efectivo pueden adaptarse dinámicamente durante el proceso.

En algunas realizaciones de la invención, la adaptación de la distribución de energía bidimensional del punto efectivo se lleva a cabo adaptando la potencia del haz, tal como encendiendo y apagando selectivamente el haz. Esto

incluye la interrupción del haz en su fuente, así como otras opciones, 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 como un láser de fibra, el haz láser se puede activar y desactivar muy rápidamente, lo que hace posible obtener una distribución de energía deseada al encender y apagar el haz láser mientras se sigue el patrón de escaneado. Por lo tanto, el calentamiento puede lograrse encendiendo el haz láser durante determinadas 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 activado/desactivado del láser durante las diferentes porciones o segmentos del primer patrón de escaneado.

5  
10 En algunas realizaciones de la invención, la adaptación de la distribución de energía bidimensional del punto efectivo se lleva a cabo adaptando el primer patrón de escaneado.

15 En algunas realizaciones de la invención, la adaptación de la distribución de energía bidimensional del punto efectivo se lleva a cabo adaptando la velocidad con la que el punto primario se mueve a lo largo de al menos una porción del primer patrón de escaneado.

20 Es decir, la distribución de energía bidimensional puede adaptarse adaptando, por ejemplo, la potencia del haz, por ejemplo, conmutando entre diferentes estados de potencia, tales como entre activado y desactivado, y/o adaptando el patrón de escaneado, por ejemplo, agregando 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 puede hacerse en función de circunstancias tales como la capacidad del equipo para cambiar rápidamente entre los estados de potencia del haz y de 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.

25 En algunas realizaciones de la invención, el foco del haz se adapta dinámicamente durante el desplazamiento del punto primario a lo largo del primer patrón de escaneado y/o durante el desplazamiento del punto efectivo en relación con el objeto que se está produciendo. Por ejemplo, cuando se usa un haz láser, el foco del láser a lo largo del eje óptico puede modificarse dinámicamente durante el proceso, por ejemplo, para variar o mantener el tamaño del punto láser primario mientras se desplaza a lo largo del primer patrón de escaneado, y/o mientras el punto láser efectivo se desplaza en relación con la superficie del objeto. Por ejemplo, el foco óptico puede adaptarse 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).

30 En algunas realizaciones de la invención, el tamaño del punto primario se adapta dinámicamente durante el desplazamiento del punto primario a lo largo del primer 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.

35 En algunas realizaciones de la invención, durante al menos una fase del método, el punto efectivo comprende una porción delantera que tiene una densidad de energía mayor que una porción trasera del punto efectivo (esta disposición puede preferirse cuando se desea alcanzar rápidamente una determinada temperatura y, a partir de entonces, proporcionar suficiente aporte de energía para, por ejemplo, mantener el material a la temperatura requerida durante una determinada cantidad de tiempo), o el punto efectivo comprende una porción delantera que tiene una densidad de energía menor que una porción trasera del punto efectivo (esta disposición puede preferirse cuando se desea precalentar primero el material durante algún tiempo, antes de hacer que alcance una determinada temperatura). En algunas realizaciones de la invención, el punto efectivo comprende una porción intermedia que tiene una densidad de energía mayor que una porción delantera y que una porción trasera del punto efectivo. En algunas realizaciones de la invención, el punto efectivo presenta una distribución de energía sustancialmente uniforme, con una densidad de energía sustancialmente constante en todo el punto efectivo.

40 Como se ha indicado anteriormente, la distribución de energía bidimensional puede adaptarse dinámicamente mientras se lleva a cabo el método, por ejemplo, de modo que sea diferente en relación con diferentes porciones de la superficie del objeto.

45 En algunas realizaciones de la invención, la velocidad media o promedio del punto primario a lo largo del primer patrón de escaneado es sustancialmente mayor que la velocidad media o promedio con la que se desplaza el punto efectivo en relación con la superficie del objeto. Por ejemplo, la velocidad promedio del punto primario a lo largo del primer patrón de escaneado puede ser preferentemente al menos diez veces mayor, más preferentemente al menos 100 veces mayor, que la velocidad promedio con la que se desplaza el punto efectivo en relación con el objeto. Una alta velocidad del punto primario reduce las fluctuaciones de temperatura dentro del punto efectivo durante un barrido del punto primario a lo largo del primer patrón de escaneado.

50 En algunas realizaciones de la invención, el haz se escanea de acuerdo con dicho primer patrón de escaneado de

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

En algunas realizaciones de la invención, el tamaño (es decir, el área) del punto efectivo, tal como el tamaño promedio 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, puede usarse un punto primario que tiene un tamaño del orden de 3 mm<sup>2</sup> para crear un punto efectivo con un tamaño de más de 10 mm<sup>2</sup>, tal como más de 50 o 100 mm<sup>2</sup> o más. El tamaño del punto efectivo puede modificarse dinámicamente durante el proceso, pero a menudo puede preferirse 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.

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

En algunas realizaciones de la invención, el primer patrón de escaneado es un patrón de escaneado poligonal que comprende una pluralidad de líneas. Por ejemplo, el primer patrón de escaneado puede ser un polígono como un triángulo, un cuadrado o un rectángulo, un pentágono, un hexágono, un heptágono, un octágono, etc. El polígono no necesita ser un polígono perfecto, por ejemplo, las líneas que forman el polígono pueden, en algunas realizaciones, ser más o menos curvas y los bordes del polígono donde se unen las líneas pueden ser redondeados, etc.

En algunas realizaciones de la invención, el primer patrón de escaneado comprende una pluralidad de líneas, tales como una pluralidad de líneas rectas o curvas, que en algunas realizaciones de la invención están dispuestas sustancialmente paralelas entre sí. En algunas realizaciones de la invención, hay dos, tres, cuatro o más de estas líneas.

En algunas realizaciones de la invención, el primer patrón de escaneado comprende al menos tres segmentos, y dicho escaneado del haz de energía se lleva a cabo de modo que dicho haz o punto siga al menos uno de dichos segmentos con más frecuencia de lo que sigue a al menos otro de dichos segmentos. Esta disposición es ventajosa porque mejora la flexibilidad y la forma en que el patrón de escaneado puede usarse para proporcionar una distribución de energía adecuada y, siempre que se desee, simétrica o sustancialmente simétrica. Por ejemplo, uno de dichos segmentos puede usarse como una trayectoria o puente seguida por el haz cuando se mueve entre otros dos segmentos, de modo que la transferencia del punto proyectado por el haz entre diferentes porciones (como un final y un comienzo) del primer patrón de escaneado se puede llevar a cabo usando segmentos (como segmentos intermedios) del patrón de escaneado para la transferencia, por lo que la transferencia a menudo se puede llevar a cabo sin apagar el haz y sin distorsionar la simetría de la distribución de energía bidimensional, cuando se desea tal simetría.

En algunas realizaciones de la invención, el primer patrón de escaneado comprende al menos tres líneas rectas o curvas sustancialmente paralelas distribuidas una tras otra en una primera dirección, extendiéndose generalmente dichas líneas en una segunda dirección, en el que dichas al menos tres líneas comprenden una primera línea, al menos una línea intermedia, y una última línea dispuestas una tras otra en dicha primera dirección, en el que dicho escaneado del haz se lleva a cabo de modo que dicho haz o punto sigue dicha línea intermedia con más frecuencia que dicho haz sigue dicha primera línea y/o dicha última línea. Es decir, por ejemplo, el haz puede, en promedio, seguir dicha línea intermedia dos veces más de lo que sigue a dicha primera línea y dicha última línea, por ejemplo, el haz puede propagarse a lo largo de la línea intermedia cada vez que se mueve desde la primera línea hacia la última línea y viceversa. Es decir, la línea o líneas intermedias pueden servir como una especie de puente seguido del punto proyectado cuando se mueve entre la primera y la última línea.

Se ha descubierto que esta disposición es práctica y fácil de implementar, y se ha descubierto que a menudo se pueden obtener distribuciones de energía adecuadas adaptando la velocidad de escaneado y sin adaptar sustancialmente la potencia del haz. También es posible modificar la potencia del haz durante el escaneado para individualizar la distribución de energía, pero la conmutación rápida de la potencia no siempre es posible o deseable, y tener el haz, tal como un haz láser, a un nivel de potencia bajo o desactivado durante partes sustanciales del ciclo de escaneado puede implicar un uso insuficiente de la capacidad del equipo, lo que puede ser una desventaja grave cuando el equipo, tal como un equipo láser, se usa para el tratamiento térmico de objetos de chapa metálica. Por lo tanto, a menudo es deseable operar con el haz completamente en el estado activado, para aprovechar al máximo la potencia disponible.

A menudo es deseable usar tres o más líneas dispuestas de esta manera, es decir, una tras otra en una dirección diferente, como perpendicular, a la dirección a lo largo de la que se extienden las líneas, para lograr una extensión sustancial del punto efectivo no solo en la dirección a lo largo de las líneas, sino también en la otra dirección, para

hacer que el punto efectivo sea adecuado para calentar un área suficientemente amplia a una temperatura suficientemente alta y para mantener la temperatura al nivel o niveles deseados durante suficiente tiempo, al tiempo que permite que el punto efectivo viaje con una velocidad relativamente alta, lo que permite una alta productividad. Por lo tanto, una extensión sustancial del punto efectivo en dos dimensiones a menudo es una ventaja.

5 En algunas realizaciones de la invención, el primer patrón de escaneado comprende al menos tres líneas o segmentos sustancialmente paralelos, distribuidos uno tras otro en una primera dirección, tal como en la dirección a lo largo de la cual se propaga el punto efectivo durante el proceso, extendiéndose dichas líneas en una segunda dirección, tal como en una dirección perpendicular a la primera dirección. En algunas realizaciones de la invención, 10 dichas al menos tres líneas comprenden una primera línea, al menos una línea intermedia y una última línea, dispuestas una tras otra en dicha primera dirección, y el escaneado del haz se lleva a cabo de manera que el punto proyectado se escanea a lo largo de dichas líneas de acuerdo con una secuencia según la cual el punto, después de seguir dicha primera línea, sigue dicha línea intermedia, dicha última línea, dicha línea intermedia y dicha primera línea, en ese orden.

15 La definición anterior no significa que el escaneado tenga que comenzar con la primera línea, sino que solo indica la secuencia según la cual el haz rastrea o sigue las líneas del patrón de escaneado mencionadas anteriormente. Además, no excluye que entremedias (tal como antes o después) de seguir algunas o todas las líneas indicadas anteriormente, el haz pueda seguir otras líneas, como las líneas que interconectan la primera, la última y las líneas 20 intermedias, y/o líneas intermedias adicionales.

Es decir, en estas realizaciones, después de moverse a lo largo de la primera línea, el haz siempre sigue dicha línea intermedia dos veces antes de moverse nuevamente a lo largo de la primera línea. Mientras que un enfoque más directo podría haber sido llevar a cabo el escaneado de modo que después de dicha última línea el haz y su punto 25 proyectado volvieran directamente a dicha primera línea, se ha descubierto que la secuencia seguida de acuerdo con estas realizaciones de la invención es adecuada para lograr una distribución de energía simétrica alrededor de un eje de simetría que se extiende en dicha primera dirección.

30 En algunas realizaciones de la invención, el patrón de escaneado comprende una pluralidad de dichas líneas intermedias. El operario o el diseñador del proceso o el diseñador del equipo pueden elegir el número de líneas dependiendo, por ejemplo, del tamaño del punto primario proyectado por el haz y de la extensión deseada del punto efectivo, por ejemplo, en la primera dirección. Por ejemplo, un número mínimo de líneas puede en algunas realizaciones ser tres líneas, pero en muchas implementaciones prácticas puede usarse un número mayor de líneas, como cuatro, cinco, seis, diez o más líneas, al contar la primera, la última y las líneas intermedias. En algunas 35 realizaciones de la invención, el número de líneas se modifica para modificar la distribución de energía, mientras que el punto efectivo se propaga a lo largo del área superficial en el que se va a producir el calentamiento del material de chapa metálica.

40 En algunas realizaciones de la invención, el punto primario se desplaza con una mayor velocidad a lo largo de dicha al menos una línea intermedia que a lo largo de dichas primera línea y última línea. A menudo esto se prefiere para lograr una distribución de energía adecuada en dicha primera dirección, al menos durante una porción o una porción sustancial del proceso. La mayor velocidad del haz cuando se mueve a lo largo de las líneas intermedias, o al menos cuando se mueve a lo largo de una o de algunas de ellas, compensa el hecho de que el haz se mueva a lo largo de dichas líneas intermedias el doble de veces que a lo largo de la primera y última línea. Por ejemplo, la 45 velocidad del punto primario a lo largo de las líneas intermedias puede ser en algunas realizaciones de la invención aproximadamente el doble de la velocidad del punto primario a lo largo de la primera y/o última línea. La velocidad puede ser diferente para diferentes líneas intermedias. La velocidad para cada línea se puede elegir de acuerdo con una distribución de energía deseada en la primera dirección. Ahora, la velocidad con la que se desplaza el punto efectivo a lo largo de diferentes líneas o segmentos del patrón de escaneado se puede modificar dinámicamente 50 mientras el punto efectivo se propaga a lo largo del área en la que va a tener lugar el calentamiento del material de chapa metálica, por ejemplo, para adaptar la distribución de energía para optimizar la manera en la que tiene lugar el proceso, por ejemplo, para aumentar la calidad del producto, por ejemplo, del endurecimiento y/o templado.

55 En algunas realizaciones de la invención, el patrón de escaneado comprende además líneas que se extienden en dicha primera dirección, entre los extremos de las líneas primera, última e intermedia, por lo que el punto primario sigue dichas líneas que se extienden en dicha primera dirección cuando se mueve entre dicha primera línea, dichas líneas intermedias y dicha última línea. En algunas realizaciones de la invención, el punto primario se desplaza con una mayor velocidad a lo largo de dichas líneas que se extienden en la primera dirección, que a lo largo de dicha primera línea y dicha última línea, al menos durante parte del proceso.

60 En algunas realizaciones de la invención, el haz se desplaza a lo largo de dicho primer patrón de escaneado sin activar y desactivar el haz y/o mientras se mantiene la potencia del haz sustancialmente constante. Esto hace posible llevar a cabo el escaneado a alta velocidad sin tener en cuenta la capacidad del equipo, tal como un equipo láser, para conmutar entre diferentes niveles de potencia, tal como entre activado y desactivado, y hace posible usar 65 equipos que pueden no permitir una conmutación muy rápida entre 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.

En algunas realizaciones de la invención, el haz de energía es un haz láser. A menudo se prefiere un haz láser debido a cuestiones como el coste, la fiabilidad y la disponibilidad de los sistemas de escaneado adecuados. 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 con potencias de salida relativamente bajas. Por ejemplo, en el documento EP-1308525-A2 analizado anteriormente, se sugiere una potencia del haz de 600 W. Esto se debe a que en esta referencia de la técnica anterior, el punto láser que en determinado momento está calentando una porción de superficie corresponde al punto primario, que tiene un área superficial relativamente pequeña. Por lo tanto, se puede preferir una salida de potencia más baja para evitar el sobrecalentamiento. De acuerdo con la invención, la potencia del láser puede distribuirse sobre un punto láser efectivo que tiene un área superficial sustancialmente mayor que la del punto láser primario. Es decir, con el enfoque actual, basado en la creación de un punto láser efectivo mayor, se pueden usar mayores potencias, con lo que se puede mejorar la productividad.

En algunas realizaciones de la invención, el primer patrón de escaneado puede implementarse en línea con las enseñanzas del documento WO-2014/037281-A2, por ejemplo, en línea con las enseñanzas en relación con las figuras 9-11 del mismo.

En algunas realizaciones de la invención, el objeto es un componente de la carrocería de un vehículo, tal como un componente estructural, por ejemplo, un pilar como el denominado pilar B o pilar central. El método descrito anteriormente es útil para facilitar la optimización del calentamiento de porciones seleccionadas de componentes de vehículos, por ejemplo, para endurecer o para templar determinadas regiones. Por ejemplo, una o más porciones de un objeto o región previamente endurecida pueden ablandarse, es decir, hacerse menos duras, usando el método de la invención. El método facilita individualizar la forma en la que tiene lugar el calentamiento, a fin de optimizarlo y adaptarlo a un producto específico y a las características deseadas del producto, sin necesidad de una óptica compleja. Básicamente, la adaptación puede llevarse a cabo adaptando el software, especialmente el software que controla un escáner para desplazar el haz láser.

En algunas realizaciones de la invención, el objeto es un objeto previamente endurecido al menos parcialmente, y la etapa de calentar al menos una porción seleccionada del objeto usando un haz de energía se lleva a cabo para reducir la dureza de al menos una porción del objeto, por ejemplo, templando dicha porción, que puede ser una porción previamente endurecida. Por ejemplo, un objeto de chapa metálica, como un componente estructural de un vehículo, tal como un pilar del vehículo, que puede haberse conformado y endurecido en caliente durante la etapa de estampado o conformado en caliente (esto también se conoce como "endurecimiento en prensa"), puede tratarse térmicamente de acuerdo con el método de la invención, mediante el que el calentamiento puede controlarse controlando la distribución de energía bidimensional del punto láser efectivo, adaptándolo como se desee al diseño de la superficie y a la geometría de la porción a tratar térmicamente. De este modo, puede lograrse una alta productividad y calidad sin la necesidad de una óptica compleja, mientras que el sistema es altamente flexible y fácilmente adaptable a nuevos productos o cambios en los productos, como para proporcionar una nueva distribución de las porciones con una dureza reducida. El tratamiento térmico puede servir para reducir la dureza en una o más áreas del objeto. Por ejemplo, en el caso de un componente de vehículos, las áreas con dureza reducida pueden ser útiles para asegurar que la deformación tendrá lugar de determinada manera en el caso de un impacto, o para permitir que se lleven a cabo determinadas operaciones de ensamblaje, o para facilitar el corte del componente después de un accidente, etc.

En algunas realizaciones de la invención, el objeto es un componente estructural de un vehículo, y la etapa de calentar al menos una porción seleccionada del objeto usando un haz de energía se lleva a cabo para establecer al menos una zona preferida de deformación en el caso de un choque. Por ejemplo, un componente de pilar de un vehículo con alta dureza se puede tratar de acuerdo con la invención en determinadas regiones, por lo que se establecen porciones más blandas o más dúctiles, lo que predetermina sustancialmente la manera en la que tendrá lugar la deformación en el caso de una colisión o cuando el vehículo se voltea y aterriza de costado o al revés.

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 de ángulo entre el haz de energía y una porción de la superficie del objeto que se calienta mediante el punto efectivo, por ejemplo, adaptando 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 a los dobleces en la superficie, y/o a las variaciones en el ángulo en el que se orienta la superficie en relación con el escáner.

En algunas realizaciones de la invención, al menos una de la potencia del haz de energía, del primer patrón de escaneado y de la velocidad con la que el punto primario se mueve a lo largo de al menos una porción del primer patrón de escaneado, se adapta 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 mediante el punto efectivo.

Por lo tanto, las enseñanzas de la presente invención pueden usarse para controlar adecuadamente el calentamiento cuando el punto efectivo se mueve sobre una superficie curva, sobre una porción 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 ser muy útil para, por ejemplo, asegurar una buena  
 5 calidad del calentamiento, cuando el objeto que se calienta es un objeto que se ha formado previamente (por ejemplo, conformado en caliente), por ejemplo, en una prensa, de modo que la superficie presenta una forma más o menos compleja con curvas y/o dobleces, etc. Este suele ser el caso con, por ejemplo, componentes de chapa metálica de vehículos.

10 La presente invención proporciona una mejor flexibilidad y control del proceso de calentamiento, debido a la forma en la que la distribución de energía bidimensional del punto láser efectivo puede adaptarse sin necesidad de modificar o reemplazar la óptica implicada.

15 Otro aspecto de la invención se refiere a un sistema para el tratamiento térmico de un objeto de chapa metálica, comprendiendo el sistema, medios para soportar un objeto de chapa metálica y medios para producir un haz de energía, tal como un haz láser, 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 llevar a cabo 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  
 20 el objeto.

**Breve descripción de los dibujos**

25 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, que no deben interpretarse como restrictivas del alcance de la invención, sino solo como ejemplos de cómo se puede llevar a cabo la invención. Los dibujos comprenden las siguientes figuras:

- 30 La figura 1A es una vista en perspectiva esquemática de un sistema de acuerdo con una posible realización de la invención.
- Las figuras 1B-1E 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 láser efectivo creado por un patrón de escaneado que comprende una pluralidad de líneas paralelas.
- 35 Las figuras 3A y 3B ilustran un posible patrón de escaneado que comprende una pluralidad de líneas paralelas.
- Las figuras 4A y 4B ilustran un patrón de escaneado para crear un punto láser efectivo de acuerdo con una realización de la invención.
- Las figuras 5A y 5B ilustran un patrón de escaneado para crear un punto láser efectivo de acuerdo con otra realización de la invención.
- 40 Las figuras 6A-6C ilustran patrones de escaneado de acuerdo con otras realizaciones de la invención.
- La figura 7 ilustra esquemáticamente un punto efectivo de acuerdo con una posible realización de la invención.
- La figura 8 ilustra esquemáticamente la configuración de un punto efectivo de acuerdo con una realización alternativa de la invención.
- La figura 9 ilustra una realización de la invención que incluye medios para desplazar el escáner en relación con un objeto sometido a tratamiento térmico.
- 45 Las figuras 10A y 10B ilustran esquemáticamente dos fases del tratamiento térmico de una pieza de trabajo que tiene una superficie con curvas o dobleces.

**Descripción de formas de realizar la invención**

50 La figura 1A ilustra esquemáticamente un sistema de acuerdo con una posible realización de la invención, para el tratamiento térmico de un objeto de chapa metálica, tal como un pilar para un vehículo. El sistema comprende un equipo láser 1 para producir un haz láser 2 y un escáner 3 que incluye dos espejos o similares para el escaneado bidimensional del haz láser 2 en el plano horizontal (X-Y). El equipo para producir un haz láser puede ser, en  
 55 algunas realizaciones de la invención, un equipo adecuado para producir haces láser que tengan un contenido de potencia relativamente alto, tal como 1 kW o más. Un ejemplo de un dispositivo adecuado es el sistema láser Ytterbium 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 sostener 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 el denominado pilar central. El pilar o la pieza de trabajo del pilar puede, por ejemplo, ser una pieza de trabajo con una dureza muy alta, obtenida prensando en caliente una plantilla de chapa metálica para darle la forma deseada, seguido del enfriamiento de la pieza de trabajo para producir un enfriamiento brusco, como se conoce en la técnica. El haz láser 2 se proyecta sobre la pieza de trabajo en una región en la que se desea proporcionar una dureza  
 65 reducida, por ejemplo, para establecer un área en la que la deformación tiene lugar preferentemente en el caso de un impacto.

Tradicionalmente, esto a veces se llevaba a cabo básicamente barriendo un haz láser, que tenía una determinada anchura, una vez sobre el área en la que se deseaba una dureza reducida, que generalmente 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 proyecta el haz sobre el material de construcción) se escanea repetidamente a una velocidad relativamente alta siguiendo un primer patrón de escaneado (ilustrado como un conjunto de líneas que se extiende en paralelo con el eje Y en la figura 1A), creando así un punto láser efectivo 21, ilustrado como un cuadrado en la figura 1A. Esto se logra usando el escáner 3. Este punto láser efectivo 21 se desplaza de acuerdo con un segundo patrón de escaneado, por ejemplo, a través del pilar; en la figura 1A, una flecha indica cómo el punto láser efectivo 21 puede desplazarse, por ejemplo, en paralelo con el eje X del sistema.

El desplazamiento del punto láser efectivo 21 de acuerdo con el segundo patrón de escaneado también puede lograrse mediante el escáner 3, y/o debido al desplazamiento del escáner o equipo asociado, por ejemplo, a lo largo de pistas (no mostradas en la figura 1A), tales como pistas que se extienden en paralelo con el eje X y/o con el eje Y. También puede lograrse desplazando la pieza de trabajo 100 en relación con la posición del escáner.

El punto láser efectivo y su distribución de energía bidimensional pueden adaptarse dinámicamente durante el desplazamiento del punto láser efectivo a lo largo del segundo patrón de escaneado. Por ejemplo, considerando la figura 1A, la anchura del punto láser efectivo (a lo largo del eje Y) puede adaptarse durante su desplazamiento a través de la pieza de trabajo, de modo que la anchura de la pista sometida a tratamiento térmico varía a través de la pieza de trabajo. También se pueden adaptar otras particularidades del punto láser efectivo, para optimizar el tratamiento térmico, por ejemplo, el establecimiento de un área en la que 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 doblado después de un impacto).

Las figuras 1B y 1C ilustran esquemáticamente cómo el punto de láser efectivo 21 puede adaptarse en anchura para llevar a cabo el tratamiento térmico de dos pistas o segmentos 100A y 100B, respectivamente, de la pieza de trabajo 100, teniendo estas dos pistas o segmentos diferentes anchuras y extendiéndose en dos ángulos sustancialmente diferentes con respecto a la fuente láser (el escáner). La figura 1D ilustra esquemáticamente cómo se puede desplazar el punto láser efectivo a lo largo de un segmento 100B de la pieza de trabajo que tiene una anchura que varía a lo largo de la pista, por lo que, por ejemplo, la anchura del punto láser efectivo en la dirección perpendicular a su desplazamiento a lo largo del segmento puede adaptarse dinámicamente durante este desplazamiento.

Debido a la flexibilidad con la que puede adaptarse la distribución de energía bidimensional dentro del punto láser efectivo, así como a la forma y dimensiones del punto láser efectivo, es relativamente fácil adaptar la distribución de energía bidimensional también a superficies complejas, como las de una pieza de chapa metálica que se ha moldeado en una prensa para tener una configuración tridimensional predeterminada. Por ejemplo, la figura 1E ilustra cómo se puede aplicar el punto láser efectivo para proporcionar el tratamiento térmico de una pista que comprende dos porciones 100A y 100B de un pilar para un vehículo, en la que dichas dos porciones están dispuestas en ángulos diferentes en relación con la fuente láser y están separadas por un doblado 100C. La forma del punto láser efectivo y la distribución de energía bidimensional dentro del punto láser efectivo, es decir, la distribución de energía a lo largo y a través del punto efectivo tal como se proyecta sobre la superficie del objeto, pueden adaptarse, por ejemplo, a la anchura del área a calentar, a la forma tridimensional de dicha área a calentar (para, por ejemplo, tener en cuenta el doblado 100C), a la orientación de diferentes partes 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 láser efectivo 21) y/o el foco 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 primer patrón de escaneado, y/o mientras el punto láser efectivo 21 se desplaza en relación con la superficie del objeto. Por ejemplo, el foco óptico puede adaptarse 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 foco del haz láser pueden comprender en algunas realizaciones de la invención una unidad de enfoque varioSCAN®, obtenible de SCANLAB AG ([www.scanlab.de](http://www.scanlab.de)).

Se ha descubierto que a menudo puede ser práctico proporcionar un patrón de escaneado que comprenda más de dos líneas dispuestas una tras otra en la dirección de propagación del punto láser efectivo (es decir, la dirección del movimiento relativo entre el punto láser efectivo y la superficie del objeto), como se ilustra esquemáticamente en la figura 2, en la que el punto de láser efectivo 21 se crea mediante una pluralidad de líneas paralelas, que se extienden en una dirección perpendicular a la dirección en la que se desplaza el punto de láser efectivo en relación con la superficie del objeto (esta dirección se indica con una flecha en la figura 2). Las líneas pueden tener longitudes iguales o diferentes, y el espacio entre las líneas subsiguientes es uno de los parámetros que se pueden usar para controlar la distribución de energía bidimensional.

- Tal patrón de escaneado puede crearse escaneando repetidamente el punto láser primario en la dirección perpendicular a la dirección en la que se propaga el punto láser efectivo, desplazando el haz láser una pequeña distancia entre cada etapa de escaneado, para trazar dos, tres o más líneas paralelas. Una vez que el punto láser
- 5 primario ha completado el patrón de escaneado, volverá a su posición original y llevará a cabo el patrón de escaneado una vez más. La frecuencia con la que esto ocurre es preferentemente alta, para evitar fluctuaciones de temperatura no deseadas dentro del punto láser efectivo 21.
- El haz láser se puede desactivar mientras se desplaza hacia una nueva línea a seguir, y/o entre que finaliza la última
- 10 línea del patrón de escaneado y vuelve a la primera línea del patrón de escaneado. Sin embargo, activar y desactivar los haces láser requiere tiempo y puede ralentizar la frecuencia de escaneado. Además, el tiempo durante el cual se desactiva el haz láser es tiempo que se pierde en términos de uso eficiente del láser para el calentamiento.
- 15 Las figuras 3A y 3B ilustran un posible patrón de escaneado que comprende tres líneas principales a-c (ilustradas como líneas continuas) del patrón de escaneado, y líneas discontinuas que ilustran la trayectoria que sigue el punto láser entre dichas líneas. En la figura 3B, las flechas ilustran esquemáticamente la forma en que el punto láser primario se propaga sobre la superficie.
- 20 Ahora, este patrón de escaneado implica un problema porque la distribución de calor no será simétrica. Lo mismo se aplica si, al final del patrón, al terminar la última línea c (es decir, desde la punta de la flecha de la línea c en la figura 3B), el haz láser regresa verticalmente a la línea a.
- Se puede obtener una distribución de energía más simétrica con respecto al eje paralelo a la dirección en la que se
- 25 desplaza el punto láser efectivo con un patrón de escaneado según las figuras 4A y 4B, que también comprende tres líneas paralelas a-c interconectadas por las líneas d seguidas por el punto láser primario cuando se mueve entre las tres líneas paralelas. Como se ilustra en la figura 4B, el haz láser, desde el comienzo de la primera línea a, se propaga de la siguiente manera: a-d1-b-d2-c-d3-b-d4.
- 30 Es decir, el punto láser primario se propaga a lo largo de la línea intermedia b el doble de veces que se propaga a través de la primera línea y de la última línea: se propaga dos veces a lo largo de la línea intermedia b cada vez que se propaga a lo largo de la primera línea a y de la última línea c. De este modo, puede obtenerse un patrón de escaneado completamente simétrico, en relación con el eje paralelo a la dirección en la que se propaga el punto láser efectivo.
- 35 La distribución de energía a lo largo de este eje puede configurarse ajustando, por ejemplo, la distancia entre las líneas a-c y la velocidad con la que el haz láser se propaga a lo largo de las líneas. Al ajustar la velocidad y/o el patrón de escaneado, la distribución de energía puede adaptarse dinámicamente sin encender ni apagar el haz láser o sin modificar sustancialmente la potencia del haz láser. Por ejemplo, si la energía se va a distribuir
- 40 sustancialmente por igual en todo el punto láser efectivo, el haz láser puede propagarse con mayor velocidad a lo largo de la línea intermedia b que a lo largo de la primera línea a y de la última línea c. Por ejemplo, la velocidad del punto láser primario a lo largo de la línea b puede ser el doble de la velocidad del punto láser primario a lo largo de las líneas a y c. En algunas realizaciones de la invención, la velocidad del punto láser efectivo a lo largo de las líneas d1-d4 también puede ser sustancialmente mayor que la velocidad del punto láser efectivo a lo largo de las
- 45 líneas a y c.
- Por lo tanto, la individualización de la distribución de energía puede lograrse adaptando la distribución de las líneas, tales como las líneas primera, última e intermedia a-c, y adaptando la velocidad del punto láser primario a lo largo de los diferentes segmentos a-d (incluyendo d1-d4) del patrón de escaneado. La distribución de los segmentos y la
- 50 velocidad del punto láser primario a lo largo de los segmentos pueden modificarse dinámicamente mientras el punto láser efectivo se desplaza en relación con la superficie del objeto de chapa metálica que se está calentando, para adaptar la distribución de energía bidimensional. Además, el patrón de escaneado puede adaptarse añadiendo o eliminando segmentos durante la propagación del punto láser efectivo.
- 55 El mismo principio puede aplicarse a otros patrones de exploración, como al patrón de escaneado de las figuras 5A y 5B, que incluye una línea intermedia adicional b. Aquí, la trayectoria seguida por el punto láser primario es: a-d1-b-d2-b-d3-c-d4-b-d5-b-d6.
- Las figuras 6A-6C ilustran algunos patrones de escaneado alternativos. Por ejemplo, el primer patrón de escaneado
- 60 puede ser un polígono como un triángulo (véase la figura 6A), un rectángulo (véase la figura 6B) o un octágono (véase la figura 6C).
- La figura 7 ilustra esquemáticamente un punto efectivo 21 de acuerdo con una posible realización de la invención. El punto efectivo tiene una configuración sustancialmente rectangular, con una altura y una anchura. La flecha en la
- 65 parte superior de la figura ilustra la dirección en la que se está desplazando el punto efectivo 21 en relación con la superficie del objeto.

El punto efectivo 21 se obtiene escaneando el punto primario 2A proyectado por el haz, siguiendo un patrón de escaneado que comprende cinco líneas paralelas, indicadas por las filas de flechas dentro del punto efectivo 21. En esta realización, una porción delantera 21A del punto efectivo proporciona un determinado precalentamiento del material, y se proporciona una porción trasera 21C para ralentizar el proceso de enfriamiento. El calentamiento principal del material tiene lugar en la porción central 21B del punto efectivo 21, es decir, entre la porción delantera 21A y la porción trasera 21C.

La figura 8 ilustra esquemáticamente un punto láser efectivo 21 creado dejando que el punto primario siga un patrón de escaneado con seis líneas a, b, c en el que cada línea comprende cinco segmentos o píxeles (a1, a0, b1, b0, c1). Para cada segmento, el haz láser está activado (segmentos o píxeles a1, b1, c1) o desactivado (segmentos o píxeles a0, b0), de acuerdo con una distribución de energía deseada que puede variarse dinámicamente durante el proceso. Por lo tanto, el diseño de la figura 8 representa una pixelización de 6x5, y puede obtenerse fácilmente con sistemas de láser y escaneado disponibles comercialmente. El uso de un láser que permite un encendido/apagado rápido, por ejemplo, un láser de fibra, puede aumentar el número de píxeles del patrón de escaneado para una frecuencia de escaneado predeterminada. El número de líneas que pueden lograrse para una determinada frecuencia de escaneado, tal como 50 Hz o 100 Hz o más, dependerá, entre otras cosas, de los medios de escaneado usados.

En lugar de o además de simplemente encender y apagar el haz láser, también se pueden usar otros estados de potencia del haz láser, es decir, diferentes niveles de potencia entre la potencia máxima y la potencia cero (o cercana a cero). Los estados de potencia correspondientes a diferentes segmentos pueden almacenarse en una memoria y modificarse dinámicamente durante el proceso para, por ejemplo, adaptar la distribución de energía a la configuración tridimensional del objeto de chapa metálica, a la anchura deseada de una pista a tratar térmicamente, etc. Este enfoque segmentado o pixelado es muy práctico y permite al usuario encontrar distribuciones de energía apropiadas a lo largo y a través del punto láser efectivo al probar diferentes combinaciones de estados de potencia, es decir, la potencia que el haz debe tener en diferentes segmentos, hasta encontrar una combinación que proporcione el resultado deseado. Si el láser permite una conmutación rápida entre diferentes estados o niveles de potencia, se puede completar un gran número de segmentos por segundo, lo que permite una tasa de repetición suficientemente alta del patrón de escaneado para evitar fluctuaciones de temperatura sustanciales entre las repeticiones posteriores del patrón de escaneado, mientras que al mismo tiempo acomoda una cantidad razonable de segmentos. Por ejemplo, cuando el láser permite 1000 cambios de estado de potencia por segundo, puede combinarse una frecuencia de repetición del patrón de escaneado de 100 Hz con un patrón de escaneado que tenga 10 segmentos. En lugar de o además de modificar el estado o nivel de potencia del haz láser, la velocidad de exploración puede adaptarse para que sea diferente en correspondencia con diferentes segmentos o píxeles.

La figura 9 ilustra esquemáticamente cómo un cabezal de procesamiento 200, de acuerdo con una posible realización de la invención, puede incluir un escáner 3 dispuesto para desplazarse en relación con un objeto de chapa metálica 100 a someter a tratamiento térmico, en este caso, un pilar de un vehículo. El cabezal de procesamiento 200 está conectado a accionadores 300 a través de enlaces 301. En esta realización de la invención, el desplazamiento se basa en el concepto de manipulador paralelo. Sin embargo, puede usarse cualquier otro medio adecuado de desplazamiento del cabezal de procesamiento, tal como un brazo robot, etc. En algunas realizaciones de la invención, es el objeto que se produce el que se desplaza en relación con el cabezal de procesamiento. Además, puede usarse una combinación de estos dos enfoques. En la figura 9, la pieza de trabajo de chapa metálica 100 está soportada por medios de soporte 4 ilustrados esquemáticamente.

Las figuras 10A y 10B ilustran esquemáticamente el tratamiento térmico de una pieza de trabajo 100 con una superficie que presenta curvas o dobleces, por ejemplo, después de haberse conformado en una prensa. Este suele ser el caso con los componentes de chapa metálica de vehículos. La flecha ilustra esquemáticamente cómo el haz de energía 2 y el punto efectivo se mueven en relación con la superficie del objeto, por ejemplo, mediante el desplazamiento del escáner 3 en relación con la pieza de trabajo 100, desplazando la pieza de trabajo 100 en relación con el escáner 3, o una combinación de los mismos. Cuando el punto efectivo llega a una porción doblada de la pieza de trabajo, hay un cambio en el ángulo de incidencia entre el haz de energía 2 y la superficie del objeto. Para mantener las características del calentamiento que está teniendo lugar, se puede desear adaptar la distribución de energía bidimensional del punto efectivo. Las figuras 10A y 10B ilustran esquemáticamente cómo puede lograrse esto, por ejemplo, modificando el patrón de escaneado, por ejemplo, reduciendo la extensión del patrón de escaneado, para aumentar la densidad de potencia en el área barrida por el haz, perpendicular al haz. Las figuras 10A y 10B ilustran esquemáticamente cómo se modifica el patrón de escaneado reduciendo la extensión del área barrida por el haz de energía, es decir, reduciéndose del barrido comparativamente ancho 2' de la figura 10A al barrido más estrecho 2'' de la figura 10B. Y no solo esto: la distribución de la energía dentro del punto efectivo puede seleccionarse de manera apropiada y adaptarse a la curvatura de la superficie dentro de diferentes porciones del punto efectivo, de modo que el calentamiento se lleve a cabo de manera óptima. Este es solo un ejemplo de cómo puede adaptarse la distribución de energía bidimensional para acomodarse a las variaciones en la superficie que se está calentado y de cómo las enseñanzas de la invención pueden usarse para el tratamiento térmico de superficies más o menos complejas, adaptando la distribución de energía bidimensional dentro del punto efectivo y/o dentro del área barrida por el haz de energía en un plano perpendicular al haz, adaptando, por ejemplo, el patrón de

escaneado, la potencia del haz de energía durante diferentes segmentos del patrón de escaneado, y/o la velocidad del punto primario a lo largo de diferentes segmentos del patrón de escaneado. Todo esto puede lograrse mediante software y sin necesidad de ópticas complejas y adaptables.

- 5 En este texto, el término “comprende” y sus derivaciones (como “que comprende”, etc.) no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no deben interpretarse como excluyentes de la posibilidad de que lo que se describe y define pueda incluir más elementos, etapas, etc.

- 10 Por otro lado, la invención obviamente no se limita a las realizaciones específicas descritas en el presente documento, sino que también abarca cualquier variación que pueda ser considerada por cualquier persona experta en la materia (por ejemplo, con respecto a la elección de materiales, dimensiones, componentes, configuración, etc.), dentro del alcance general de la invención como se define en las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para el tratamiento térmico de un objeto de chapa metálica, que comprende la etapa de calentar al menos una porción seleccionada del objeto (100), usando un haz de energía (2);
- 5           en donde se proyecta el haz (2) sobre una superficie del objeto (100) para producir un punto primario (2A) en el objeto, escaneándose repetidamente el haz en dos dimensiones de acuerdo con un primer patrón de escaneado para establecer un punto efectivo (21) en el objeto, teniendo dicho punto efectivo una distribución de energía bidimensional,
- 10           y en donde se desplaza dicho punto efectivo (21) en relación con la superficie del objeto (100) para calentar progresivamente dicha al menos una porción seleccionada del objeto.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde se adapta dinámicamente la distribución de energía bidimensional del punto efectivo (21), durante el desplazamiento del punto efectivo (21), en relación con la superficie del objeto (100).
3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, en donde se lleva a cabo la adaptación de la distribución de energía bidimensional del punto efectivo (21), adaptando la potencia del haz (2), tal como encendiendo y apagando selectivamente el haz.
- 20           4. El método de acuerdo con las reivindicaciones 2 o 3, en donde se lleva a cabo la adaptación de la distribución de energía bidimensional del punto efectivo (21), adaptando el primer patrón de escaneado.
5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2-4, en donde se lleva a cabo la adaptación de la distribución de energía bidimensional del punto efectivo (21), adaptando la velocidad con la que el punto primario (2A) se mueve a lo largo de al menos una porción del primer patrón de escaneado.
- 25           6. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se adaptan dinámicamente el foco del haz y/o el tamaño del punto primario, durante el desplazamiento del punto primario (2A), a lo largo del primer patrón de escaneado y/o durante el desplazamiento del punto efectivo (21) en relación con la superficie del objeto.
- 30           7. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde, durante al menos una fase del método,
- 35           el punto efectivo (21) comprende una porción delantera, que tiene una densidad de energía mayor que una porción trasera del punto efectivo,
- o
- 40           el punto efectivo (21) comprende una porción delantera, que tiene una densidad de energía menor que una porción trasera del punto efectivo,
- o
- el punto efectivo (21) comprende una porción intermedia (21B), que tiene una densidad de energía mayor que una porción delantera (21A) y que una porción trasera (21C) del punto efectivo,
- o
- 45           el punto efectivo presenta una densidad de energía sustancialmente constante en todo el punto efectivo.
8. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la velocidad promedio del punto primario (2A), a lo largo del primer patrón de escaneado, es sustancialmente mayor que la velocidad promedio con la que se desplaza el punto efectivo (21) en relación con la superficie del objeto.
- 50           9. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se escanea el haz de acuerdo con dicho primer patrón de escaneado, de modo que el haz repite dicho primer patrón de escaneado con una frecuencia de más de 10 Hz, preferentemente más de 25 Hz, más preferentemente más de 100 Hz.
- 55           10. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, 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.
- 60           11. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer patrón de escaneado comprende una pluralidad de líneas.
12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, en donde dichas líneas son líneas sustancialmente paralelas.
13. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en donde el primer patrón de escaneado es un polígono.
- 65

14. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en donde dicho primer patrón de escaneado comprende al menos tres segmentos (a, b, c), y en donde se lleva a cabo dicho escaneado del haz de energía (2), de modo que dicho haz siga al menos uno de dichos segmentos (b) con más frecuencia de lo que sigue al menos a otro de dichos segmentos (a, c).
- 5
15. El método de acuerdo con la reivindicación 14, en donde el primer patrón de escaneado comprende al menos tres líneas (a, b, c), sustancialmente paralelas, distribuidas una tras otra en una primera dirección, extendiéndose dichas líneas en una segunda dirección,
- 10 en donde dichas al menos tres líneas comprenden una primera línea (a), al menos una línea intermedia (b) y una última línea (c), dispuestas una tras otra en dicha primera dirección, en donde se lleva a cabo dicho escaneado del haz (2), de manera que dicho haz sigue dicha línea intermedia (b), y, con más frecuencia, que dicho haz sigue dicha primera línea (a) y/o dicha última línea (c).
- 15 16. El método de acuerdo con la reivindicación 14, en donde el primer patrón de escaneado comprende al menos tres líneas (a, b, c), sustancialmente paralelas, distribuidas una tras otra en una primera dirección, extendiéndose dichas líneas en una segunda dirección,
- 20 en donde dichas al menos tres líneas comprenden una primera línea (a), al menos una línea intermedia (b) y una última línea (c), dispuestas una tras otra en dicha primera dirección, y en donde se lleva a cabo el escaneado del haz (2) de tal manera que se escanea el haz a lo largo de dichas líneas según una secuencia de acuerdo con la que el haz, después de seguir dicha primera línea (a), sigue dicha línea intermedia (b), dicha última línea (c), dicha línea intermedia (b) y dicha primera línea (a), en ese orden.
- 25 17. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 y 16,
- en donde dicho primer patrón de escaneado comprende una pluralidad de dichas líneas intermedias (b), y/o
- 30 se desplaza el haz (2) con una mayor velocidad a lo largo de dicha al menos una línea intermedia (b) que a lo largo de dichas primera línea (a) y última línea (c), y/o
- 35 en donde el primer patrón de escaneado comprende además líneas (d1-d6), que se extienden en dicha primera dirección, entre los extremos de las líneas primera, última e intermedia, por lo que dicho haz (2) sigue dichas líneas (d1-d6), que se extienden en dicha primera dirección, cuando se mueve entre dicha primera línea (a), dichas líneas intermedias (b) y dicha última línea (c), en donde, opcionalmente, se desplaza el haz con una mayor velocidad a lo largo de dichas líneas (d1-d6), que se extienden en la primera dirección, que a lo largo de dicha primera línea (a) y de dicha última línea (c).
- 40 18. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 14-17, en donde se desplaza el haz a lo largo de dicho primer patrón de escaneado, mientras se mantiene la potencia del haz de manera sustancialmente constante.
19. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el haz de energía (2) es un haz láser.
- 45 20. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el objeto es un componente de la carrocería de un vehículo, tal como un componente estructural, tal como un pilar de un vehículo.
21. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el objeto es un objeto previamente endurecido al menos parcialmente, y en donde se lleva a cabo la etapa de calentar al menos una porción seleccionada del objeto, usando un haz de energía para reducir la dureza de al menos una porción del objeto.
- 50 22. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el objeto es un componente estructural de un vehículo, y en donde la etapa de calentar al menos una porción seleccionada del objeto, usando un haz de energía, se lleva a cabo para establecer al menos una zona preferida de deformación en el caso de un choque.
- 55 23. 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 de ángulo entre el haz de energía (2) y a una porción de la superficie del objeto, que se calienta mediante el punto efectivo (21).
- 60 24. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde al menos uno de:
- 65 - la potencia del haz de energía,  
- el primer patrón de escaneado, y  
- una velocidad, con la que se mueve el punto primario (2A) a lo largo de al menos una porción del primer

patrón de escaneado,

se adapta en respuesta a al menos un cambio de ángulo entre el haz de energía (2) y a una porción de la superficie del objeto, que se calienta mediante el punto efectivo (21).

- 5
25. Un sistema para el tratamiento térmico de un objeto de chapa metálica, comprendiendo el sistema:
- 10
- medios (4) para soportar un objeto de chapa metálica, 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 programado para llevar a cabo el método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

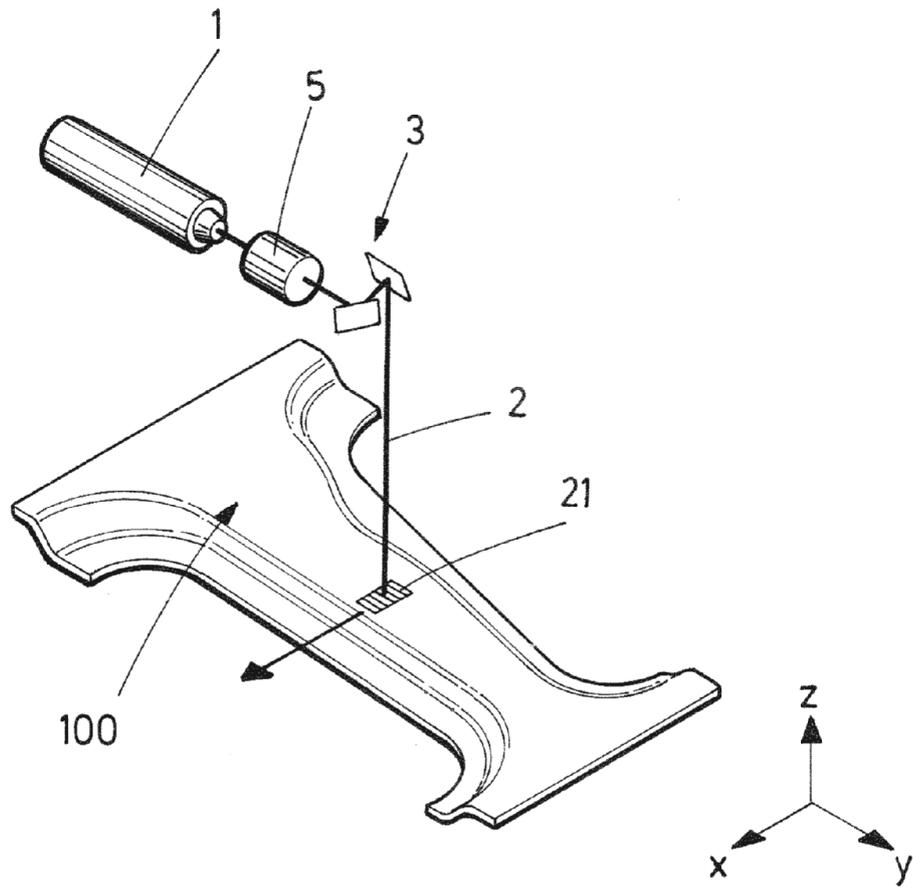


FIG.1A

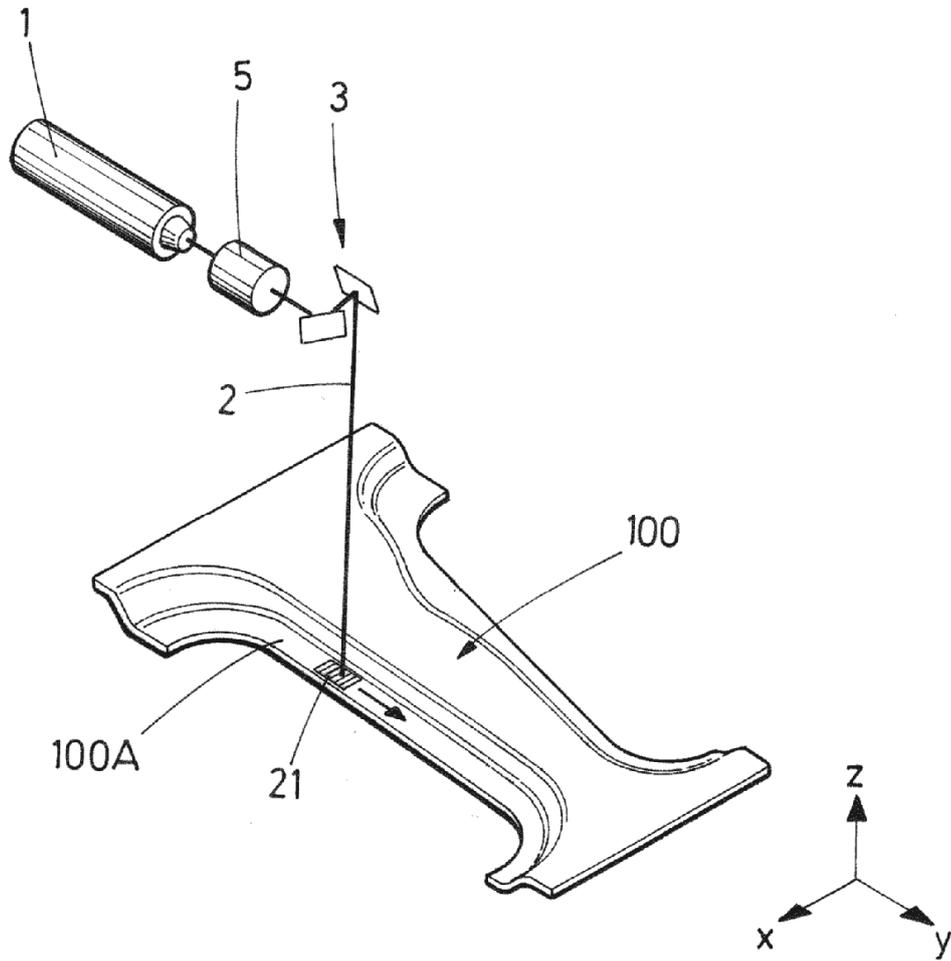


FIG.1B

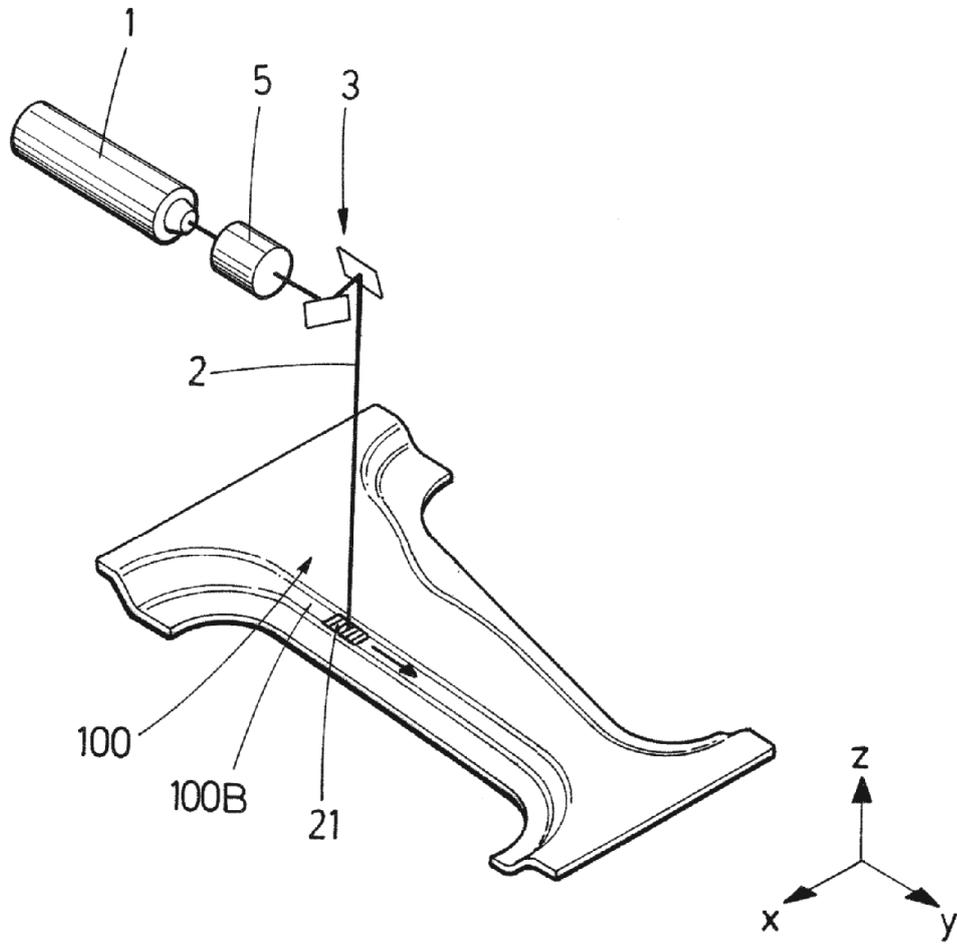


FIG.1C

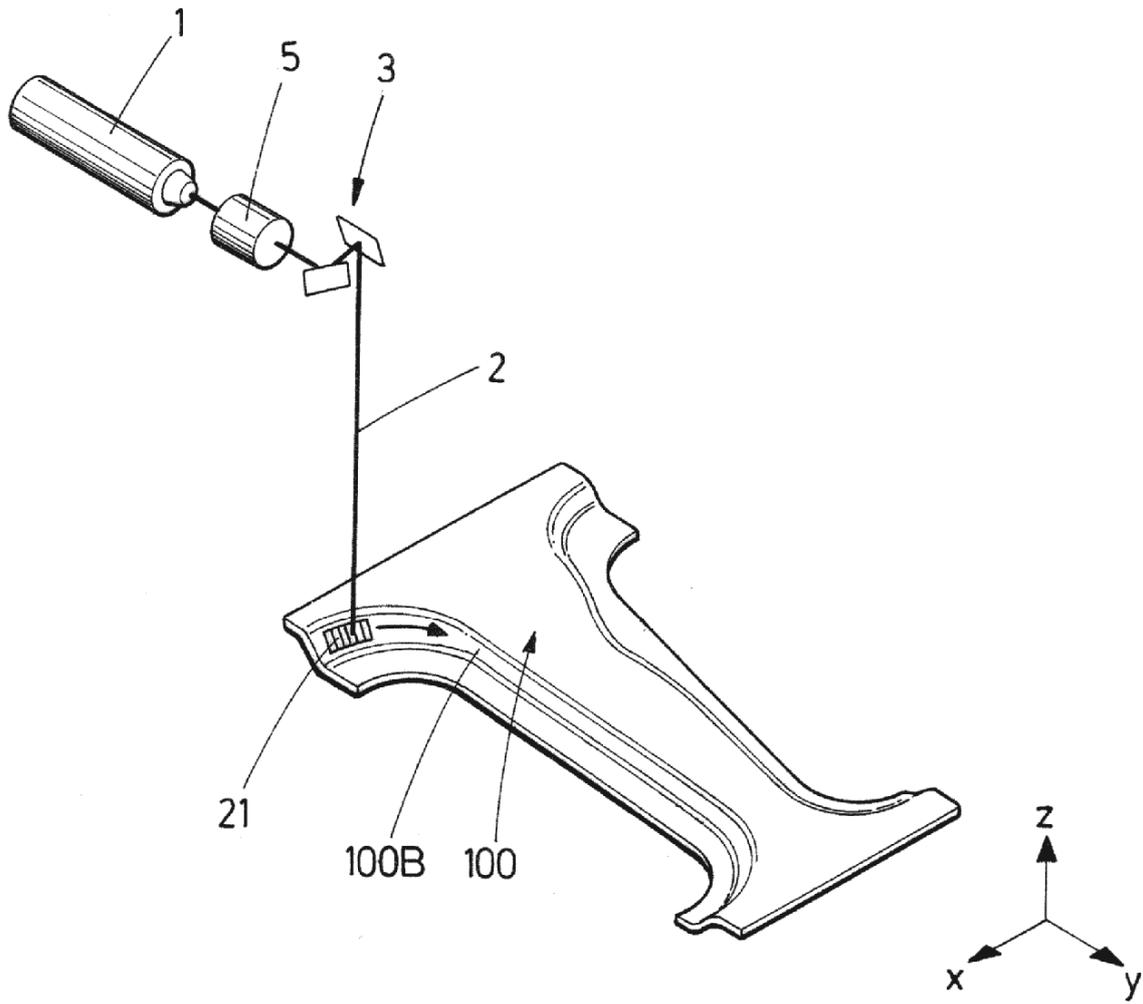


FIG.1D

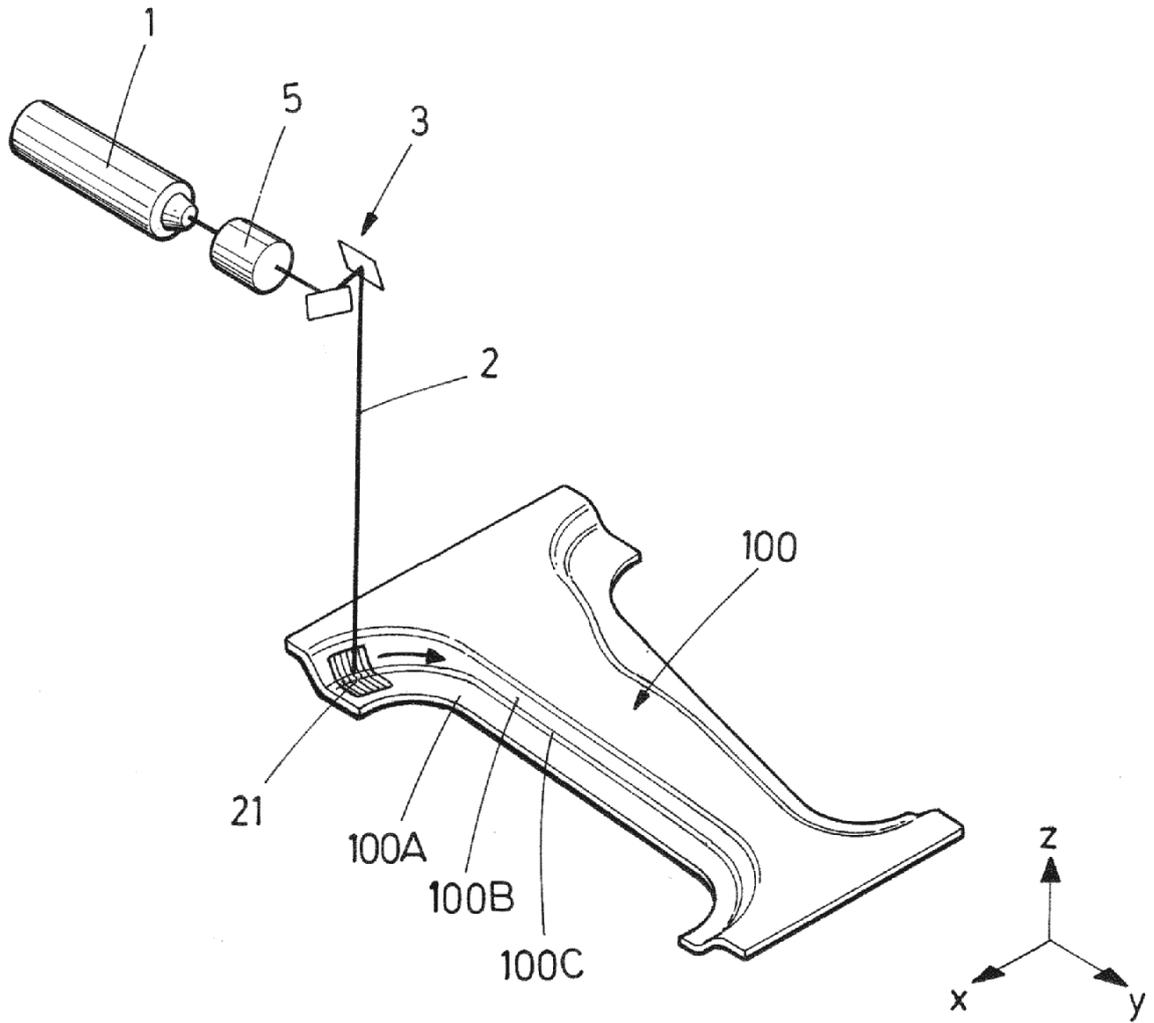


FIG.1E

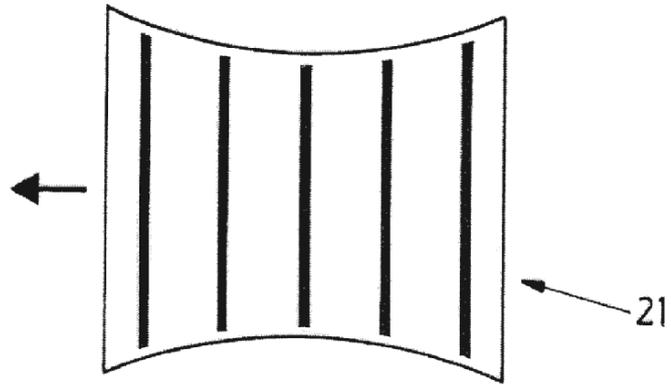


FIG. 2

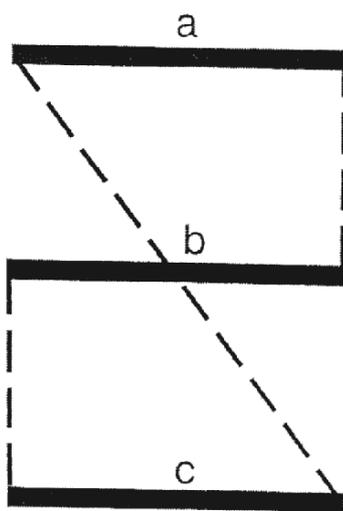


FIG. 3A

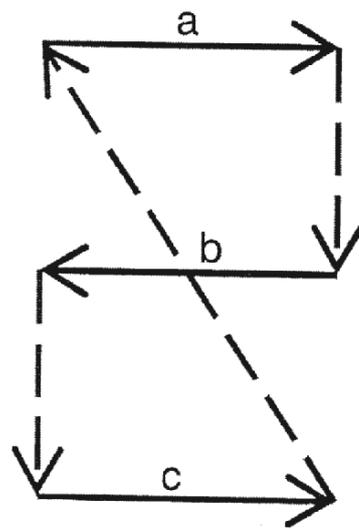
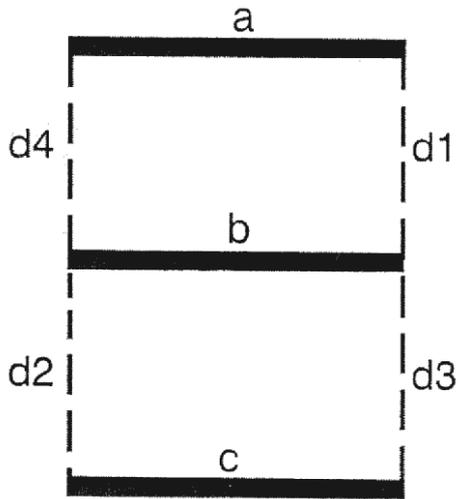
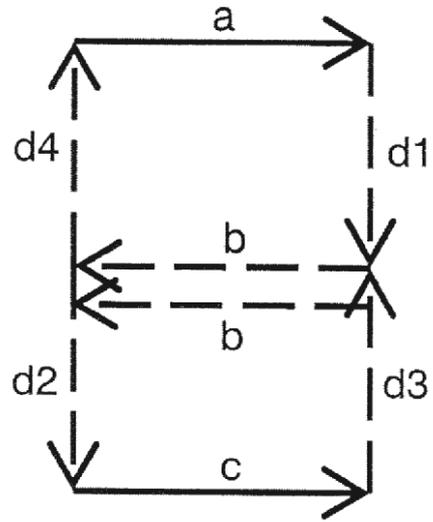


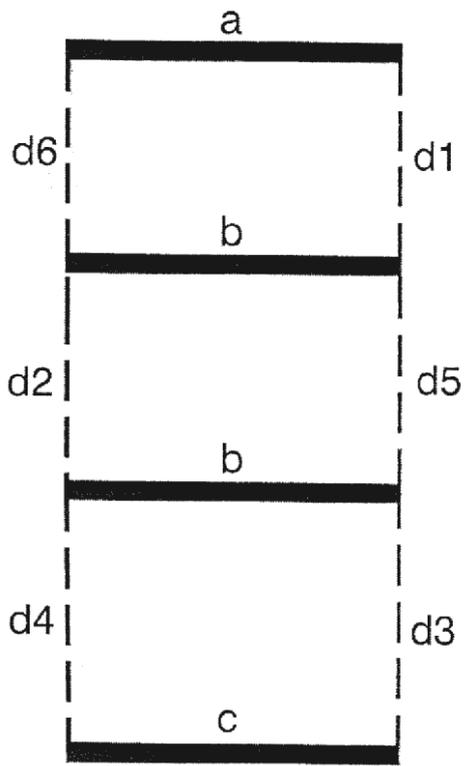
FIG. 3B



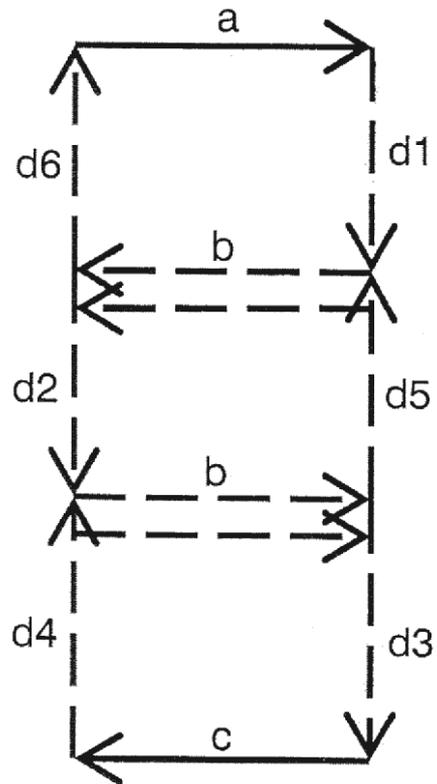
**FIG. 4A**



**FIG. 4B**



**FIG. 5A**



**FIG. 5B**

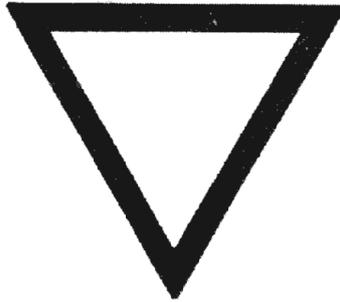


FIG.6A



FIG.6B

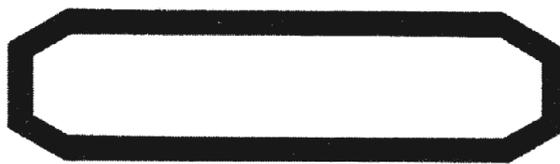


FIG.6C

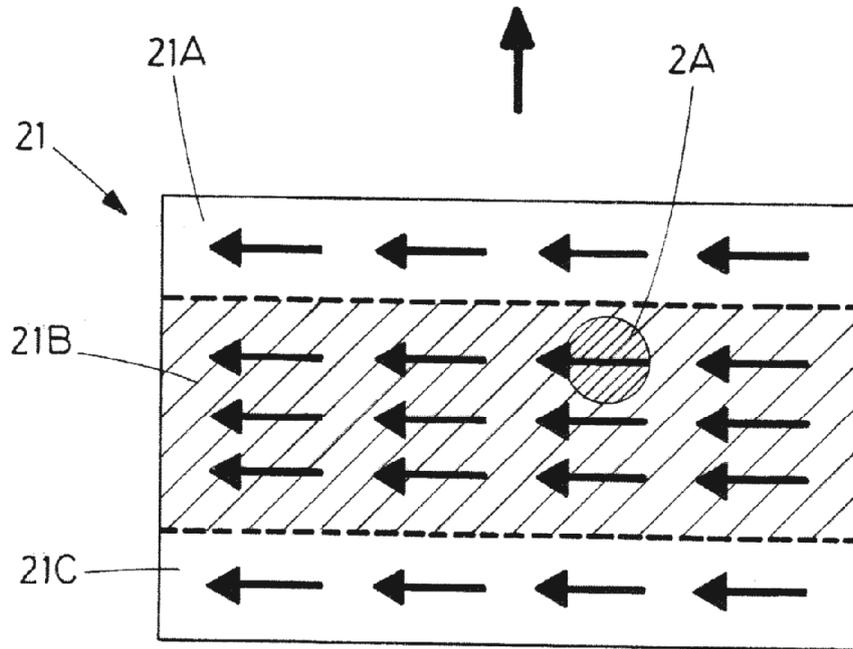
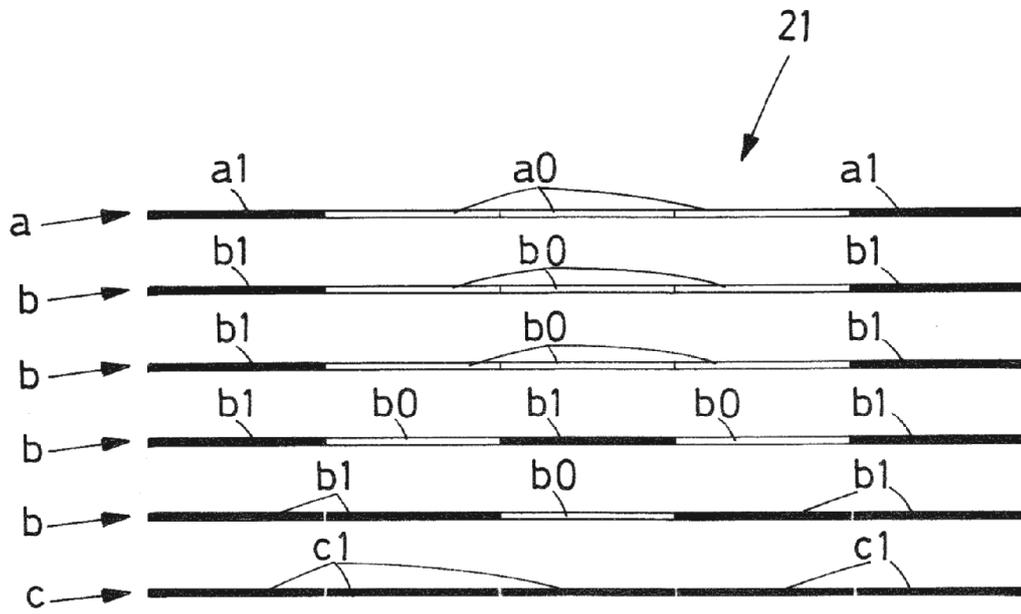


FIG. 7



↑  
**FIG.8**

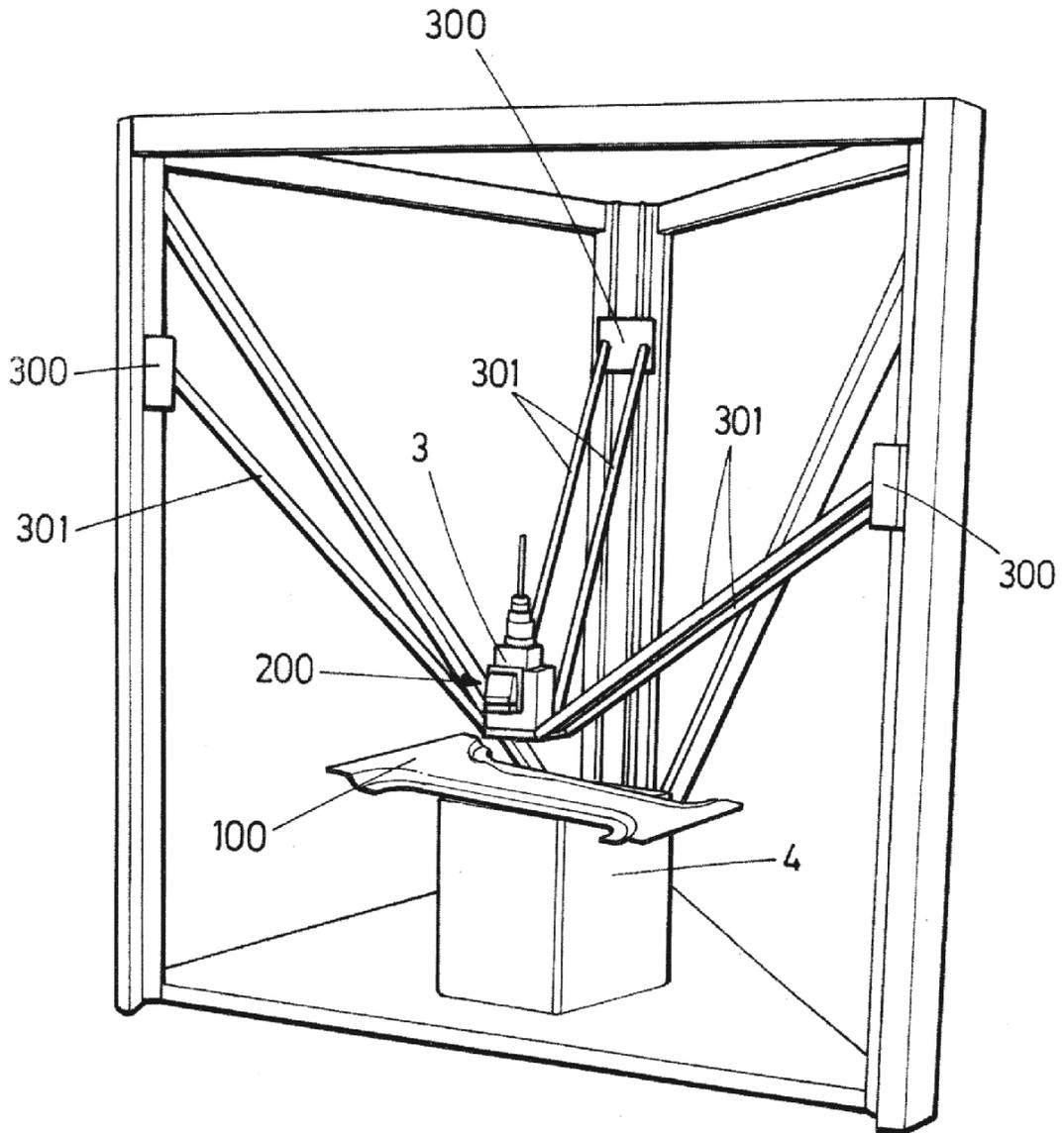


FIG.9

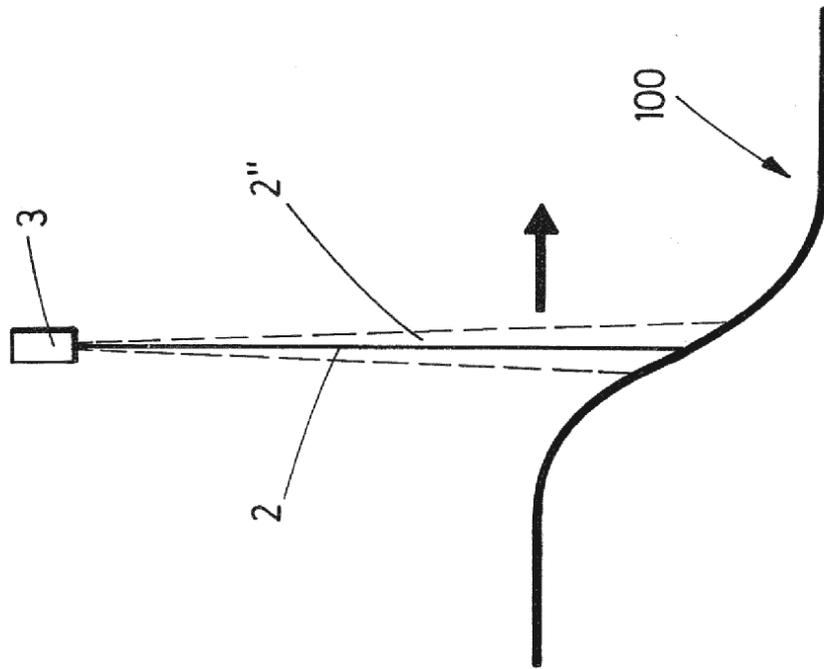


FIG. 10A

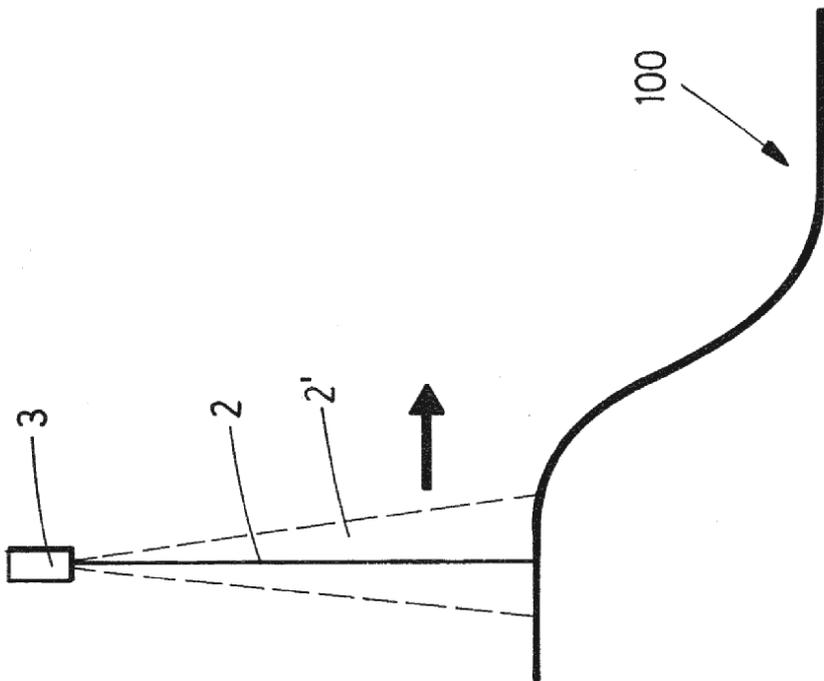


FIG. 10B