(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 770 827**

(51) Int. Cl.:

C21D 9/30 (2006.01)
C21D 1/09 (2006.01)
B23K 26/082 (2014.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.05.2016 PCT/EP2016/060226**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **17.11.2016 WO16180736**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.05.2016 E 16722625 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2019 EP 3294914**

(54) Título: **Método y aparato para el tratamiento térmico de un material ferroso utilizando un haz de energía**

(30) Prioridad:

08.05.2015 EP 15382242

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.07.2020

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

SANCHO DÍAZ, PAULA;
IGLESIAS VALLE, IRATI y
DOMÍNGUEZ COBREROS, JESÚS

(74) Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 770 827 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para el tratamiento térmico de un material ferroso utilizando un haz de energía

Campo técnico

La presente invención se refiere al tratamiento de cigüeñal utilizando un haz láser, por ejemplo, con el fin de endurecer una o más porciones de superficie de un cigüeñal.

Estado de la técnica

Es bien conocido en la técnica realizar el tratamiento térmico de objetos utilizando un haz de energía, tal como un haz láser, por ejemplo, con el fin de endurecer materiales ferrosos, tales como acero al carbono medio, mediante el calentamiento del material a una temperatura alta, por debajo de su temperatura de fusión, y posteriormente templarlo, es decir, enfriarlo lo suficientemente rápido para formar martensita dura. Los tratamientos térmicos con haces de energía también son conocidos para otros fines, por ejemplo, para ablandar una o más porciones seleccionadas de un objeto previamente endurecido, tal como un objeto de chapa metálica.

Por ejemplo, el endurecimiento superficial se puede utilizar para aumentar la resistencia al desgaste del material y, a veces, se puede utilizar también para aumentar la resistencia a la fatiga causada por tensiones de compresión residuales. El endurecimiento superficial puede ser útil para endurecer superficies que estarán sujetas a un desgaste sustancial cuando se encuentran en uso, por ejemplo, superficies de apoyo, tales como las superficies de los muñones de cigüeñales.

El uso de un haz de energía tal como un haz de luz de láser para el tratamiento térmico de una pieza de trabajo, tal como para el endurecimiento superficial, implica diversas ventajas: un haz de láser es esencialmente independiente de la pieza de trabajo, se controla fácilmente, no requiere vacío, y no genera productos de combustión. Además, puesto que el haz por lo general solo calienta el producto metálico o pieza de trabajo a nivel local, el resto de la pieza de trabajo puede actuar como un disipador de calor, asegurando un enfriamiento rápido, que también se conoce como autotemplado: el interior frío de la pieza de trabajo puede constituir un disipador de calor suficientemente grande para apagar la superficie caliente por conducción de calor hacia el interior a un ritmo lo suficientemente alto como para permitir que la martensita se forme en la superficie. Por lo tanto, puede obviarse la necesidad de medios de enfriamiento externos, tales como fluidos de refrigeración.

Uno de los problemas implicados con el uso de un haz de energía como la fuente de calor en, por ejemplo, procesos de endurecimiento de metal es que la anchura de la zona calentada se ve limitada por las dimensiones del punto proyectado sobre la superficie de la pieza de trabajo. Se conoce el uso de óptica para modificar la forma del punto, por ejemplo, para proporcionar un punto sustancialmente rectangular que tiene una distribución de energía más o menos uniforme. Como alternativa, medios de barrido (tales como un espejo de barrido asociado con medios de accionamiento) se pueden utilizar para mover de forma repetida el punto sobre una pista, de modo que la fuente de calor pueda considerarse una fuente rectangular que después se puede mover a lo largo de la pista, por ejemplo, mediante la producción de un movimiento relativo entre la pieza de trabajo y la fuente del haz, por ejemplo, mediante el giro de una pieza de trabajo tal como un cigüeñal.

A pesar de que sus ventajas, el endurecimiento con láser a menudo no se utiliza porque parece existir la creencia de que la tasa de producción no será lo suficientemente elevada para muchas aplicaciones prácticas de esta técnica, y porque es difícil lograr que todas las partes que se tienen que calentar se calentarán en la medida deseada. Por ejemplo, en el caso de endurecimiento superficial, un calentamiento correcto es esencial para asegurarse de que se consigue el endurecimiento y templado, con las profundidades necesarias, pero sin causar daños por sobrecalentamiento.

Por ejemplo, un cigüeñal (la parte del motor que traduce el movimiento alternativo del pistón lineal en giro) es un producto complejo que a menudo se ha concebido como difícil de endurecer por luz de láser. Un ejemplo de un cigüeñal se muestra en la Figura 1. El cigüeñal 1000 es un producto de acero forjado o fundido, que tienen dos o más muñones cilíndricos coaxiales situados centralmente 1001 (también conocidos como “muñones principales”) y uno o más muñones del eje de la manivela cilíndricos desplazados 1002 (también conocidos como "muñones de barra"), separados por contrapesos y bandas que establecen las paredes 1005 que se extienden sustancialmente perpendiculares a las superficies de los muñones. La forma compleja del producto puede dificultar el "barrido" correcto de la superficie con el haz de láser; las pistas o áreas a endurecer pueden tener diferentes anchuras y/o ser asimétricas y/o estar dispuestas en diferentes planos (que es el caso de las paredes 1005 y las superficies de los muñones 1001 y 1002). Además, puede ser necesario tener especial cuidado en correspondencia con los filetes 1004, es decir, la transición entre los muñones y las paredes 1005. Además, se debe tener en cuenta la presencia de los orificios de lubricación de aceite 1003.

Por lo tanto, hoy en día, el calentamiento por inducción de alta frecuencia seguido por un proceso de enfriamiento por agua basado en polímeros se utiliza frecuentemente para el endurecimiento de cigüeñales. Sin embargo, este

proceso, aunque ha demostrado que es útil para lograr el endurecimiento deseado, implica ciertos inconvenientes. Por ejemplo, los inductores para crear calentamiento por inducción deben diseñarse de acuerdo con el diseño específico del cigüeñal, lo que reduce la flexibilidad: adaptar una máquina de inducción a un nuevo tipo de cigüeñal puede tomar mucho tiempo y ser costoso. Además, el calentamiento por inducción es costoso en términos de la energía requerida para calentar el cigüeñal en la medida deseada. Además, el proceso de enfriamiento es complejo, costoso y desafiante desde el punto de vista ambiental, debido al uso de grandes cantidades de fluido de enfriamiento que se necesitan. Además, los parámetros tales como la temperatura y el flujo del fluido refrigerante deben controlarse cuidadosamente para garantizar un correcto proceso de endurecimiento.

Por lo tanto, el endurecimiento con luz de láser como fuente de calor puede ser una alternativa atractiva en términos de flexibilidad, respeto al medio ambiente, consumo de energía y costes.

Se han realizado intentos para adaptar el tratamiento térmico a las particularidades del objeto que se va a tratar con calor. Por ejemplo, el documento DE-3905551-A1 enseña que la distribución de energía dentro del haz láser se puede adaptar a la geometría de la superficie que se calienta. El haz de láser se aplica a la superficie cóncava en los filetes.

Es bien conocido en la técnica el uso de espejos colocados en lugares apropiados para dirigir un haz láser sobre una superficie que se va a tratar con un ángulo de incidencia apropiado, véase, por ejemplo, los documentos WO-20 14/201788-A1, US-2014/0261283-A1, DE-102009034472-A1, WO-20 06/114.445-A1, y JP-59-076816-A2.

En el caso del tratamiento superficial con láser de productos con superficies complejas, tales como árboles de levas o cigüeñales, se debe prestar atención al problema de acceder a las diferentes partes de la superficie a endurecer. Por ejemplo, el documento DE-102010048645-A1 describe, con referencia a un proceso de endurecimiento de cigüeñales, el problema de acceder a ciertas porciones, tales como las porciones hacia los extremos de los muñones, los filetes o las paredes de los contrapesos adyacentes a los filetes. A fin de lograr un acoplamiento apropiado del haz de láser con el material en el área que se va a calentar, se desea un ángulo apropiado entre el haz y la superficie, por ejemplo, puede ser deseable que el haz de láser esté cerca de ser perpendicular u ortogonal a la superficie a tratar. Cuando el ángulo no es apropiado, el haz de láser puede reflejarse en gran medida fuera de la superficie, de modo que la energía no se absorbe. El documento DE-102010048645-A1 describe estos problemas y enseña una solución basada en el uso de un espejo de barrido que redirige la luz de láser y que se puede girar con el fin de desplazar el punto de láser proyectado sobre la superficie a tratar, en relación con esa superficie.

El documento JPS627821A enseña el tratamiento con láser de los filetes de un cigüeñal, dividiendo el haz de láser en una manera para calentar diferentes porciones del filete a temperatura uniforme para un templado uniforme, y el uso de espejos de reflexión para dirigir los haces de láser hacia los filetes. También, el documento JPS61227132 A enseña el templado de los muñones que incluyen los filetes de un cigüeñal, en este caso utilizando un espejo de barrido de un haz láser a lo largo del muñón.

Muchos enfoques de la técnica anterior para el tratamiento térmico (por ejemplo, endurecimiento) de piezas de trabajo (tales como los cigüeñales) basándose en un haz de energía se basan básicamente en proyectar el haz sobre la superficie a tratar, creando un punto en esa la superficie con el que el calentamiento de la superficie tiene lugar en correspondencia con ese lugar, y desplazando después ese punto a lo largo de y/o en toda la superficie que se va a endurecer, por ejemplo, siguiendo una pista serpenteante sobre dicha área superficial, hasta que toda el área superficial se haya calentado.

El documento WO- 2014/037281- A2, enseña un enfoque diferente, basado en la adaptación dinámica de la distribución de energía bidimensional de un punto, por ejemplo, un punto virtual o efectivo producido por el barrido bidimensional rápido y repetitivo de un punto primario. Por ejemplo, en una de las realizaciones divulgadas en el documento WO 2014/037281 - A2, un método para el endurecimiento por láser de una superficie de una pieza de trabajo comprende:

proyectar un haz de láser procedente de una fuente láser sobre un muñón del cigüeñal, a fin de producir un punto de láser en dicha área;
generar un movimiento relativo entre la superficie de la pieza de trabajo y la fuente de láser, por ejemplo, mediante el giro del cigüeñal, permitiendo así que el punto de láser se proyecte a continuación sobre diferentes porciones de dicha área superficial;
durante dicho movimiento relativo, barrer de forma repetida el haz láser a través de la porción respectiva del muñón en dos dimensiones con el fin de producir un punto de láser efectivo equivalente bidimensional en el muñón, teniendo dicho punto de láser efectivo una distribución de energía;
en el que la distribución de energía se adapta de manera que es diferente en una sub-área más sensible al calor, tal como en el área adyacente a un orificio de lubricación de aceite, que en una sub-área menos sensible al calor, a fin de evitar el sobrecalentamiento de la sub-área más sensible al calor. El barrido en dos dimensiones se puede realizar a una alta velocidad, de modo que el patrón de barrido utilizado para crear el punto efectivo se repite con una frecuencia de más de 10 Hz, 50 Hz, 100 Hz o más. Características tales como el patrón de barrido, la velocidad del punto primario a lo largo del patrón de barrido (por ejemplo, a lo largo de los diferentes

segmentos del mismo) y/o la potencia del haz de láser se pueden adaptar dinámicamente para optimizar la manera en que se realiza el calentamiento, para evitar el sobrecalentamiento de, por ejemplo, el área adyacente a un orificio de lubricación de aceite. El escáner, tal como un escáner bidimensional o tridimensional, se coloca ventajosamente a cierta distancia del muñón, una distancia varias veces superior a la del muñón. De este modo, el punto de láser primario se puede desplazar rápidamente a lo largo y a través de la superficie del muñón, sin requisitos extremadamente elevados en cuanto a la velocidad de los elementos del escáner, tales como los espejos de barrido. Además, de esta manera, el ángulo de incidencia del haz de láser sobre el muñón del cigüeñal es sustancialmente el mismo a lo largo de todo el muñón, desde un extremo del muñón hasta el otro extremo del muñón.

Las Figuras 2a-2c muestran cómo, cuando se aplican las enseñanzas del documento WO-2014/037.281-A2, la distribución de energía bidimensional de un punto de láser efectivo 12 (es decir, la distribución de energía a lo largo y a través de la superficie del objeto, es decir, la distribución de energía a lo largo y a través del punto efectivo como se ha proyectado sobre la superficie del objeto) se puede adaptar para dar cabida a un orificio de lubricación de aceite. El orificio de lubricación de aceite 1003 se sitúa en una superficie de un muñón de un cigüeñal, y dicha superficie se extiende en una primera dirección paralela al eje de giro del cigüeñal, y en una segunda dirección circunferencial W. En la Figura 2A, se utiliza un punto de láser efectivo equivalente sustancialmente rectangular 12, que tiene una porción de ataque 12A con mayor densidad de potencia y una porción secundaria 12B con menor densidad de potencia. Sin embargo, como se muestra en la Figura 2B, cuando el orificio de lubricación de aceite 1003 se aproxima al punto de láser efectivo 12 debido al movimiento relativo entre la superficie del cigüeñal y la fuente de láser debido, por ejemplo, al giro del cigüeñal alrededor de su eje longitudinal, la distribución de energía se adapta sustancialmente reduciendo la potencia o densidad de energía hacia el centro de la porción de ataque 12A, para evitar el sobrecalentamiento del área adyacente al orificio de lubricación de aceite 1003. Aquí, el punto de láser efectivo tiene sustancialmente forma de U. Posteriormente, una vez que el orificio de lubricación de aceite 1003 ha pasado la porción de ataque 12A, se restablece la distribución de energía original en la porción de ataque, mientras que la distribución de energía en la porción secundaria 12B se adapta para dar cabida al orificio de lubricación de aceite 1003, reduciendo la energía o densidad de potencia hacia el centro de la porción secundaria. Aquí, el punto de láser efectivo 12 adopta sustancialmente una forma de U invertida. Es decir, mientras el orificio de lubricación de aceite pasa a través del punto de láser efectivo, la distribución de energía se adapta para aplicar menos energía al área más sensible al calor adyacente al orificio de lubricación de aceite, que lo que se aplica a la superficie que se va a endurecer lejos de dicho orificio de lubricación de aceite. El área alrededor del orificio de lubricación de aceite puede endurecerse sin dañar la sub-área más sensible al calor adyacente al orificio de lubricación de aceite; las porciones laterales del punto de láser efectivo en forma de U sirven para endurecer las áreas a los lados del orificio de lubricación de aceite. El cambio en la distribución de energía ilustrado en las Figuras 2A-2C puede, por ejemplo, obtenerse adaptando el patrón de barrido, y/o adaptando la forma en que se distribuye la potencia del haz a lo largo del patrón de barrido (por ejemplo, adaptando la forma en que se activa y desactiva el haz de láser durante diferentes segmentos del patrón de barrido), y/o adaptando la velocidad de barrido en correspondencia con diferentes segmentos del patrón de barrido, etc.

La Figura 3 ilustra esquemáticamente cómo se ha endurecido la superficie de dos muñones de un cigüeñal en un área 1001A y 1002A, respectivamente, que se extiende a lo largo de una porción principal del muñón respectivo. En el caso del área endurecida 1001A, se extiende sobre la mayor parte del muñón principal 1001, desde cerca de un filete 1004 hasta cerca de otro filete 1004. Los filetes son del tipo muesca; este tipo de muesca se proporciona por lo general para el tratamiento de los filetes por laminación.

Descripción de la invención

A veces, puede ser deseable endurecer también los filetes, e incluso una porción de la pared más allá del filete; esta pared es con frecuencia generalmente perpendicular a la superficie del muñón. Por ejemplo, la Figura 4 ilustra esquemáticamente una sección transversal a lo largo de un eje longitudinal de un muñón de un cigüeñal, donde el endurecimiento se ha realizado no solo entre los filetes, sino también en los filetes y más allá de ellos. Como se muestra en la Figura 4, la región endurecida comprende una porción 1005A que extiende por encima del filete, a lo largo de parte de una de las paredes 1005, una porción 1004A en el filete, una porción 1001A correspondiente a la superficie del muñón 1001 entre los filetes, una porción 1004A en el otro filete, y una porción 1005A por encima de ese filete, en correspondencia con la pared opuesta 1005.

Un problema cuando se trata de obtener este tipo de endurecimiento utilizando el enfoque divulgado en el documento WO 2014/037281-A2 es que si bien el haz de láser es sustancialmente perpendicular a la superficie del muñón 1001, no será sustancialmente perpendicular a las paredes 1005. Esto se ilustra esquemáticamente en la Figura 5, que muestra un haz de láser 1 proyectado desde un escáner ilustrado esquemáticamente 2, el trazado de un patrón de barrido en uno de los muñones del cigüeñal se ilustra. Considerando que el haz de láser 1 será sustancialmente perpendicular a la superficie del cigüeñal a lo largo del muñón 1002, el ángulo de incidencia será diferente en los filetes, debido a su curvatura, y el haz de láser será realmente sustancialmente paralelo a las paredes 1005. Esto se puede entender cuando se observa la Figura 5, que ilustra esquemáticamente cómo un escáner, por ejemplo, un escáner bidimensional 2 se puede utilizar para enfocar un haz láser sobre un muñón 1002 de un cigüeñal, y desplazar rápidamente el punto de láser primario 11 siguiendo un patrón de barrido (ilustrado

esquemáticamente como un conjunto de líneas paralelas en la Figura 5) a fin de establecer un punto de láser virtual o efectivo más grande 12. Si bien este punto efectivo 12 se limita a la superficie del muñón entre los filetes 1004, y dado que se limita a una porción bastante restringida del muñón en la dirección circunferencial del muñón, el haz 1 será sustancialmente perpendicular a la superficie del muñón en todo el punto efectivo 12. Sin embargo, lo mismo no sería cierto si el punto efectivo se extendiera para cubrir los filetes y una porción de las paredes 1005 por encima de los filetes. Aquí, el ángulo de incidencia sería diferente; en realidad, como puede observarse en la Figura 5, el haz de láser es sustancialmente paralelo a la pared 1005.

Una posible solución a este problema, basada en las enseñanzas del documento DE-102010048645-A1, sería situar el escáner cerca del muñón 1002, entre las paredes 1005. De este modo, el haz de láser que se proyecta sobre las paredes ya no sería sustancialmente paralelo a las paredes. Sin embargo, este enfoque implicaría otros inconvenientes.

Uno de estos inconvenientes es que el ángulo de incidencia entre el haz de láser y la superficie del muñón variaría sustancialmente a medida que el haz es barrido a lo largo del muñón en paralelo con el eje longitudinal del muñón. Otro, y tal vez mayor, inconveniente es el hecho de que el escáner necesitaría realizar un barrido angular más grande del haz de láser. Cuando el escáner está relativamente lejos de la superficie del muñón, para barrer el haz desde un extremo hasta el extremo opuesto del muñón, solo se requiere una pequeña variación, por ejemplo, de unos pocos grados o menos, de la posición del espejo o espejos de barrido correspondientes o similar. Si el escáner se coloca mucho más cerca de la superficie, para un patrón de barrido dado, se debe aumentar el movimiento angular de los espejos.

También, para una velocidad dada del punto primario a lo largo del patrón de barrido o a lo largo de los segmentos del patrón de barrido, si el escáner se coloca mucho más cerca de la superficie, la velocidad de movimiento de los componentes tales como el espejo o espejos del escáner se tiene que aumentar en consecuencia. Esto puede ser problemático, especialmente si se desea una alta velocidad del punto primario, que es a menudo el caso, como a menudo se desea una alta tasa de repetición del patrón de barrido para minimizar las fluctuaciones de temperatura entre los barridos subsiguientes del punto primario a lo largo del patrón de barrido, como se explica en el documento WO 2014/037281-A2.

Un primer aspecto de la invención se refiere a un método para el tratamiento térmico de un cigüeñal, por ejemplo, con la finalidad de endurecimiento, ablandamiento, etc. El cigüeñal es de material ferroso, tal como acero, tal como acero de carbono medio.

El método comprende la etapa de calentar al menos una porción seleccionada del cigüeñal mediante:

la proyección un haz láser sobre una superficie del cigüeñal a fin de producir un punto primario en la superficie del cigüeñal,
la operación de un escáner con el fin de escanear de forma repetida el haz para desplazar el punto primario de acuerdo con un primer patrón de barrido con el fin de establecer un punto efectivo en la superficie del cigüeñal, teniendo dicho punto efectivo una distribución de energía bidimensional,
y el desplazamiento de dicho punto de eficaz en relación con la superficie del cigüeñal, por ejemplo, moviendo la superficie del cigüeñal en relación con el escáner o viceversa o ambos, para calentar progresivamente la al menos una porción seleccionada del cigüeñal. Es decir, el punto efectivo se puede desplazar hasta que toda la porción seleccionada del cigüeñal se ha calentado.

De acuerdo con la invención, el haz sigue una trayectoria óptica entre el escáner y el punto primario, y un dispositivo de desviación del haz se coloca en la trayectoria óptica para redirigir el haz sobre la superficie del cigüeñal.

El dispositivo de desviación de haz se coloca para que cuando el método se lleve a cabo, al menos en algunos momentos el dispositivo de desviación de haz se coloca entre dos paredes o contrapesos del cigüeñal. Una ventaja con la combinación descrita anterior de un escáner y un dispositivo de desviación de haz es que el dispositivo de desviación de haz puede colocarse en tal proximidad cercana al muñón de un cigüeñal a tratar con calor. El dispositivo de desviación de haz puede, por ejemplo, tener una dimensión relativamente pequeña, y una configuración muy simple, tal como en forma de un espejo con dos o más superficies reflectantes colocadas en un ángulo entre sí, o un espejo con solo una superficie curvada.

Por lo tanto, y mientras que el escáner como tal puede colocarse a una cierta o considerable distancia con respecto a la superficie sobre la que se proyecta el haz (por ejemplo, para permitir un movimiento relativamente rápido del punto primario a lo largo del primer patrón de barrido con movimiento relativamente lento del espejo o espejos del escáner o de otros dispositivos de desviación del haz del escáner, y/o para permitir una extensión relativamente grande del primer patrón de barrido en al menos una dirección sin requerir una amplitud muy grande del movimiento angular del espejo o espejos correspondientes u otros dispositivos de desviación del escáner), el dispositivo de desviación del haz se puede colocar más cerca de la superficie del cigüeñal, tal como relativamente cerca de la superficie, por ejemplo, incluso entre los contrapesos. Por ejemplo, en algunas realizaciones de la invención, el escáner se puede colocar a una distancia de 100-1000 mm o más desde la superficie sobre la que se proyecta el

punto primario, mientras que el dispositivo de desviación del haz se puede colocar a una distancia de 10 a 100 mm desde esa superficie. En muchas realizaciones de la invención, el dispositivo de desviación del haz es generalmente bastante pequeño y el diseño del mismo es simple, y su función es principalmente redirigir el haz hacia diferentes sub-porciones de la porción seleccionada que se va a calentar. Por ejemplo, en un momento el dispositivo de desviación del haz puede redirigir el haz hacia el muñón del cigüeñal y en otro momento hacia un filete y/o a la pared en un extremo del muñón, y en otro momento hacia el filete y/o a la pared del otro extremo del muñón. Estos diferentes momentos pueden corresponder a diferentes partes de un patrón de barrido seguido por el haz que viene del escáner, es decir, diferentes partes del patrón de barrido del haz. Por lo tanto, durante un barrido del haz a lo largo de su patrón de barrido, el haz se puede redirigir secuencialmente al muñón, al filete y/o a la pared en un extremo del muñón, y al filete y/o a la pared en el otro extremo del muñón.

Con ello, un escáner colocado a una cierta o considerable distancia del muñón del cigüeñal se puede combinar con un ángulo apropiado entre el haz de láser y el muñón, sus filetes y las porciones de pared adyacentes del cigüeñal. Por ejemplo, en las realizaciones cuando el cigüeñal es un cigüeñal de un automóvil o camión, el escáner se puede colocar normalmente a una distancia de 100 mm a 1000 mm o más con respecto al muñón que se va a calentar, mientras que el dispositivo de desviación del haz se puede colocar mucho más cerca del muñón, por ejemplo, a una distancia de 10 a 100 mm desde la superficie del muñón. A menudo se desea que la distancia entre la superficie efectiva del dispositivo de desviación del haz y el muñón no sea mucho mayor que la anchura del muñón, tal como no más de 1; 1,5 o 2 veces la anchura del muñón, con el fin de proporcionar ángulos de incidencia apropiados entre el haz y las diferentes sub-porciones de la superficie que se va a calentar.

Es decir, debido a la utilización del dispositivo de desviación del haz, el primer patrón de barrido se puede extender a través de diferentes porciones del cigüeñal, tales como sobre el muñón y los filetes y también sobre las paredes adyacentes a los filetes, mientras que el ángulo entre el haz y la superficie correspondiente siempre será mucho mayor que 0, por ejemplo, siempre mayor que 30 grados, 45 grados, 60 grados o más. Por lo tanto, se supera el inconveniente explicado anteriormente en relación con la Figura 5. El dispositivo de desviación del haz puede, por lo tanto, utilizarse para redirigir el haz durante el barrido del haz.

La porción seleccionada del cigüeñal que se va a tratar puede incluir un muñón, así como los filetes en los extremos del muñón y/o las porciones de las paredes adyacentes a los filetes.

El método puede ser especialmente ventajoso en el caso del tratamiento térmico de objetos que presentan formas complejas, por ejemplo, cuando porciones de superficie con diferentes orientaciones en el espacio se deben someter a tratamiento térmico utilizando un escáner.

El punto efectivo se puede crear y adaptar utilizando, por ejemplo, cualquiera de las técnicas descritas en el documento WO-2014/037281-A2.

De acuerdo con la invención descrita, en un momento dado, el punto efectivo generado por el barrido del punto primario calienta parte de dicha parte seleccionada, y el punto efectivo se desplaza sobre la superficie del cigüeñal hasta que la porción seleccionada se ha calentado como se desea. El desplazamiento del punto efectivo en relación con la superficie se puede realizar de acuerdo con un segundo patrón de barrido. Es decir, el punto real/primario, es decir, el punto producido por el haz en cualquier momento dado, se barre de acuerdo con un primer patrón de barrido para crear el punto efectivo, y este punto efectivo se puede desplazar de acuerdo con el segundo patrón de barrido. Por lo tanto, se combinan o superponen dos tipos de movimiento: el movimiento del punto primario de acuerdo con el primer patrón de barrido, y el movimiento del punto efectivo de acuerdo con el segundo patrón de barrido, que en algunas realizaciones de la invención puede ser una línea recta simple. Por ejemplo, el punto efectivo se puede desplazar en relación con la superficie de un muñón incluidos los filetes y las porciones de pared adyacentes a los filetes, mediante el giro del cigüeñal, de modo que se desplaza el punto efectivo en la dirección circunferencial del muñón.

La expresión "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 punto primario a lo largo del primer patrón de barrido. Cuando el punto efectivo se proyecta sobre una porción o área no plana, tal como una porción o área curva tal como una porción o área con curvas, la expresión "distribución de energía bidimensional" se refiere a cómo se distribuye la energía a lo largo y ancho la superficie del cigüeñal, es decir, la distribución de energía a lo largo y a través del punto efectivo según se proyecta sobre la superficie del cigüeñal.

El primer patrón de barrido se determina generalmente por, al menos, un patrón de barrido del haz según el que el haz se barre por el escáner, y el dispositivo de desviación del haz que redirige el haz. Por tanto, tanto el escáner como el dispositivo de desviación del haz determinan, en combinación, el primer patrón de barrido, es decir, el patrón de barrido seguido por el punto primario en la superficie del cigüeñal.

La presente invención permite un calentamiento relativamente rápido de un área sustancial de la superficie del cigüeñal, 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, calentar una cierta región o área del

cigüeñal en un grado deseado en términos de temperatura y duración puede lograrse más rápidamente que si el calentamiento se realiza simplemente desplazando el punto primario sobre toda el área, por ejemplo, siguiendo un movimiento sinusoidal o patrón sinuoso, o una línea recta. El uso de un punto efectivo que tiene un área relativamente grande permite una alta productividad mientras 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 más pequeña que la del punto efectivo. Por ejemplo, en algunas realizaciones de la invención, el punto primario tiene un tamaño de menos de 4 mm^2, tal como menos de 3 mm^2, al menos durante parte del proceso. El tamaño del punto primario se puede modificar durante el proceso, a fin de optimizar la forma en que cada porción específica del cigüeñal se trata térmicamente, en términos de calidad y productividad.

Por otro lado, el uso de un punto efectivo creado al barrer el punto primario de forma repetida en dos dimensiones de acuerdo con un primer patrón de barrido, hace posible establecer un punto efectivo que tiene una distribución de energía bidimensional seleccionada, que es sustancialmente independiente de las ópticas específicas (lentes, espejos, etc.) que se utilizan, y que se pueden personalizar y adaptar para proporcionar un calentamiento mejorado u optimizado del cigüeñal, desde diferentes puntos de vista, incluida la velocidad con la que se completa el tratamiento térmico (por ejemplo, en términos de cm^2 por minuto o en términos de unidades terminadas por hora), y la calidad. Por ejemplo, el calor se puede distribuir de modo que una porción de ataque del punto efectivo tenga una densidad de energía mayor que una porción secundaria, aumentando así la velocidad con la que se alcanza la temperatura deseada de la superficie, mientras que la porción secundaria puede servir para mantener el calentamiento durante un tiempo suficiente para alcanzar la profundidad y/o calidad deseada, optimizando así la velocidad con la que se puede desplazar el punto efectivo en relación con la superficie del cigüeñal, sin renunciar a la calidad del tratamiento térmico. Además, la distribución de energía bidimensional se puede adaptar dependiendo de las características del cigüeñal, por ejemplo, para aplicar menos calor en áreas adyacentes a un borde del objeto o a una abertura en el cigüeñal – tal como un orificio de lubricación de aceite en el cigüeñal-, donde el enfriamiento debido a la transferencia de calor es más lento. Además, el punto efectivo se puede adaptar de acuerdo con la forma tridimensional del cigüeñal, por ejemplo, para adaptar el calentamiento a la curvatura, anchura, etc., del cigüeñal en el área que se está calentando, y a la configuración de la porción del cigüeñal que se va a calentar. La forma del punto efectivo y/o la distribución de energía bidimensional se pueden adaptar siempre que sea necesario, adaptando así el proceso a la porción específica del cigüeñal que se va a calentar en cualquier momento dado. En algunas realizaciones de la invención, la distribución de energía bidimensional puede variarse en función del sitio de irradiación respectivo en el cigüeñal, 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 sobre la dureza, rigidez, suavidad, ductilidad, etc.

Además, utilizar el punto efectivo, creado por el barrido del punto primario, aumenta la flexibilidad en términos de, por ejemplo, la adaptación de un sistema a diferentes cigüeñales a producir. Por ejemplo, la necesidad de sustituir o adaptar la óptica involucrada se puede reducir o eliminar. La adaptación con más frecuencia se puede realizar, al menos en parte, adaptando simplemente el software que controla el barrido del punto primario y, de este modo, la distribución de energía bidimensional del punto efectivo.

La expresión “primer patrón de barrido” no implica que el punto primario seba seguir siempre un mismo patrón de barrido al crear el punto efectivo, sino que solo pretende distinguir el patrón de barrido del punto primario que se utiliza para crear el punto efectivo, del patrón de barrido o de la pista a lo largo de la que el punto efectivo se desplaza o barre en relación con el cigüeñal que se ve sometido al tratamiento térmico; el patrón de barrido seguido por el punto de eficaz se refiere a veces como un segundo patrón de barrido.

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

En la mayoría de los sistemas de la técnica anterior para el tratamiento térmico mediante un haz de energía, el área que está siendo calentada en cada momento corresponde sustancialmente al punto primario proyectado por el haz sobre la superficie. Es decir, en la mayoría de disposiciones de la técnica anterior, el área que está siendo calentada en cada momento tiene un tamaño que corresponde sustancialmente al del punto primario, y la anchura de la pista que está siendo calentada corresponde sustancialmente a la anchura del punto primario en la dirección perpendicular a la dirección en la que se está desplazando el punto primario, que a su vez se ha determinado por la fuente del haz, tal como un láser, y medios de conformación del haz, tales como la óptica utilizada.

Por supuesto, la presente invención no excluye la posibilidad de realizar parte del tratamiento térmico que opera con el punto primario de manera convencional. Por ejemplo, el punto primario se puede desplazar para realizar el

calentamiento en correspondencia con el perímetro o contorno de una región que se va a calentar, o realizar el calentamiento de ciertos detalles del cigüeñal que está siendo calentado, mientras que el punto efectivo descrito anteriormente se puede utilizar para realizar el calentamiento de otras partes o regiones de la superficie, tal como una parte principal de una región que se va a calentar. La persona experta elegirá la medida en que el punto efectivo en lugar del punto primario se utilizará para realizar el calentamiento, dependiendo de temas tales como la productividad y la necesidad de adaptar cuidadosamente el contorno de una región que se va a calentar o una cierta porción de un cigüeñal que está siendo sometido a tratamiento térmico. Por ejemplo, es posible utilizar el punto primario para delinear una región que se va a calentar, mientras que el punto efectivo se utiliza para calentar la superficie dentro de la región contorneada. En algunas realizaciones de la invención, durante el proceso, el primer patrón de barrido se puede modificar para reducir el tamaño del punto efectivo hasta que termina correspondientemente al punto primario, y viceversa.

Es decir, no es necesario utilizar el punto efectivo para realizar la totalidad del calentamiento que tiene que tener lugar durante el tratamiento térmico del cigüeñal. Sin embargo, al menos parte del tratamiento térmico se realiza utilizando el punto efectivo descrito anteriormente. Por ejemplo, puede ser preferible que durante al menos el 50 %, 70 %, 80 % o 90 % del tiempo durante el que se aplica el haz al cigüeñal, se aplica a fin de establecer el punto de eficaz como se ha explicado anteriormente, es decir, barriendo de forma repetitiva el punto primario de acuerdo con el primer patrón de barrido.

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 cigüeñal. De este modo, la adaptación del punto efectivo al área o región del cigüeñal que se está calentado se puede lograr, por ejemplo, a fin de evitar el sobrecalentamiento del área adyacente a un orificio de lubricación de aceite. La expresión adaptación dinámica pretende indicar el hecho de que la adaptación puede tener lugar dinámicamente durante el desplazamiento del punto efectivo. Diferentes medios se pueden utilizar para lograr este tipo de adaptación dinámica, algunos de los que se mencionan a continuación. Por ejemplo, en algunas realizaciones de la invención, el escáner se puede operar para lograr la adaptación dinámica (por ejemplo, mediante la adaptación de la operación de espejos galvánicos u otros medios de barrido, a fin de modificar el primer patrón de barrido y/o la velocidad del punto primario a lo largo del patrón de barrido 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. Un control de bucle abierto o de bucle cerrado se puede utilizar para controlar la adaptación dinámica. La adaptación dinámica puede afectar la forma en que se distribuye la energía dentro de un área determinada del punto efectivo, y/o la forma real del punto efectivo, y por lo tanto, la forma del área que se va a calentar en un momento dado (sin tener en cuenta el hecho de que el punto primario está en movimiento, y solo teniendo en cuenta el punto efectivo). Por ejemplo, la longitud y/o la anchura del punto efectivo se pueden adaptar de forma dinámica durante el proceso.

En algunas realizaciones de la invención, la adaptación de la distribución de energía bidimensional del punto efectivo se realiza mediante la adaptación de la potencia del haz, tal como activando y desactivando selectivamente el haz. Esto incluye la interrupción del haz en su origen, así como otras opciones tales como la interrupción del haz por la interferencia con la trayectoria del haz, por ejemplo, con un obturador, y combinaciones de los mismos. Por ejemplo, cuando se utiliza un láser tal como un láser de fibra, el haz láser se puede activar y desactivar muy rápidamente, por lo que es posible obtener una distribución de energía deseada activando y desactivando el haz de láser mientras se sigue el patrón de barrido. Por tanto, el calentamiento se puede lograr activando el haz de láser durante ciertas líneas o partes de líneas del patrón de barrido. Por ejemplo, un enfoque pixelado se puede adoptar, de acuerdo con el que la distribución de energía bidimensional se determina por el estado activación/desactivación del láser durante las diferentes porciones o segmentos del primer patrón de barrido.

En algunas realizaciones de la invención, la adaptación de la distribución de energía bidimensional del punto efectivo se realiza mediante la adaptación del primer patrón de barrido.

En algunas realizaciones de la invención, la adaptación de la distribución de energía bidimensional del punto efectivo se realiza mediante la adaptación de la velocidad con la que el punto primario se mueve a lo largo de al menos una porción del primer patrón de barrido.

Es decir, la distribución de energía bidimensional se puede adaptar mediante la adaptación de, por ejemplo, la potencia del haz -por ejemplo, por el cambio entre diferentes estados de energía tal como entre ACTIVADO y DESACTIVADO, y/o mediante la adaptación del patrón de barrido, por ejemplo, añadiendo o dejando fuera segmentos, o modificando la orientación de los segmentos, o cambiando completamente un patrón por otro, y/o mediante la adaptación de la velocidad con que el haz se mueve a lo largo del patrón de barrido, tal como a lo largo de uno o más segmentos del mismo. La elección entre diferentes medios para la adaptación de la distribución de energía bidimensional se puede hacer basándose en circunstancias tales como la capacidad del equipo para cambiar rápidamente entre los estados de energía 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 barrido.

En algunas realizaciones de la invención, el enfoque del haz se adapta dinámicamente durante el desplazamiento del punto primario a lo largo del primer patrón de barrido y/o durante el desplazamiento del punto de eficaz en

relación con el cigüeñal que se produce. Por ejemplo, cuando se utiliza un haz de láser, el enfoque de láser a lo largo del eje óptico se puede modificar de forma dinámica durante el proceso, por ejemplo, a fin de variar o mantener el tamaño del punto de láser primario mientras está siendo desplazado a lo largo de la primera barrido patrón, y/o mientras que el punto de láser efectivo está siendo desplazado en relación con la superficie del cigüeñal. Por ejemplo, el enfoque óptico se puede adaptar para mantener el tamaño de la constante de punto primario, mientras que el punto primario se mueve sobre la superficie del cigüeñal (por ejemplo, para compensar la variación de distancias entre la fuente de láser o el escáner y la posición del punto de láser primario en la superficie del cigüeñal).

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 barrido y/o durante el desplazamiento del punto de eficaz en relación con la superficie del cigüeñal, a fin de modificar la distribución de energía bidimensional y/o el tamaño del punto efectivo.

En algunas realizaciones de la invención, durante al menos una etapa del método, el punto efectivo comprende una porción de ataque que tiene una densidad de energía más alta que una porción posterior del punto efectivo (esta disposición puede ser preferida cuando se desea alcanzar rápidamente una cierta temperatura, y después de ello proporciona suficiente energía de entrada que, por ejemplo, mantiene el material a la temperatura requerida para una cierta cantidad de tiempo), o el punto efectivo comprende una porción de ataque que tiene una densidad de energía más baja que una porción posterior del punto efectivo (esta disposición puede ser preferida cuando se desea primero de precalentamiento del material durante algún tiempo, antes de que alcance una cierta temperatura). En algunas realizaciones de la invención, el punto efectivo comprende una porción intermedia que tiene una densidad de energía más alta que una porción de ataque y una porción secundaria del punto efectivo. En algunas realizaciones de la invención, el punto efectivo cuenta con una distribución de energía sustancialmente uniforme, con una densidad de energía sustancialmente constante a lo largo del punto efectivo.

Como se ha indicado anteriormente, la distribución de energía bidimensional se puede adaptar de forma dinámica mientras que el método se realiza, por ejemplo, de modo que es diferente en relación con las diferentes porciones de la superficie del cigüeñal.

En algunas realizaciones de la invención, la velocidad media o promedio del punto primario a lo largo del primer patrón de barrido es sustancialmente mayor que la velocidad media o promedio con la que el punto efectivo se desplaza en relación con la superficie del cigüeñal. Por ejemplo, la velocidad promedio del punto primario a lo largo del primer patrón de barrido puede ser preferentemente al menos diez veces mayor, más preferentemente al menos 100 veces mayor, que la velocidad media con la que el punto efectivo se desplaza en relación con el cigüeñal. 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 barrido.

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

En algunas realizaciones de la invención, el tamaño (es decir, el área) del punto efectivo, tal como el tamaño medio del punto efectivo durante el proceso o el tamaño del punto efectivo durante al menos un momento del proceso, tales como el tamaño máximo del punto efectivo durante el proceso, es más de 4, 10, 15, 20 o 25 veces el tamaño del punto primario. Por ejemplo, en algunas realizaciones de la invención, un punto primario que tiene un tamaño en el orden de 3 mm^2 se puede utilizar para crear un punto de eficaz que tiene un tamaño de más de 10 $mm^{2,}$ tal como más de 50 o 100 mm^2 o más. El tamaño del punto efectivo se puede modificar dinámicamente durante el proceso, pero un tamaño medio grande puede ser preferible, a menudo, para mejorar la productividad, y un tamaño máximo grande puede ser útil para mejorar la productividad durante al menos parte del proceso.

El método se puede realizar bajo el control de medios de control electrónicos, tales como un ordenador.

Como se ha indicado anteriormente, el primer patrón de barrido se determina al menos en parte por la forma en la que el haz se barre por el escáner, es decir, el patrón de barrido del haz. También se ve influenciado por el dispositivo de desviación del haz. En algunas realizaciones de la invención, el primer patrón de barrido y/o el patrón de barrido del haz es un patrón de barrido poligonal que comprende una pluralidad de líneas. Por ejemplo, la (primera y/o del haz) patrón de barrido puede ser un polígono tal como un triángulo, un cuadrado o un rectángulo, un pentágono, un hexágono, un heptágono, un octógono, etc. El polígono no tiene que 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 las líneas se encuentran pueden ser redondeados, etc.

En algunas realizaciones de la invención, el primer patrón de barrido y/o el patrón de barrido del haz comprenden una pluralidad de líneas, tales como una pluralidad de líneas rectas o curvas, que en algunas realizaciones de la invención se disponen 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 barrido y/o el patrón de barrido del haz comprenden al menos tres segmentos, y dicho barrido del haz de energía se realiza de manera que dicho haz y/o punto primario siguen al menos uno de dichos segmentos con más frecuencia de lo que siguen al menos otro de dichos segmentos. Esta disposición es ventajosa porque mejora la flexibilidad y la forma en la que el patrón de barrido se puede utilizar para proporcionar una distribución de energía simétrica o sustancialmente simétrica adecuada y, siempre que se desee. Por ejemplo, uno de dichos segmentos se puede utilizar como una trayectoria o puente seguido por el haz cuando se mueve entre otros dos segmentos, de modo que la transferencia del punto proyectado por el haz entre las diferentes porciones (tales como un comienzo y un final) del patrón de barrido se puede realizar utilizando segmentos (tales como segmentos intermedios) del patrón de barrido para la transferencia, por lo que la transferencia se puede realizar, a menudo, sin la necesidad de desactivar 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 patrón de barrido comprende al menos tres líneas rectas o curvas sustancialmente paralelas distribuidas una tras otra en una primera dirección, extendiéndose por lo general 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 el barrido del haz se realiza de modo que el haz y/o punto primario siguen dicha línea intermedia más frecuentemente que lo que dicho haz sigue dicha primera línea y/o dicha última línea. Es decir, por ejemplo, el haz puede en un hacer seguimiento medio de dicha línea intermedia el doble de veces que realiza el seguimiento de dicha primera línea y dicha última línea, por ejemplo, el haz de luz puede viajar a lo largo de la línea intermedia cada vez que se mueve de la primera línea hacia la última línea, y viceversa. Es decir, la línea o líneas intermedias pueden servir como una especie de puente seguido por el haz y/o por el punto proyectado cuando se mueve entre la primera y la última línea.

Se ha encontrado que esta disposición es práctica y fácil de implementar, y se ha encontrado que distribuciones de energía adecuadas pueden, a menudo, obtenerse mediante la adaptación de la velocidad de barrido y sin adaptar sustancialmente la potencia del haz. También es posible modificar la potencia del haz durante el barrido con el fin de adaptar la distribución de energía, pero un cambio rápido de potencia no siempre es posible o deseable, y tener el haz de láser, a un nivel de potencia bajo o desconectado durante partes sustanciales del ciclo de barrido puede implicar un uso sub-óptimo de la capacidad del equipo, lo que puede ser una desventaja seria cuando el de láser, se utiliza para el tratamiento térmico de cigüeñales. Por lo tanto, a menudo es deseable operar con el haz plenamente en el estado activado, para aprovechar al máximo de la potencia disponible.

A menudo es deseable utilizar tres o más líneas dispuestas de esta manera, es decir, una tras otra en una dirección diferente, como perpendicular, con respecto a la dirección a lo largo de la que se extienden las líneas, a fin de lograr una extensión sustancial del punto efectivo no solo en la dirección a lo largo de las líneas, sino también en la otra dirección, a fin de hacer el punto efectivo sea suficiente para calentar un área suficientemente ancha hasta una temperatura suficientemente alta y mantener la temperatura al nivel o niveles deseados durante suficiente tiempo, permitiendo al mismo tiempo que el punto efectivo viaje con una velocidad relativamente alta, permitiendo de ese modo una alta productividad. Por lo tanto, una extensión sustancial del punto efectivo en dos dimensiones es a menudo una ventaja.

En algunas realizaciones de la invención, el primer patrón de barrido o del haz comprende al menos tres líneas o segmentos sustancialmente paralelos, distribuidos uno tras otro en una primera dirección, como en la dirección a lo largo de la que el punto efectivo se desplaza 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, 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 barrido del haz se realiza de modo que el haz y/o el punto proyectado se barre a lo largo de dichas líneas de acuerdo con una secuencia de acuerdo con la que el haz y/o 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.

La definición anterior no significa que el barrido tenga que empezar con la primera línea, sino que solo indica la secuencia de acuerdo con la que el haz y/o el punto recorren o siguen las líneas antes mencionadas del patrón de barrido. Además, no excluye que en el medio (por ejemplo, antes o después) siguiendo algunas o todas las líneas indicadas anteriormente, el haz y/o el punto puedan seguir otras líneas, como las líneas que interconectan la primera, la última y las líneas intermedio, y/o líneas intermedias adicionales.

Es decir, en estas realizaciones, después de moverse a lo largo de la primera línea, el haz y/o el punto siguen siempre dicha línea intermedia dos veces antes de pasar a lo largo de la primera línea de nuevo. Considerando que un enfoque más directo podría haber sido realizar el barrido de modo que después de dicha última línea el haz y su punto proyectado retornen directamente a dicha primera línea, se ha encontrado que la secuencia seguida de

acuerdo con estas realizaciones de la invención es adecuada para conseguir una distribución de energía simétrica alrededor de un eje de simetría que se extiende en dicha primera dirección.

En algunas realizaciones de la invención, el patrón de barrido comprende una pluralidad de dichas líneas intermedias. El número de líneas se puede elegir por el operario o el diseñador de proceso o el diseñador del equipo dependiendo de, por ejemplo, el tamaño del punto primario proyectado por el haz y 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 un mayor número de líneas se puede utilizar, tal como cuatro, cinco, seis, diez o más líneas, cuando se cuenta la primera, la última y las líneas intermedias. En algunas realizaciones de la invención, el número de líneas se modifica para modificar la distribución de energía, mientras que el punto efectivo se desplaza a lo largo de la porción de superficie donde el calentamiento se tiene que realizar.

En algunas realizaciones de la invención, el haz y/o el punto primario se desplazan con una mayor velocidad a lo largo de dicha al menos una línea intermedia que a lo largo de dicha primera línea y última línea. Esto se prefiere a menudo a fin de lograr una adecuada distribución de energía en dicha primera dirección, al menos durante una parte o una parte 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 algunas de las mismas, compensa el hecho de que el haz se mueve a lo largo de dichas líneas intermedias con el doble de frecuencia de lo que se mueve a lo largo de la primera y última líneas. Por ejemplo, la velocidad del haz y/o el punto primario a lo largo de las líneas intermedias pueden en algunas realizaciones de la invención ser aproximadamente el doble de la velocidad del haz/punto a lo largo de la primera y/o última líneas. 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. A continuación, la velocidad con la que el punto efectivo se desplaza a lo largo de diferentes líneas o segmentos del patrón de barrido se puede modificar dinámicamente mientras el punto efectivo se desplaza a lo largo del área donde se realizará el calentamiento, por ejemplo, para adaptar la distribución de energía para optimizar la forma en que el proceso se realiza, por ejemplo, con el fin de aumentar la calidad del producto, por ejemplo, el endurecimiento y/o templado.

En algunas realizaciones de la invención, el patrón de barrido comprende, además, líneas que se extienden en dicha primera dirección, entre los extremos de la primera, última y líneas intermedias, con lo que el haz y/o el punto primario siguen dichas líneas que se extienden en dicha primera dirección cuando se mueven entre dicha primera línea, dichas líneas intermedia y dicha última línea. En algunas realizaciones de la invención, el haz/punto se desplaza con una mayor velocidad a lo largo de dicho 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.

En algunas realizaciones de la invención, el haz se desplaza a lo largo del patrón de barrido sin tener que activar y desactivar el haz y/o mientras se mantiene la potencia del haz sustancialmente constante. Esto hace que sea posible realizar el barrido a gran velocidad sin tener en cuenta la capacidad de los equipos, tales como equipos de láser, para cambiar entre los diferentes niveles de potencia, tales como por ejemplo entre activación y desactivación, y hace que sea posible utilizar equipos que pueden no permitir un cambio muy rápido entre niveles de potencia. Además, se proporciona el uso eficaz de la potencia de salida disponible, es decir, de la capacidad del equipo en términos de potencia.

En algunas realizaciones de la invención, el primer patrón de barrido se puede implementar 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, la trayectoria óptica comprende una primera parte que se extiende entre el escáner (por ejemplo, un último espejo de barrido o una lente de enfoque del escáner) y el dispositivo de desviación del haz, y una segunda parte que se extiende entre el dispositivo de desviación del haz y el punto primario, siendo la segunda parte más pequeña que dicha primera parte. Es decir, básicamente, el dispositivo de desviación del haz se coloca más cerca del punto primario que del escáner. Como se ha indicado anteriormente, a menudo se desea tener el escáner a una distancia sustancial desde la superficie sobre la que se proyecta el punto primario, para permitir un primer patrón de barrido extenso y/o alta velocidad del punto primario a lo largo del patrón de barrido, sin requerir movimientos angulares amplios y rápidos de los componentes de desviación del haz del escáner, tales como el espejo o espejos del escáner. Por el contrario, a menudo se desea tener el dispositivo de desviación del haz relativamente cerca de las porciones de superficie que se van a tratar térmicamente, por ejemplo, puede ser preferible tener el dispositivo de desviación del haz colocado de manera que durante el giro del cigüeñal, se coloque entre los contrapesos o paredes adyacentes a los muñones, de modo que el haz pueda dirigirse desde el dispositivo de desviación del haz y en las paredes, filetes y también en el muñón del cigüeñal, bajo un ángulo que sea lo más cercano a 90 grados como sea posible, preferentemente mayor que 30 grados y aún más preferentemente mayor que aproximadamente 45 grados. En el caso de los cigüeñales para vehículos de motor, tales como automóviles y camiones, la primera parte puede a veces estar preferentemente en el intervalo de 200-1000 mm o más, mientras que la segunda parte está preferentemente en el intervalo de 10-100 mm, incluyendo puntos finales de los intervalos. En algunas realizaciones de la invención una superficie eficaz del dispositivo de desviación del haz (es

decir, una superficie por la que se refleja el haz, por ejemplo) se coloca preferentemente a una distancia de la superficie del muñón que se va a calentar de no es más de 1; 1,5 o 2 veces la anchura del muñón (es decir, la longitud del muñón a lo largo de su eje longitudinal).

En algunas realizaciones de la invención, el dispositivo de desviación del haz es un espejo. Un espejo es un dispositivo de desviación del haz adecuado para redirigir, un haz láser.

En algunas realizaciones de la invención, el dispositivo de desviación del haz comprende una pluralidad de regiones, y la etapa de operar el escáner comprende dirigir el haz a al menos dos regiones diferentes de dicha pluralidad de regiones, cada una de dicha pluralidad de regiones correspondientes a al menos una parte de dicho primer patrón de barrido. Dichas regiones pueden, por ejemplo, comprender diferentes regiones de un espejo curvo, o diferentes regiones o segmentos planos o sustancialmente planos de un espejo orientado en diferentes ángulos en relación con el escáner. Por tanto, durante el barrido del haz para hacer que el punto primario sigua el primer patrón de barrido, el haz se puede desviar, por el dispositivo de desviación del haz, hacia diferentes porciones del cigüeñal, por ejemplo, durante una porción del primer patrón de barrido el haz de luz se puede desviar hacia un muñón y/o filetes del cigüeñal, y durante otras porciones del primer patrón de barrido el haz de luz se puede dirigir hacia los filetes y/o las paredes adyacentes a los filetes.

En algunas realizaciones de la invención, el espejo comprende al menos tres porciones de superficie sustancialmente planas diferentes con diferentes orientaciones espaciales, es decir, orientadas en diferentes ángulos con respecto al escáner, de modo que cada una de estas porciones de superficie se pueden disponer para redirigir el haz hacia una porción o región seleccionada del cigüeñal. De este modo, durante el barrido del haz de láser con el escáner, el haz puede secuencialmente desviarse primero por una de dichas porciones, a continuación, por otra de dichas porciones y, a continuación, por una tercera una de dichas porciones, y por lo tanto reorientarse hacia diferentes porciones del cigüeñal que se va a tratar térmicamente. El uso de porciones de espejo planas puede, a veces, ser preferible para reducir la deformación de la forma del punto primario. En algunas realizaciones de la invención las tres porciones de superficie sustancialmente planas diferentes comprenden una primera porción de superficie, una segunda porción de superficie y una tercera porción de superficie, y el método comprende utilizar la primera porción de superficie para dirigir el haz hacia un muñón del cigüeñal, utilizar la segunda porción de superficie para dirigir el haz hacia un filete y/o en la pared en un primer extremo del muñón, y utilizar la tercera porción de superficie para dirigir el haz hacia un filete (1004) y/o en la pared en un segundo extremo del muñón. Se ha encontrado que de esta manera, se hace posible calentar tanto el muñón como las paredes, así como los filetes con un haz dirigido hacia las porciones de superficie correspondientes en un ángulo apropiado, especialmente un haz que está lejos de ser paralelo a las porciones de superficie, superando así el problema explicado en relación con la Figura 5. Por ejemplo, con el dispositivo de desviación del haz colocado cerca del muñón, tal como una distancia desde el muñón similar a la anchura del muñón, el ángulo se puede mantener por encima de 30 grados, preferentemente por encima de 45 grados.

En algunas realizaciones de la invención, la segunda porción de superficie y la tercera porción de superficie se disponen una frente a la otra en un ángulo de más de 100 grados y de menos de 170 grados. De este modo, cada una de estas porciones puede servir para dirigir el haz hacia el filete más lejano más alejado de las mismas, es decir, una izquierda de estas porciones de superficie puede redirigir el haz hacia la derecha, y una derecha de estas porciones de superficie puede redirigir el haz hacia la izquierda, facilitando de este modo que el haz alcance el filete y/o la pared con un ángulo tan cercano a la perpendicular como sea posible, preferentemente mayor que 45 grados.

En algunas realizaciones de la invención, el espejo comprende al menos una porción curva para desviar el haz. Un espejo con una curvatura, tal como un espejo con una sección transversal que tiene la forma de un segmento de un círculo, tal como un espejo sustancialmente en forma de U o parabólico, puede implicar ciertas ventajas, tales como que la re-dirección del haz puede tener lugar sin saltos repentinos, tales como los saltos que pueden ocurrir cuando el haz se desplaza de una de las porciones planas a otra de las porciones planas de las realizaciones descritas anteriormente, debido a la discontinuidad en la frontera entre dos porciones planas con un ángulo entre sí. Sin embargo, una desventaja con un espejo curvo es que puede distorsionar la forma del punto primario. Esto no siempre se desea.

En algunas realizaciones de la invención, el dispositivo de desviación del haz y el escáner se desplazan en sincronización entre sí. Por ejemplo, el dispositivo de desviación del haz se puede fijar o acoplar al escáner directa o indirectamente de manera que se mueve con el escáner, o el dispositivo de desviación del haz se puede desplazar por medios de accionamiento separados, por ejemplo, sincronizados con los del escáner. El dispositivo de desviación del haz y el escáner pueden operar como una unidad y desplazarse como una unidad en relación con el cigüeñal, por ejemplo, antes de iniciar el tratamiento térmico de una porción del cigüeñal -por ejemplo, situar el escáner y el dispositivo de desviación del haz en una posición longitudinal adecuada a lo largo del cigüeñal, como en correspondencia con un muñón seleccionada de un cigüeñal-, y/o durante dicho tratamiento térmico -por ejemplo, a fin de mantener la distancia a una superficie de un muñón de barra durante el giro del cigüeñal alrededor de la eje de los muñones principales-.

En algunas realizaciones de la invención, el dispositivo de desviación del haz es estático en relación con el escáner.

Lo que se quiere decir con esto es que el dispositivo de desviación del haz no se utiliza de forma activa para desplazar el punto primario. Más bien, el desplazamiento del punto primario se controla por el escáner. El dispositivo de desviación del haz solo sirve para desviar el haz recibido desde el escáner. El dispositivo de desviación del haz puede comprender una pluralidad de regiones para redireccionar el haz a diferentes partes o subporciones del cigüeñal. Por lo tanto, para un dispositivo de desviación del haz dado, el primer patrón de barrido se determina sustancialmente por la forma en la que el haz se barre por el escáner. En otras realizaciones de la invención, el dispositivo de desviación del haz se puede mover, por ejemplo, en sincronismo con el barrido realizado por el escáner, a fin de contribuir al desplazamiento del punto primario a lo largo del primer patrón de barrido.

En algunas realizaciones de la invención, el escáner se opera para barrer el haz en dos dimensiones, para proporcionar un punto efectivo con una anchura en una primera dirección y una longitud en una segunda dirección. De este modo, tanto dicha anchura como dicha longitud pueden ser sustancialmente mayores que el mayor diámetro del punto primario. La ventaja de este tipo de enfoque se ha explicado anteriormente.

En algunas realizaciones de la invención, el punto efectivo se desplaza en relación con la superficie mediante el giro del cigüeñal. El cigüeñal se puede hacer girar a lo largo de su eje longitudinal, de modo que el punto efectivo se desplaza a lo largo de los muñones y, opcionalmente, también de los filetes y las porciones adyacentes de las paredes, en la dirección circunferencial del muñón. Por tanto, por ejemplo, el endurecimiento del muñón, incluidos los filetes y partes de las paredes, puede en algunas realizaciones conseguirse mediante el barrido del punto efectivo una vez alrededor del muñón en la dirección circunferencial.

En algunas realizaciones de la invención, la distribución de energía bidimensional se adapta dinámicamente durante el desplazamiento de dicho punto efectivo, a fin de evitar el sobrecalentamiento de una sub-área más sensible al calor tal como el área adyacente a un orificio de lubricación de aceite del cigüeñal.

Otro aspecto de la invención se refiere a un aparato para el tratamiento térmico de un cigüeñal, de un material ferroso. El aparato comprende:

- medios para soportar el cigüeñal;
- medios para generar un haz láser;
- un escáner para dirigir el haz láser sobre una superficie del cigüeñal a fin de producir un punto primario en dicha superficie, disponiéndose el escáner para barrer de forma repetida el haz en dos dimensiones para desplazar el punto primario de acuerdo con un primer patrón de barrido a fin de establecer un punto efectivo en la superficie del cigüeñal, teniendo dicho punto efectivo una distribución de energía bidimensional,
- medios para desplazar dicho punto efectivo en relación con la superficie del cigüeñal (por ejemplo, moviendo la superficie del cigüeñal en relación con el escáner, o viceversa, o ambos, por ejemplo, el cigüeñal se puede girar a fin de exponer diferentes porciones de la circunferencia de un muñón al escáner) para calentar progresivamente la al menos una porción seleccionada del cigüeñal (es decir, el punto efectivo se puede desplazar hasta que la porción seleccionada del cigüeñal se haya calentado),
- y un dispositivo de desviación del haz dispuesto para recibir un haz del escáner y redirigir el haz hacia el cigüeñal.

El dispositivo de desviación de haz se coloca de manera que cuando el aparato está llevando a cabo el tratamiento de calor, al menos en algunos momentos, el dispositivo de desviación de haz se coloca entre dos paredes o contrapesos del cigüeñal.

Las ventajas que participan en esta disposición son evidentes a partir de nuestra descripción anterior del método. El dispositivo de desviación del haz se coloca ventajosamente de modo que en la trayectoria óptica desde el escáner - tal como desde el último espejo de barrido o la lente de enfoque del escáner a la posición en la superficie sobre la que se proyecta el punto primario -como un muñón del cigüeñal-, una primera parte corresponde a la parte desde el escáner hasta el dispositivo de desviación del haz, y una segunda parte corresponde a la parte del dispositivo de desviación del haz hasta la superficie del cigüeñal, es decir, hasta el punto primario. La primera parte es preferentemente más larga que la segunda parte, tal como dos, tres o más veces más. Por ejemplo, en muchas aplicaciones prácticas relacionadas con cigüeñales en general y para cigüeñales para automóviles o camiones en particular, la primera parte es igual a o mayor que 200 mm, tal como de 200 mm a 1000 mm o más, y la segunda parte es igual o mayor que 10 mm, pero no más de 100 mm.

Breve descripción de los dibujos

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

La Figura 1 es una vista en perspectiva esquemática de un cigüeñal, como se conoce en la técnica.
Las Figuras 2A-2C ilustran esquemáticamente cómo se adapta la distribución de energía de un punto de láser

efectivo cuando se endurece el área alrededor de un orificio de lubricación de aceite, de acuerdo con un método de la técnica anterior conocido a partir del documento WO-2014/037.281-A2.
La Figura 3 es una vista esquemática de una sección transversal a lo largo del eje longitudinal de dos muñones de un cigüeñal después del endurecimiento por láser de la superficie del muñón entre los filetes.
La Figura 4 es una vista esquemática de una sección transversal a lo largo del eje longitudinal de dos muñones de un cigüeñal, después del endurecimiento láser de la superficie que se extiende desde un punto por encima de uno de los filetes, a lo largo del muñón, hasta un punto por encima de otro filete.
La Figura 5 es una vista en perspectiva y esquemática de un cigüeñal en el que se proyecta un haz de láser de acuerdo con las enseñanzas del documento WO-2014/037.281-A2, creando un punto de láser efectivo mediante el barrido de un punto primario a lo largo de un patrón de barrido.
La Figura 6 es una vista en perspectiva y esquemática de un sistema o aparato de acuerdo a una posible realización de la invención.
La Figura 7 es una vista en perspectiva de un dispositivo de desviación del haz de acuerdo con una primera realización de la invención.
La Figura 8 es una vista lateral que muestra cómo el dispositivo de desviación del haz de la Figura 7 se puede disponer para redirigir un haz hacia una pieza de trabajo.
Las Figuras 9A- 9D ilustran esquemáticamente cómo el dispositivo de desviación del haz de la Figura 7 desvía el haz sobre diferentes porciones del cigüeñal durante un barrido del punto de láser primario a lo largo del primer patrón de barrido.
La Figura 10 es una vista en perspectiva de un dispositivo de desviación del haz de acuerdo con otra realización de la invención.
La Figuras 11A y 11B son vistas esquemáticas y en perspectiva de parte de un aparato de acuerdo con otra realización de la invención.
Las Figuras 12A y 12B son vistas laterales esquemáticas de una parte del aparato de acuerdo con esta realización de la invención, durante dos etapas diferentes de un análisis del punto primario a lo largo del primer patrón de barrido.
Las Figuras 13A y 13B son esquemáticas en perspectiva vistas de un detalle del aparato durante las etapas mostradas en las Figuras 12A y 12B, respectivamente.
La Figura 14 ilustra esquemáticamente un punto de láser efectivo creado por un patrón de barrido que comprende una pluralidad de líneas paralelas.
Las Figuras 15A y 15B ilustran un patrón de barrido del haz posible que comprende una pluralidad de líneas paralelas.
Las Figuras 16A y 16B ilustran un patrón de barrido del haz para la creación de un punto de láser efectivo de acuerdo con una realización de la invención.
Las Figuras 17A y 17B ilustran un patrón de barrido del haz para la creación de un punto de láser efectivo de acuerdo con otra realización de la invención.
La Figura 18 ilustra esquemáticamente la relación entre el patrón de barrido del haz y el primer patrón de barrido de acuerdo con una posible realización de la invención.

Descripción de las formas de realizar la invención

La Figura 6 ilustra un aparato de acuerdo con una posible realización de la invención. El aparato comprende una estructura de bastidor que aloja una fuente de láser (ilustrado esquemáticamente con el número de referencia 100) que proporciona luz de láser a través de una guía de luz 24 a un escáner 2 montado en un carro de escáner 101, que se puede desplazar en la dirección vertical, en paralelo con un eje Z vertical del aparato, a través de un medio de accionamiento 102 del carro de escáner, por ejemplo, por un servomotor o cualquier otro medio de accionamiento adecuado. Por otro lado, el escáner 2 también se puede accionar horizontalmente, en paralelo con un eje X horizontal del aparato, a lo largo de una pista horizontal 104, accionado por segundos medios de accionamiento 103 del carro de escáner, tal como otro servomotor u otros medios de accionamiento adecuados.

Por otra parte, el aparato comprende dos carros de piezas de trabajo 200, cada carro de piezas de trabajo siendo capaz de alojar dos piezas de trabajo 1000 en paralelo (las piezas de trabajo son los cigüeñales), e incluyendo un medio de accionamiento (no mostrado) para hacer girar cada pieza de trabajo a lo largo de un eje central (en esta realización, el eje central corresponde al eje longitudinal que pasa por los centros de los muñones principales del cigüeñal), estando dicho eje en paralelo con el eje X del aparato. Por otro lado, cada carro de piezas de trabajo 200 se asocia con un medio de accionamiento 201 del carro de piezas de trabajo 201 (tal como un servomotor o cualquier otro medio de accionamiento adecuad) dispuesto para desplazar el carro de piezas de trabajo en posición horizontal, en paralelo con un eje Y del aparato, perpendicular al eje X.

Las referencias a las direcciones horizontal y vertical solo se utilizan para simplificar la explicación, y cualquier otra orientación de los ejes es obviamente posible y dentro del alcance de la invención.

En el presente caso, la fuente de láser 100 y el escáner 2 se utilizaron por primera vez para endurecer las partes pertinentes de la superficie de una de las piezas de trabajo 1000 en un primero de los carros de piezas de trabajo 200, a continuación, se utilizaron para endurecer las partes pertinentes de la superficie de la otra pieza de trabajo 1000 en dicho primero de los carros de piezas de trabajo 200, y a continuación, el escáner se movió a lo largo de la

pista 104 para orientar el segundo de los carros de piezas de trabajo 200, para el endurecimiento de las superficies de las piezas de trabajo 1000 dispuestas en su interior. Mientras que el escáner 2 estaba operando en las piezas de trabajo en el segundo de los carros de piezas de trabajo, las piezas de trabajo en el primero de los carros de piezas de trabajo se pudieron descargar y reemplazar por nuevas piezas de trabajo para ser tratadas por el escáner.

Obviamente, hay muchas posibilidades alternativas. Por ejemplo, puede haber solo una pieza de trabajo por carro de piezas de trabajo, o puede haber más de dos piezas de trabajo por carro de piezas de trabajo. Puede haber un escáner por carro de piezas de trabajo (es decir, un segundo carro de escáner con su correspondiente escáner se puede añadir a la pista 104). Además, varias disposiciones como la de la Figura 6, o variantes de la misma, se pueden colocar en paralelo. También, cada carro de escáner 101 puede proporcionarse con más de un escáner 2, de modo manera que diversas piezas de trabajo en un carro de piezas de trabajo se pueden someter a tratamiento de endurecimiento por láser de forma simultánea. La relación entre el número de escáneres, el número de carros de piezas de trabajo, y el número de piezas de trabajo, se puede elegir a fin de optimizar el uso de las partes más costosas del sistema, y para optimizar la productividad, por ejemplo, al permitir carga y descarga de piezas de trabajo sin detener la operación del sistema. En algunas realizaciones de la invención, una pluralidad de escáneres se puede utilizar para dirigir haces de láser al mismo tiempo hacia el mismo cigüeñal, por ejemplo, para actuar simultáneamente sobre diferentes muñones del cigüeñal o en el miso muñón del cigüeñal.

En algunas realizaciones de la invención, durante el tratamiento térmico de un muñón de barra 1002, cuyo eje central se desplaza radialmente del eje central delos muñones principales, durante el giro de la pieza de trabajo 1000 respectiva del cigüeñal en el carro de piezas de trabajo 200, el escáner 2 se mueve verticalmente en paralelo con el eje Z y el carro de piezas de trabajo 200 se mueve horizontalmente en paralelo con el eje y, a fin de mantener una distancia constante entre el escáner y la superficie sobre la que se proyecta el haz de láser. En otras realizaciones de la invención, los cigüeñales se pueden mover en paralelo con los ejes Z y Y. Además, o como alternativa, el escáner se puede disponer para poder desplazarse en paralelo con los ejes Z y Y.

La operación del primer 102 y segundo 103 medios de accionamiento de los carros de láser, así como la operación del accionamiento del medio de accionamiento 201 del carro de piezas de trabajo y del medio de accionamiento para hacer girar las piezas de trabajo 1000 en los carros de piezas de trabajo 200, se pueden controlar por medios de control electrónico tal como un ordenador, sistema informático o PLC (no mostrado en la Figura 6).

El escáner incluye elementos para modificar la dirección del haz de láser. Tales escáneres son bien conocidos en la técnica, y con frecuencia incluyen uno o más espejos de barrido, cuyos ángulos se pueden modificar de acuerdo con las funciones de barrido, tales como funciones de seno, funciones triangulares, etc., bajo el control de un ordenador. Un escáner de un solo eje (por ejemplo, un escáner con un espejo de barrido que puede pivotar alrededor de un eje, o similar) se puede utilizar para barrer el haz láser en paralelo con el eje X, es decir, perpendicularmente a la dirección de movimiento de la superficie de la pieza de trabajo 1000 en relación con el escáner 2 debido al giro de la pieza de trabajo 1000. Un barrido rápido a través de la porción correspondiente de la superficie puede, por lo tanto, crear un punto virtual que tiene una extensión en la dirección X mucho mayor que la extensión del punto sin barrido: por tanto, el punto original se convierte en un punto virtual o efectivo más amplio (con una extensión mayor en la dirección X), pero con una densidad de potencia más pequeña, puesto que la potencia del haz se distribuye sobre un área más grande.

Con un escáner de dos ejes (por ejemplo, con un escáner que tiene un espejo bi-axial, o dos espejos uni-axiales), el haz de láser se puede mover en dos direcciones, por ejemplo, por un lado en paralelo con el eje X, y por otro lado en paralelo con el eje Y, y combinaciones de los mismos. Por tanto, además del barrido de la superficie perpendicular a la dirección de movimiento de la superficie en relación con el escáner, es decir, además del barrido de la superficie “a lo largo” de la superficie de los muñones en la dirección del eje X, el haz de láser puede también barrer la superficie en la dirección de su movimiento, es decir, en paralelo con el eje Y; de este modo, la superficie de un muñón de un cigüeñal se puede barrer también en la dirección circunferencial del muñón. Además, el haz de láser puede describir trayectorias que combinan movimiento en la dirección X y en la dirección Y (es decir, cuando se proyecta en el muñón circular de un cigüeñal, en la dirección circunferencial). De este modo, el haz puede seguir trayectorias que tienen formas complejas, tales como rectángulos, óvalos, trapezoides, etc. Por tanto, al utilizar la capacidad del escáner, se puede crear un punto de láser efectivo virtual o equivalente, que tiene una extensión y forma deseadas, tanto en la dirección X como en la dirección Y o en la dirección circunferencial. En el caso de un escáner denominado XYZ, además de la posibilidad de movimiento en las direcciones X e Y, se presenta una lente de enfoque que se puede desplazar en la dirección Z por algún tipo de medio de accionamiento, permitiendo de este modo la adaptación dinámica del tamaño del punto de láser. De este modo, tanto la posición del punto como su tamaño se pueden controlar y adaptar para optimizar el proceso de endurecimiento. Además, como una alternativa o además del desplazamiento de una lente de enfoque o similares, el tamaño del punto de láser se puede controlar y adaptar moviendo el escáner en paralelo con el eje Z, utilizando el primer medio de accionamiento del carro de escáner. Además, el sistema puede incluir medios para variar la distribución de la potencia dentro del punto de láser, tal como se conoce a partir de, por ejemplo, el documento DE-3.905.551-A1 mencionado anteriormente.

En la Figura 6, el dispositivo de desviación del haz 3 se ha ilustrado esquemáticamente como estando conectado al escáner. En otras realizaciones de la invención, se proporciona el dispositivo de desviación del haz 3 por separado

del escáner, por ejemplo, provisto de su propio medio de accionamiento para situarse, por ejemplo, en sincronización con el escáner.

La Figura 7 ilustra un dispositivo de desviación del haz 3 de acuerdo con una posible realización de la invención, en la forma de un espejo con tres diferentes porciones de superficie planas o sustancialmente planas 31, 32, 33 dispuestas con orientaciones espaciales diferentes, es decir, en diferentes ángulos en relación con, por ejemplo, el escáner. El espejo incluye también una conexión 34 para conectar el dispositivo de desviación del haz para recibir un fluido de enfriamiento.

La Figura 8 es una vista lateral que ilustra esquemáticamente cómo un espejo 3 como el de la Figura 7 se puede colocar por debajo de un escáner (no mostrado) para reflejar y de ese modo redirigir un haz 1 hacia la pieza de trabajo 1000.

Las Figuras 9A-9D muestran cómo se utilizan las tres porciones de superficie diferentes, de acuerdo con una realización de la invención, para redirigir el haz a diferentes partes del cigüeñal en la región de un muñón 1001 que se va a tratar por el haz de calor, durante un barrido del punto primario a lo largo del primer patrón de barrido. En la Figura 9 A se muestra cómo el escáner (no mostrado) dirige el haz de láser para proyectar un punto primario en una superficie del cigüeñal, a través del dispositivo de desviación del haz. Aquí, el haz incide sobre la porción de superficie superior derecha 33 del espejo -como se indica por la flecha-, que redirige el haz hacia el filete izquierdo 1004 del muñón y a la pared 1005. En la Figura 9B, se puede observar cómo el haz incide sobre la porción de superficie inferior 31 del espejo, con lo que el haz se redirige a la superficie del muñón. En la Figura 9C, el punto primario continúa su movimiento a lo largo del primer patrón de barrido, que se refleja por la porción de superficie inferior 31 del espejo, y por lo tanto se sigue redirigiendo sobre la superficie del muñón. Sin embargo, en la Figura 9D, el haz se refleja por la porción de superficie superior izquierda 32 del espejo, y de este modo se redirige hacia el filete derecho 1004 y a la pared 1005.

De las Figuras 9A-9D se puede entender fácilmente cómo durante un solo barrido del punto primario a lo largo del primer patrón de barrido, por la operación adecuada del escáner, el haz puede incidir sobre la superficie del muñón 1001, sobre los filetes 1004 y también en porciones adyacentes de las paredes 1005, en un ángulo relativamente grande (tal como aproximadamente 45 grados o más), sustancialmente mayor que el ángulo con el que un haz de acuerdo con la Figura 5 incidiría en las paredes. Obviamente, la disposición de las Figuras 9A-9D implica que habrá saltos en el primer patrón de barrido (por ejemplo, entre las Figuras 9A y 9B, desde la porción izquierda del muñón hasta la derecha), pero esto es también cierto para muchos otros patrones de barrido, incluyendo muchos de los conocidos a partir del documento WO-2014/037281-A2.

Al igual que en el documento WO-2014/037281-A2, el primer patrón de barrido se puede adaptar de forma dinámica durante el desplazamiento del punto efectivo a lo largo de la circunferencia del muñón, de modo que la distribución de energía bidimensional es diferente en la presencia de un orificio de lubricación de aceite 1003 que cuando hay tal orificio de lubricación de aceite está presente en el área que está siendo calentada por el punto efectivo.

La Figura 10 ilustra esquemáticamente otra realización del dispositivo de desviación del haz 3A, aquí con una superficie de espejo alargado 35 que tiene una sección transversal que corresponde a un segmento de un círculo o similar. Una ventaja con este tipo de superficie de espejo continuo (es decir, sin las discontinuidades que están presentes en el espejo 3 de la Figura 7 entre las tres porciones de superficie 31, 32 y 33) es que los saltos bruscos o discontinuidades en la dirección del haz de luz se pueden evitar. Sin embargo, la superficie curva del espejo 3A tiende a deformar la forma del punto primario, lo que en algunos casos puede ser una desventaja.

Obviamente, el dispositivo de desviación del haz se puede configurar en un número infinito de formas, por ejemplo, combinando porciones de superficie planas y curvas y/o combinando porciones de superficie con curvaturas diferentes y/o variables. La persona experta será capaz elegir una geometría correspondiente del dispositivo de desviación del haz, teniendo en cuenta, por ejemplo, las particularidades del cigüeñal que se va a tratar.

Las Figuras 11A y 11B ilustran una realización alternativa de la invención, en la que se utiliza un dispositivo de desviación del haz 3 similar al de la Figura 7, pero con la porción de superficie más ancha 31 colocada encima de las dos porciones de superficie más estrechas 32 y 33. En la Figura 11A se muestra cómo el dispositivo de desviación del haz 3 se une al escáner 2 por medio de un simple dispositivo de fijación en forma de L. Cualquier otro dispositivo de fijación adecuado se puede utilizar, y en otras realizaciones de la invención, el dispositivo de desviación del haz puede estar separado del escáner, unido a otra parte del sistema, por ejemplo, a medios de accionamiento separados para desplazar el dispositivo de desviación del haz en sincronismo con el escáner 2. En las Figuras 11A y 11B se puede observar cómo una fuente de láser ilustrada esquemáticamente 24 proporciona un haz láser 1 que, después de pasar a través de una lente de colimación 25, se hace pasar a través del escáner 2 donde dos espejos de barrido 21 y 22 (que se muestran en la Figura 11B) se utilizan para barrer el haz de láser 1 en dos dimensiones. Desde los espejos de barrido, el haz de láser se dirige a través de una lente de enfoque 23 y en el dispositivo de desviación del haz 3, que tiene tres porciones de superficie reflectantes 31, 32 y 33. El dispositivo de desviación del haz refleja el haz 1 sobre una porción de superficie de un cigüeñal con el fin de calentar dicha porción para su endurecimiento. En este caso, la porción corresponde a un muñón de varilla 1002.

El haz de láser se barre de acuerdo con un patrón de barrido del haz y se refleja por el dispositivo de desviación del haz de modo que el punto primario proyectado sigue un primer patrón de barrido apropiado sobre la superficie de la pieza de trabajo. En las Figuras 12A y 13A se puede observar cómo, durante el barrido del haz, en una etapa del proceso, el haz se dirige sobre la porción de superficie 31 del dispositivo de desviación del haz, desde la que el haz se refleja sobre la superficie del muñón, de modo que el punto primario 11 se mueve a lo largo y/o a través de la superficie del muñón 1002. En las Figuras 12B y 13B, el haz 1 ha llegado a la porción de superficie 32, por lo que se ha redirigido hacia la porción de filete 1004 y a la pared lateral 1005, calentando de este modo estas porciones. Por lo tanto, durante un barrido del haz a lo largo del patrón de barrido del haz, el punto primario 11 se mueve a lo largo del primer patrón de barrido, calentando tanto una porción del muñón 1002 como una porción de los filetes 1004 y las paredes 1005 en ambos extremos del muñón.

Se entiende fácilmente a partir de esta descripción y de, por ejemplo, las Figuras 11A-13B, que con un dispositivo de desviación del haz 3 colocado adecuadamente, el haz llegará siempre a las porciones de superficie correspondientes (muñón, filete, pared) en un ángulo, por ejemplo, entre 45 grados y 90 grados. Por ejemplo, puede ser preferible que el espejo se disponga a una distancia del muñón que está en el orden de la anchura del muñón, preferentemente no mayor que dicha anchura, o no mayor que 1,5 veces dicha anchura o dos veces dicha anchura.

En la Figura 12A, una primera parte X1 de la trayectoria óptica (entre el último espejo 22 del escáner o la lente de enfoque 2 3 del escáner por un lado, y la superficie del dispositivo de desviación del haz por el otro) y una segunda parte X2 de la trayectoria óptica (entre la superficie del dispositivo de desviación del haz 3 y el punto primario proyectado sobre la superficie del objeto que se va a tratar) se han indicado. Normalmente, la primera parte X1 es sustancialmente más grande que la segunda parte X2, tal como más de dos veces X2. Por ejemplo, en el caso del endurecimiento de cigüeñales para vehículos tales como automóviles, X1 se puede elegir normalmente preferentemente en el intervalo de 200 mm a 1000 mm o más, mientras que X2 está normalmente en el intervalo de 10 mm a 100 mm.

También queda claro a partir de lo anterior que el primer patrón de barrido, es decir, el patrón de barrido que el punto primario 11 sigue en la superficie del cigüeñal, puede diferir sustancialmente del patrón de barrido seguido por el haz antes del dispositivo de desviación del haz.

Como se ha explicado anteriormente, para un tamaño dado del punto primario, una extensión sustancial del punto efectivo en la dirección de desplazamiento puede lograrse proporcionando un patrón de barrido que comprenda más de dos líneas dispuestas una tras otra en la dirección de desplazamiento, tal como se ilustra esquemáticamente en la Figura 14, en la que el punto de láser efectivo 12 se crea por una pluralidad de líneas paralelas, que se extienden en una segunda dirección perpendicular a una primera dirección de movimiento relativo entre el punto de láser efectiva y el área superficial que está siendo tratada (por ejemplo, en las realizaciones descritas anteriormente, la primera dirección puede ser la dirección circunferencial W de una superficie de un muñón de un cigüeñal).

Un patrón de barrido de este tipo se puede crear barriendo de forma repetitiva el punto primario en una segunda dirección perpendicular una primera dirección en la que el punto efectivo está viajando, desplazando el haz una pequeña distancia en la primera dirección entre cada etapa de barrido, a fin de trazar una pluralidad de líneas paralelas. Una vez que el punto primario ha completado el patrón de barrido, volverá a su posición original y realizará el patrón de barrido una vez más. La frecuencia con la que esto ocurre es preferentemente alta, a fin de evitar las fluctuaciones de temperatura no deseadas dentro del punto efectivo 12.

Dependiendo del diseño del dispositivo de desviación del haz, por ejemplo, de la forma de su superficie y de si existen discontinuidades en dicha superficie, el patrón de barrido del haz seguido por el haz antes del dispositivo de desviación del haz puede diferir más o menos del primer patrón de barrido seguido por el punto primario en la superficie del cigüeñal.

El haz de láser se puede desactivar mientras está siendo desplazado hacia una nueva línea a seguir, y/o entre que termina la última línea del patrón de barrido y vuelve a la primera línea del patrón de barrido. Sin embargo, la activación y desactivación de los haces de láser requiere tiempo, y puede ralentizar la frecuencia de barrido. Además, el tiempo durante el que el haz de láser está desactivado es el tiempo que se pierde en términos de un uso eficaz del láser para el calentamiento.

Las Figuras 15A y 15B ilustran un posible patrón de barrido del haz que comprende tres líneas principales a-c (ilustradas como líneas continuas) del patrón de barrido, y líneas discontinuas que ilustra la trayectoria que sigue el punto de láser o haz entre dichas líneas. En la Figura 15B, las flechas ilustran esquemáticamente la manera en que el punto de láser real/haz viaja sobre la superficie que se va a endurecer mientras sigue el patrón de barrido.

A continuación, este patrón de barrido implica el problema de que si este es el patrón de barrido seguido por el punto primario, la distribución de calor no será simétrica. Lo mismo aplica si, al final del patrón, al terminar la última línea c (es decir, desde cabeza de la flecha de la línea c en la Figura 15 B), el haz de láser retorna verticalmente a la línea a.

Una distribución de energía más simétrica con respecto al eje W se puede obtener con un patrón de barrido de acuerdo con la una de las Figuras 16A y 16B, que comprende igualmente tres líneas paralelas a-c interconectadas por las líneas d seguidas por el punto de láser real cuando se mueve entre estas líneas. Como se ilustra en la Figura 16B, el haz de láser, desde el principio de la primera línea a, viaja como sigue: a - d1 - b - d2 - c - d3 - b - d4.

Es decir, el punto se desplaza a lo largo de la línea intermedia b con el doble de frecuencia a medida que viaja a través de la primera línea y la última línea: se desplaza a lo largo de la línea intermedia b dos veces por cada vez que se desplaza a lo largo de la primera línea a y la última línea c. De este modo, un patrón de barrido completamente simétrico se puede obtener, en relación con el eje W, es decir, por ejemplo, en relación con la dirección circunferencial del muñón de un cigüeñal.

La distribución de energía a lo largo del eje W se puede ajustar mediante el ajuste de, por ejemplo, la distancia entre las líneas a-c y la velocidad con la que el haz de láser o un punto se desplaza a lo largo de las líneas. Mediante el ajuste del patrón de barrido y/o velocidad, la distribución de energía se puede adaptar de forma dinámica sin activar ni desactivar el haz de láser o sin modificar sustancialmente la potencia del haz de láser. Por lo tanto, la adaptación de la distribución de energía se puede lograr mediante la adaptación de la distribución de las líneas, tales como la primera, la última y las líneas intermedias a-c, y mediante la adaptación de la velocidad del haz a lo largo de los distintos segmentos a-d (incluyendo d1-d4) del patrón de barrido. La distribución de los segmentos y la velocidad de los segmentos se puede modificar dinámicamente mientras que el punto de láser efectivo está viajando a lo largo del área superficial que se va a endurecer, tal como alrededor de un muñón de un cigüeñal, a fin de adaptar la distribución de energía para evitar el sobrecalentamiento de las sub-áreas más sensibles al calor, tales como las sub-áreas adyacentes a los orificios de lubricación de aceite o un área previamente endurecida a la que el punto de láser efectivo se acerca al final de su viaje alrededor de la circunferencia de una superficie que se va a endurecer, tal como la superficie de un muñón de un cigüeñal. Además, el patrón de barrido se puede adaptar mediante la adición o eliminación de segmentos durante el desplazamiento del punto de láser efectivo a lo largo de la superficie que se va a endurecer.

El mismo principio se puede aplicar a otros patrones de barrido, tales como el patrón de barrido de las Figuras 17A y 17B, que incluye una línea intermedia adicional b. Aquí, la trayectoria seguida por el punto de láser real es: a - d1 - d2 b- - b - d3 - c - d4 - b - d5 - b - d6.

Como se ha indicado anteriormente, el patrón de barrido del haz y el primer patrón de barrido pueden ser diferentes, puesto que el primer patrón de barrido se determina no solo por el patrón de barrido del haz, sino también por el dispositivo de desviación del haz. El primer patrón de barrido se puede diseñar para optimizar la distribución de energía, y el primer patrón de barrido se determina a veces por la capacidad del equipo utilizado, por ejemplo, la capacidad del escáner. Como se ha explicado anteriormente, a veces puede ser ventajoso operar con un patrón de barrido que permita que el haz se mantenga en un estado “activado” durante toda la operación, para hacer un uso eficaz de la capacidad de, por ejemplo, el equipo de láser utilizado. La presente invención representa una herramienta útil para la persona experta en la materia, que puede diseñar un dispositivo de desviación del haz y/o patrón de barrido del haz apropiados teniendo en cuenta aspectos como el resultado deseado en términos del primer patrón de barrido, la capacidad del escáner, la capacidad del equipo de láser utilizado, etc.

La Figura 18 ilustra esquemáticamente la relación entre el patrón de barrido del haz y el primer patrón de barrido en una realización que utiliza un dispositivo de desviación del haz 3 como se muestra en la Figura 7. En la realización de la Figura 18, el haz se barre en dos dimensiones para calentar no solamente la superficie del muñón 1002 como tal, sino también la superficie en correspondencia con el filete 1004 y la pared 1005 justo más allá del filete. Esto se consigue mediante un patrón de barrido del haz que se ilustra por los segmentos A, B, C, D-E y F-G en el dispositivo de desviación del haz 3. Los tres primeros segmentos son tres líneas paralelas A, B y C proyectadas sobre la porción de superficie 31 del espejo 3, mientras que el segmento D-E se proyecta en porción de superficie 33 y el segmento F-G sobre parte de la superficie 32. El haz se refleja en el cigüeñal, en el que el punto primario sigue un patrón de barrido en el cigüeñal que comprende cinco líneas, es decir, los segmentos A', B' y C' que se extienden a lo largo de la superficie del muñón como tal, en paralelo con el eje longitudinal del muñón, y dos segmentos D'-E' y F'-G' que se extienden perpendicularmente a los tres primeros segmentos, y, básicamente, siguen la dirección circunferencial del muñón, en correspondencia con un filete 1004 y pared 1005 respectivos.

Esto es solo un ejemplo y el experto en la materia puede, obviamente, utilizar las enseñanzas proporcionadas por la presente divulgación y seleccionar el patrón de barrido y el dispositivo de desviación del haz que mejor se corresponda con la finalidad específico que debe alcanzarse. También, en algunas realizaciones de la invención, el experto en la materia puede, por ejemplo, combinar el uso del dispositivo de desviación del haz con irradiación directa. Por ejemplo, el haz se puede barrer de manera que parte del primer patrón de barrido corresponda a la irradiación directa de la superficie, es decir, sin desviar el haz con el dispositivo de desviación del haz, y de modo que otra parte del primer patrón de barrido corresponda a un haz desviado. Por ejemplo, en algunas realizaciones de la invención, un muñón de un cigüeñal se puede calentar dirigiendo el haz directamente sobre el muñón, mientras que las partes de pared adyacentes a los filetes, y/o los filetes se pueden calentar durante otra porción del primer patrón de barrido en la que el haz se dirige sobre el dispositivo de desviación del haz y se redirige por el mismo.

La invención puede ser especialmente útil en el contexto de cigüeñales que ofrecen superficies complejas con porciones orientadas sustancialmente en ángulos diferentes en relación con la posición del escáner.

En este texto, el término “comprende” y sus derivaciones (tales como “comprendiendo”, 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 elementos, etapas, etc.

La invención obviamente no se limita a la realización o realizaciones específicas descritas en la presente memoria, sino que también abarca cualquier variación que pueda considerarse por cualquier persona experta en la materia (por ejemplo, en cuanto a la elección de materiales, dimensiones, componentes, configuración, etc.), dentro del alcance general de la invención tal como se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para el tratamiento térmico de un cigüeñal de material ferroso,
que comprende la etapa de calentar al menos una porción seleccionada del cigüeñal (1000):

proyectando un haz láser (1) sobre una superficie del cigüeñal (1000) a fin de producir un punto primario (11) sobre la superficie del cigüeñal,
accionando un escáner (2) a fin de barrer de forma repetida el haz (1) para desplazar el punto primario (11) de acuerdo con un primer patrón de barrido con el fin de establecer un punto efectivo (12) sobre la superficie del cigüeñal, teniendo dicho haz efectivo una distribución de energía bidimensional,
desplazando dicho punto efectivo (12) en relación con la superficie del objeto (1000) para calentar progresivamente la al menos una porción seleccionada del cigüeñal,
en donde el haz sigue una trayectoria óptica entre el escáner (2) y el punto primario (11),
caracterizado por que se coloca un dispositivo de desviación del haz (3, 3A) en la trayectoria óptica para redirigir el haz (1) sobre la superficie del cigüeñal, y por que
se coloca el dispositivo de desviación de haz para que cuando el método se lleve a cabo, al menos en algunos momentos el dispositivo de desviación de haz esté situado entre dos paredes o contrapesos del cigüeñal.

2. El método de la reivindicación 1, en el que la trayectoria óptica comprende una parte primera (X1) que se extiende entre el escáner y el dispositivo de desviación del haz, y una segunda parte (X2) que se extiende entre el dispositivo de desviación del haz y el punto primario, siendo dicha segunda parte (X2) más pequeña que dicha primera parte (X1).

3. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de desviación del haz (3, 3A) es un espejo.

4. El método de la reivindicación 3, en el que el dispositivo de desviación del haz comprende una pluralidad de regiones (31, 32, 33), y en el que la etapa de accionar el escáner comprende dirigir el haz a al menos dos regiones diferentes de dicha pluralidad de regiones, correspondiendo cada una de dicha pluralidad de regiones a al menos una parte de dicho primer patrón de barrido.

5. El método de la reivindicación 3, en el que el espejo comprende al menos tres porciones de superficie sustancialmente planas diferentes (31, 32, 33) con diferentes orientaciones espaciales.

6. El método de la reivindicación 5, en el que dichas tres porciones de superficie sustancialmente planas diferentes comprenden una primera porción de superficie (31), una segunda porción de superficie (32) y una tercera porción de superficie (33), comprendiendo el método utilizar la primera porción de superficie para dirigir el haz hacia un muñón (1001, 1002) del cigüeñal, utilizar la segunda porción de superficie para dirigir el haz hacia un filete (1004) y/o a una pared (1005) en un primer extremo del muñón y utilizar la tercera porción de superficie para dirigir el haz hacia un filete (1004) y/o a una pared (1005) en un segundo extremo del muñón.

7. El método de las reivindicaciones 5 o 6, en el que la segunda porción de superficie (32) y la tercera porción de superficie (33) se disponen una frente a la otra en un ángulo de más de 100 grados y de menos de 170 grados.

8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 3 -7, en el que el espejo (3A) comprende al menos una porción curva para desviar el haz.

9. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de desviación del haz (3, 3A) y el escáner (2) se desplazan sincronizados entre sí.

10. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de desviación del haz (3, 3A) es estático en relación con el escáner (2).

11. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el escáner (2) se acciona para barrer el haz en dos dimensiones, a fin de proporcionar un punto efectivo (12) que tiene una anchura en una primera dirección y una longitud en una segunda dirección.

12. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el punto efectivo se desplaza en relación con la superficie mediante el giro del cigüeñal.

13. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha distribución de energía bidimensional se adapta dinámicamente durante el desplazamiento de dicho punto efectivo a fin de evitar el sobrecalentamiento de una sub-área más sensible al calor.

14. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el material ferroso es un acero, tal como acero de carbono medio.

15. Un aparato para el tratamiento térmico de un cigüeñal de un material ferroso que comprende

- medios (200) para soportar el cigüeñal (1000);
- medios (24) para generar un haz láser (1);
- un escáner (2) para dirigir el haz láser sobre una superficie del cigüeñal (1000) con el fin de producir un punto primario (11) sobre dicha superficie, estando el escáner dispuesto para barrer de forma repetida el haz (1) en dos dimensiones para desplazar el punto primario (11) de acuerdo con un primer patrón de barrido con el fin de establecer un punto efectivo (12) sobre la superficie del cigüeñal, teniendo dicho punto efectivo una distribución de energía bidimensional, y
- medios para desplazar dicho punto efectivo (12) en relación con la superficie del cigüeñal (1000) para calentar progresivamente la al menos una porción seleccionada del cigüeñal,

caracterizado por que
el aparato comprende, además, un dispositivo de desviación del haz (3, 3A) dispuesto para recibir un haz desde el escáner (2) y redirigir el haz hacia el cigüeñal (1000),
y **por que**
el dispositivo de desviación de haz está colocado para que cuando el aparato esté llevando a cabo el tratamiento de calor, al menos en algunos momentos el dispositivo de desviación de haz esté situado entre dos paredes o contrapesos del cigüeñal.

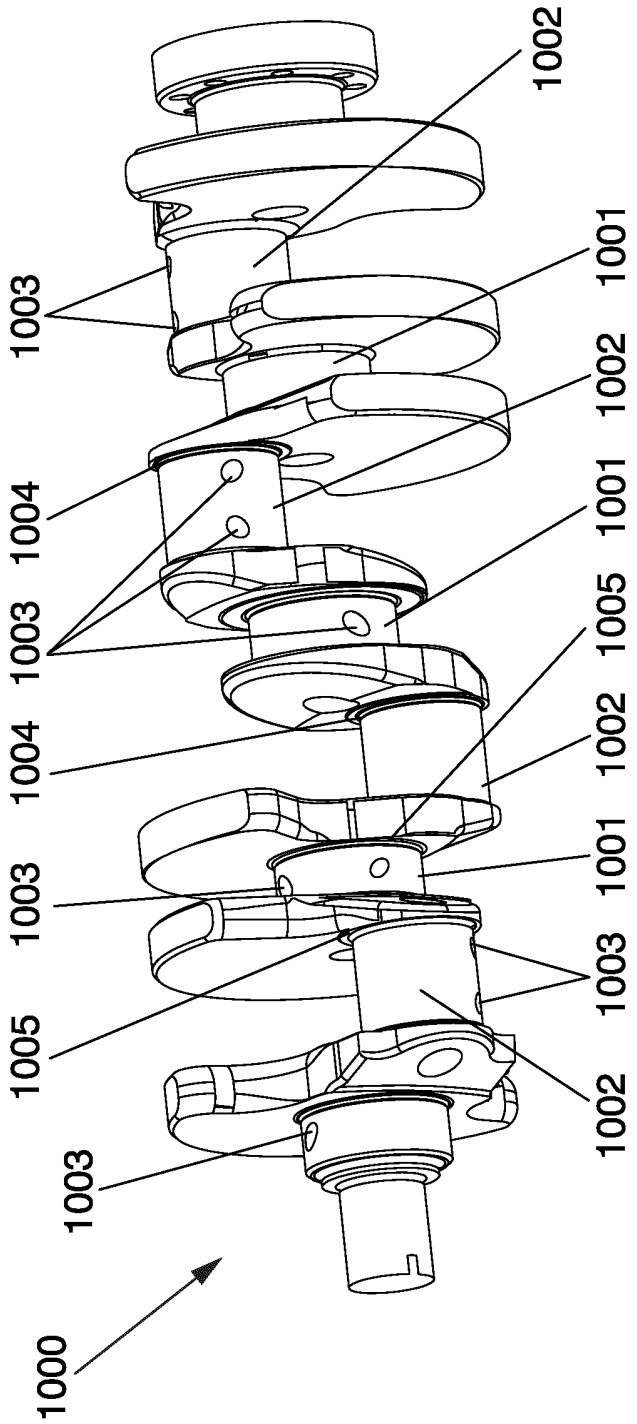
1000
1003
1005
1003
1004
1003
1004
1003
1002
1001
1002
1001
1005
1002
1001
1003
1002

FIG. 1

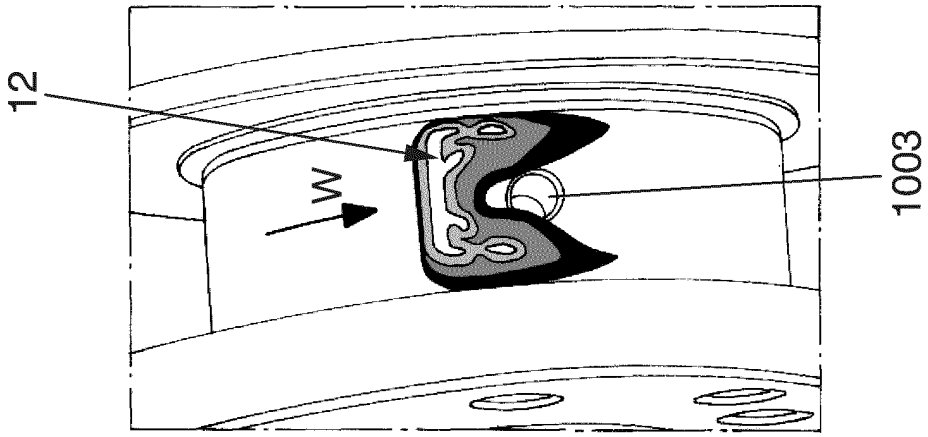

FIG. 2C

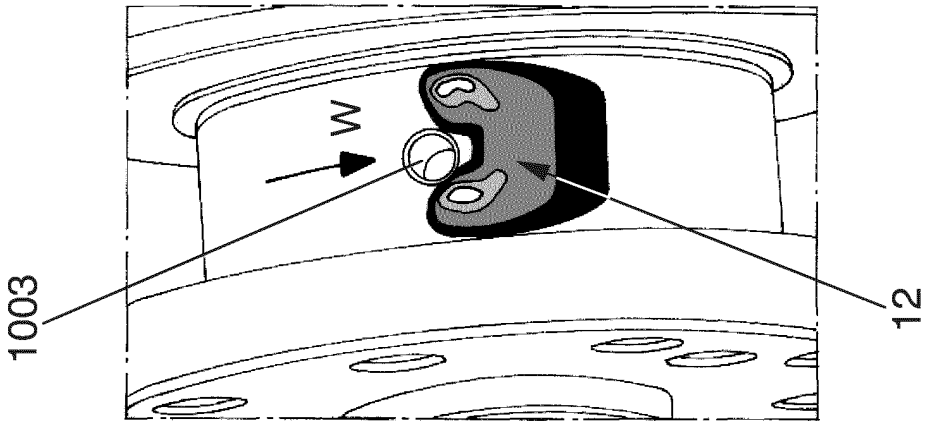

FIG. 2B

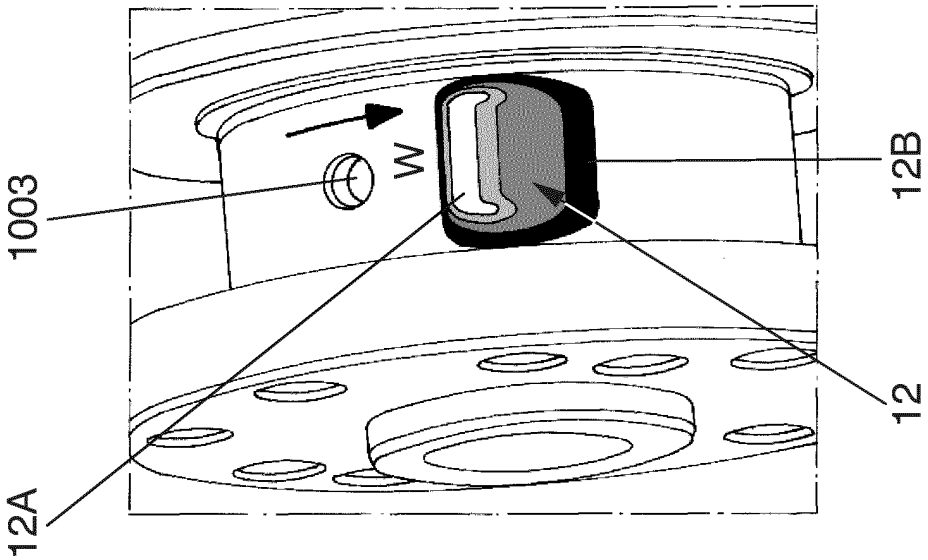

FIG. 2A

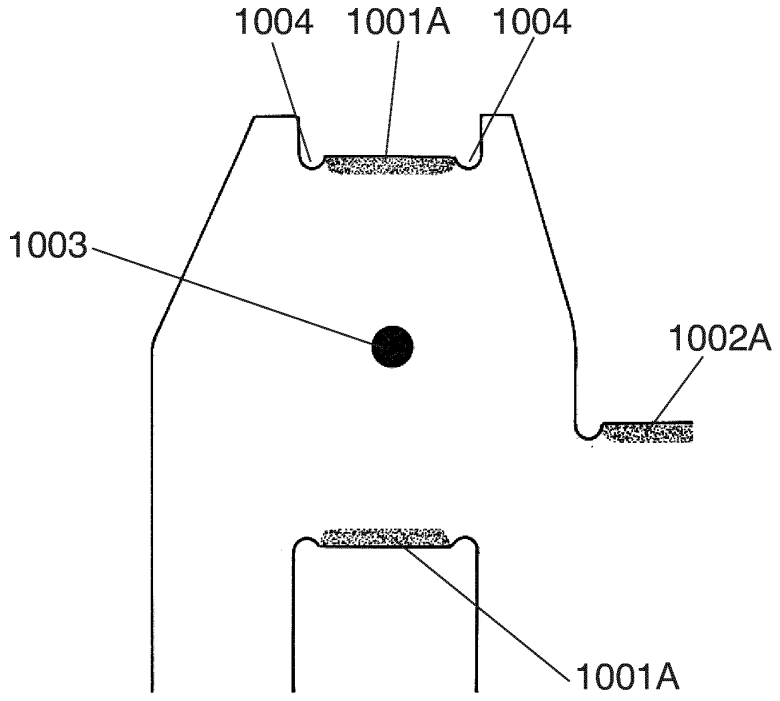
1004
1001A
1004
1003
1002A
1001A

FIG. 3

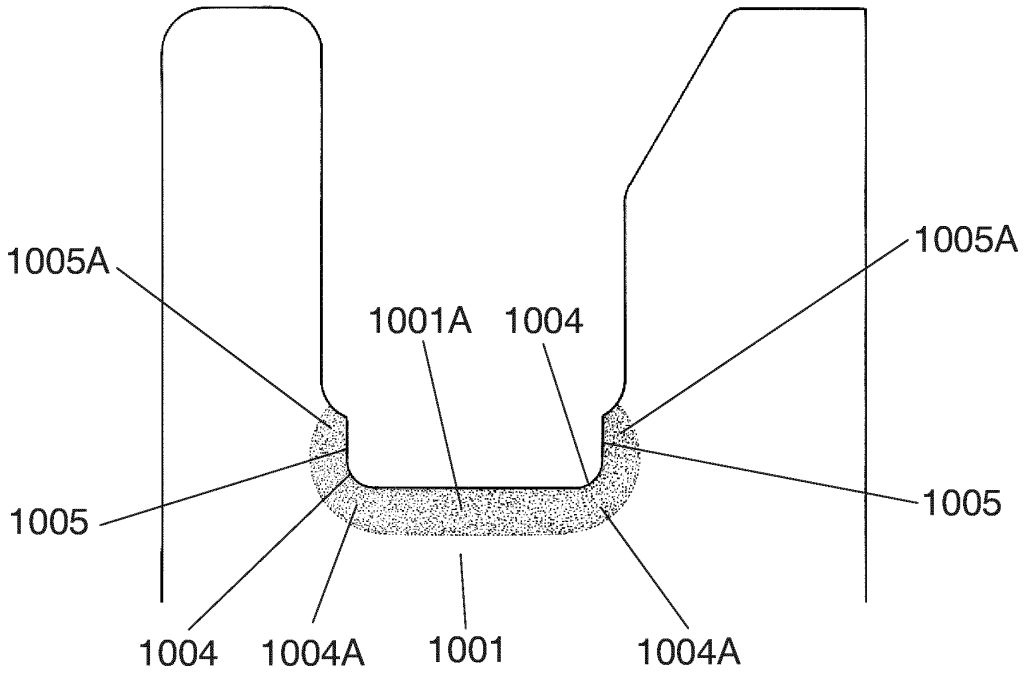
1005A
1005A
1001A
1004
1005
1005
1004
1004A
1001
1004A

FIG. 4

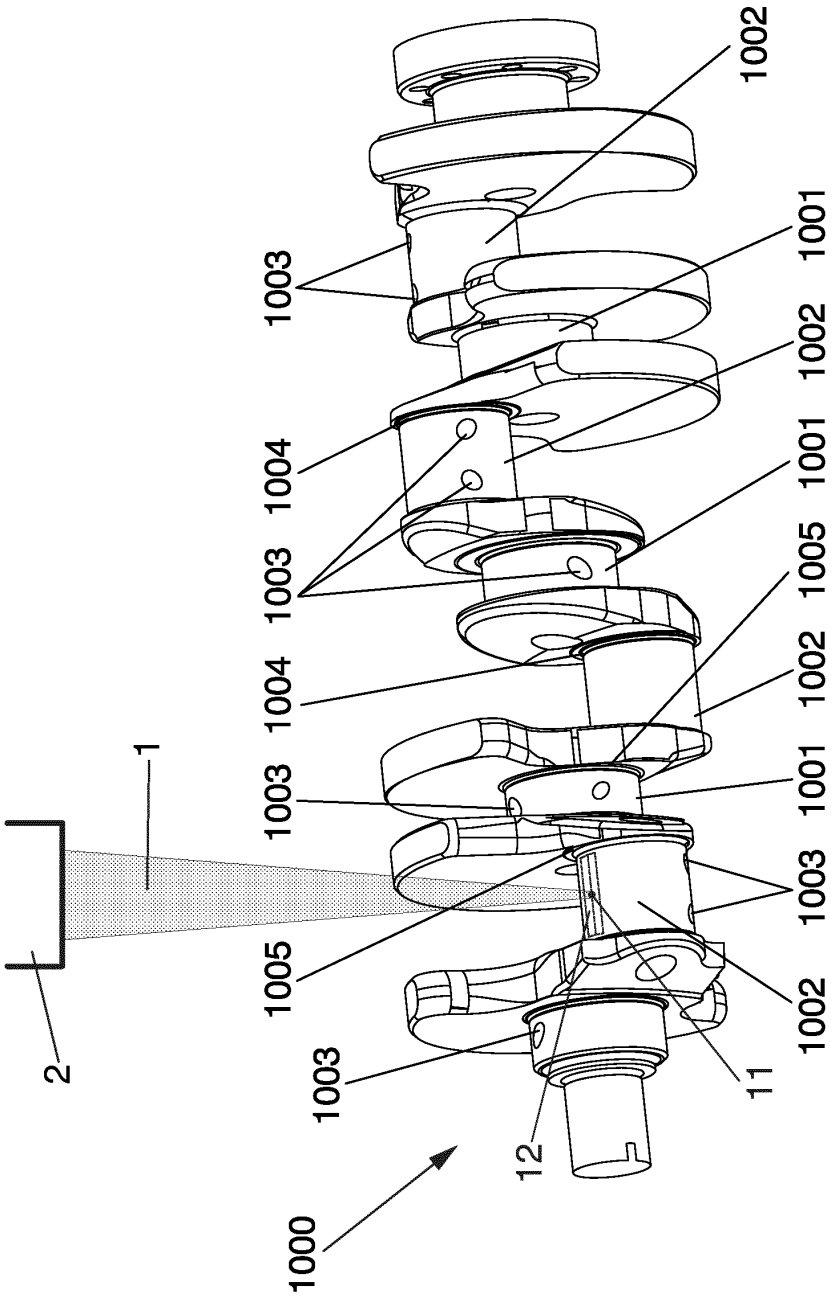
1002
1001
1003
1002
1004
1001
1003
1005
1004
1002
1003
1001
1003
1005
1002
1003
11
12
1000
1
2

FIG. 5

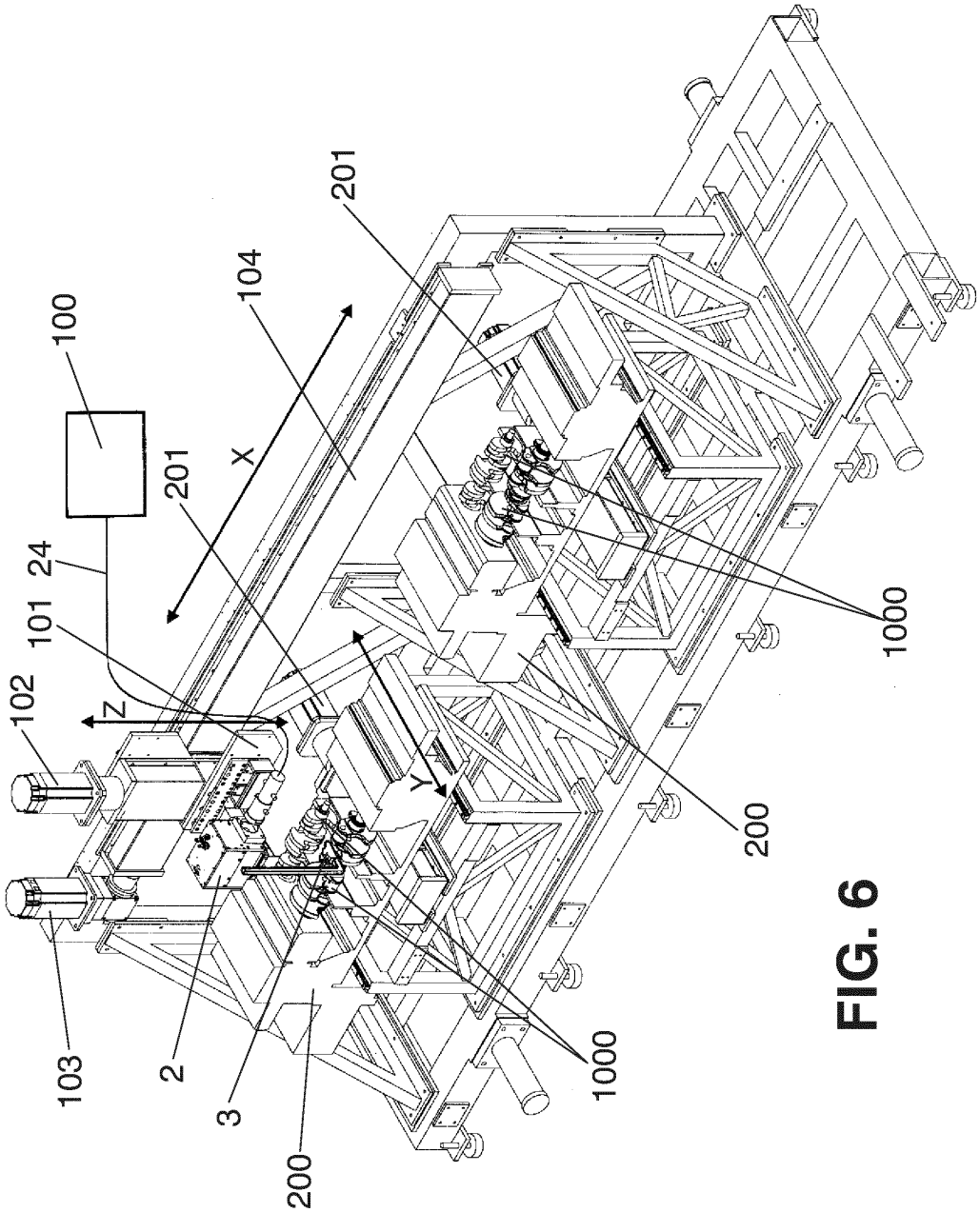

FIG. 6

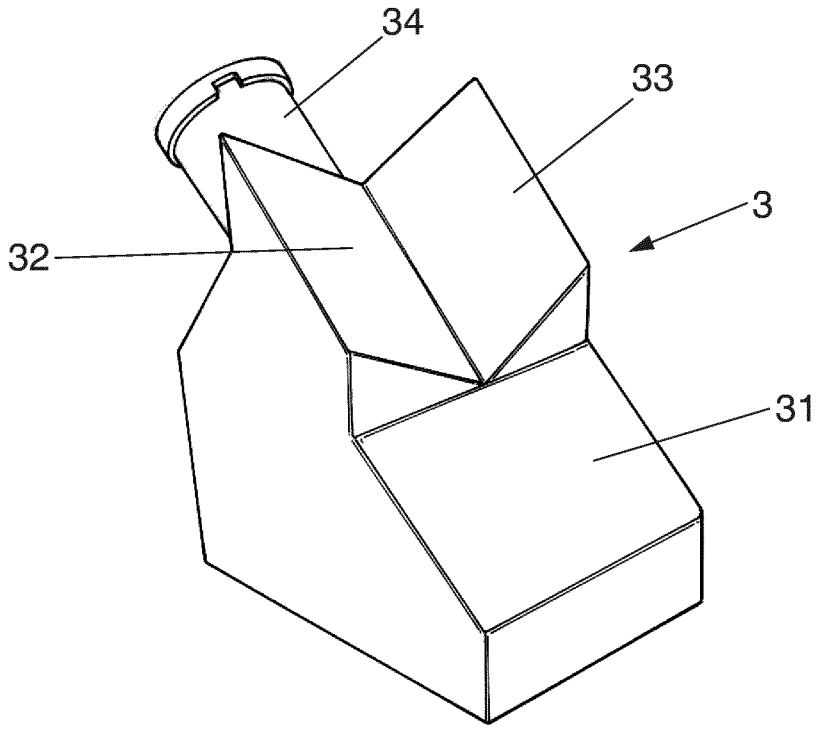

FIG. 7

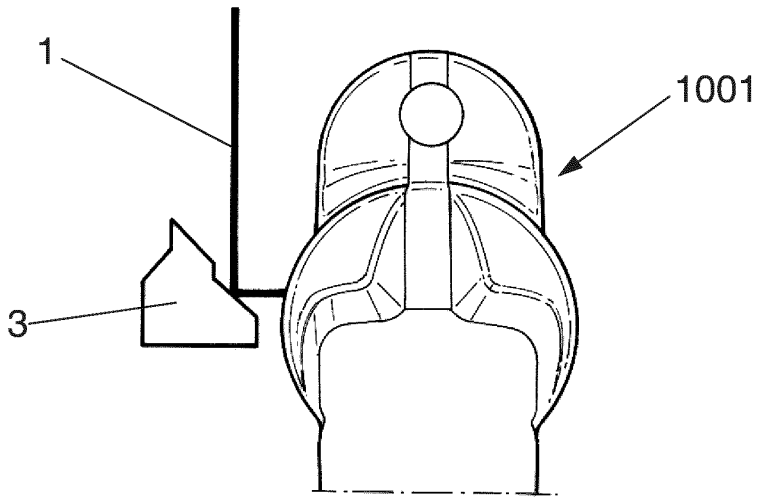

FIG. 8

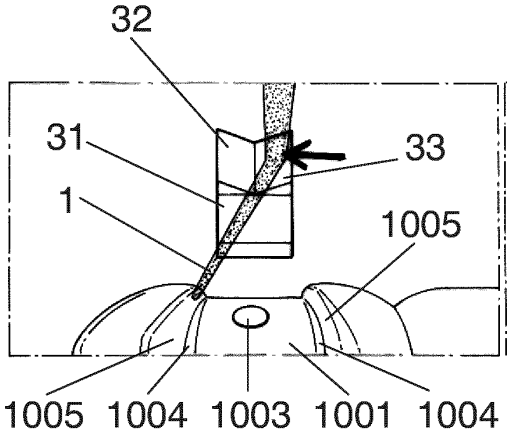

FIG. 9A

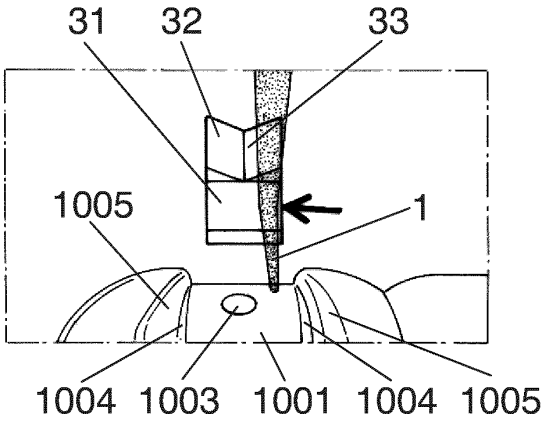

FIG. 9B

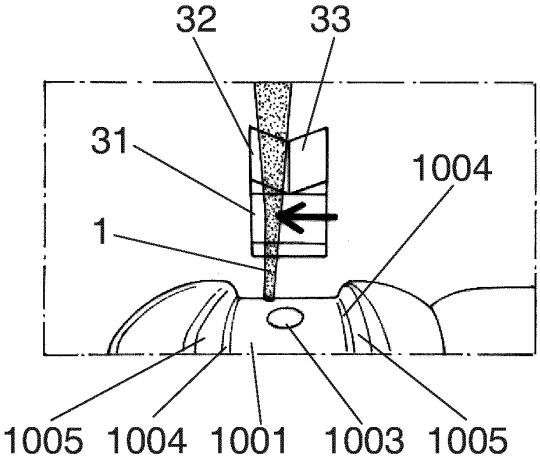

FIG. 9C

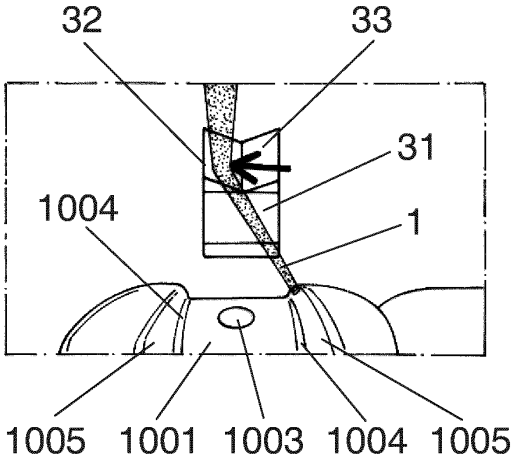

FIG. 9D

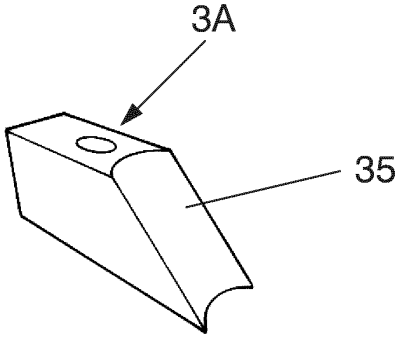

FIG. 10

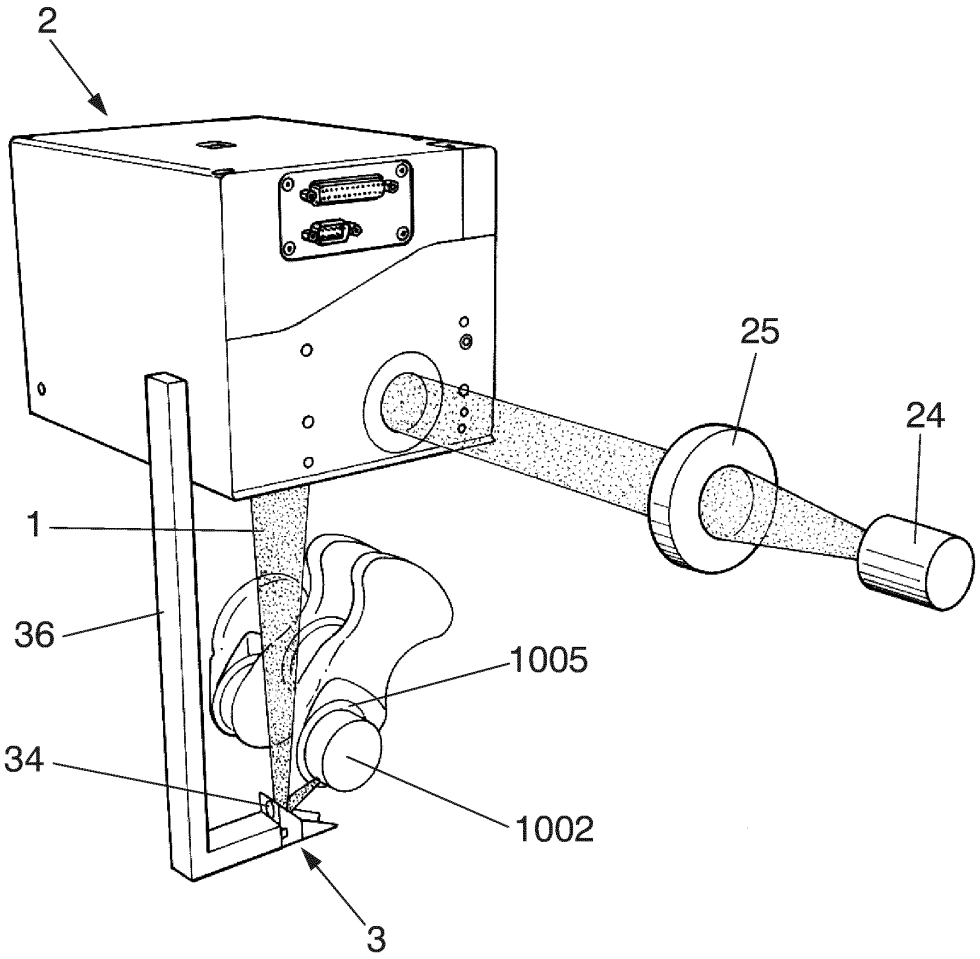

FIG. 11A

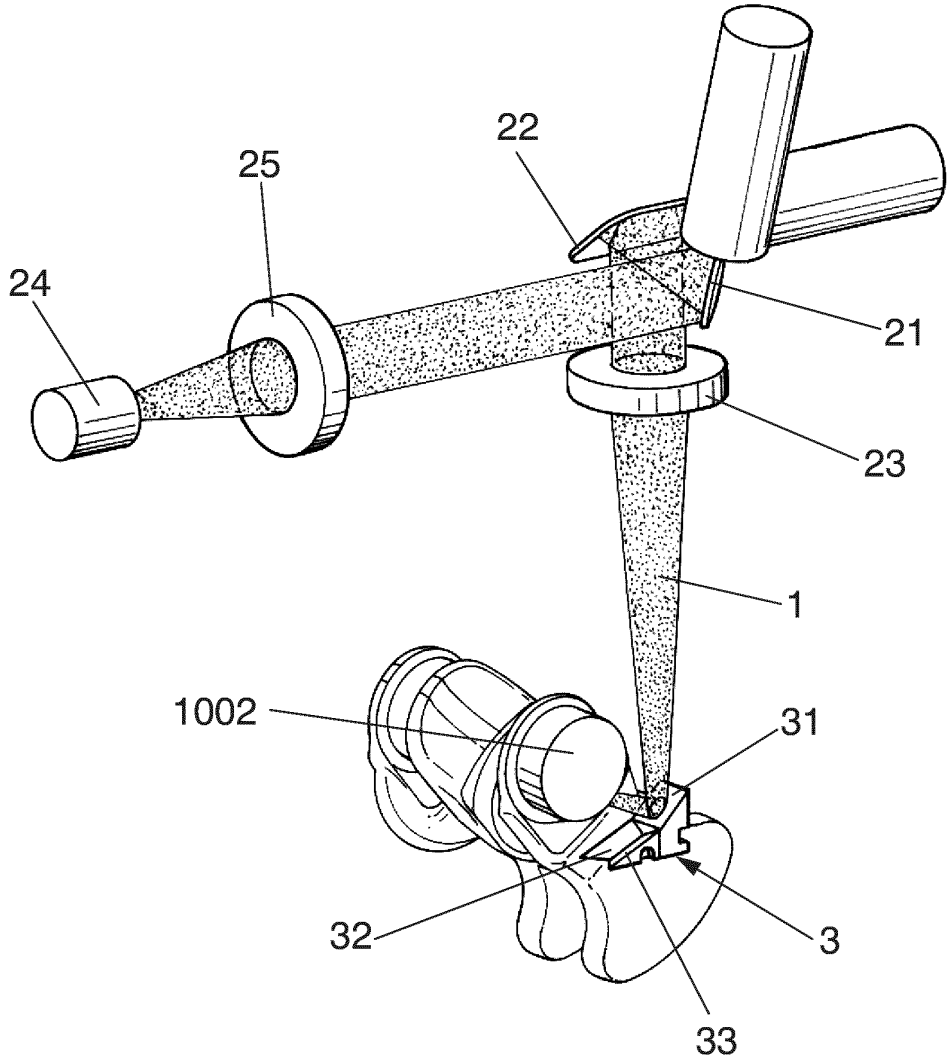

FIG. 11B

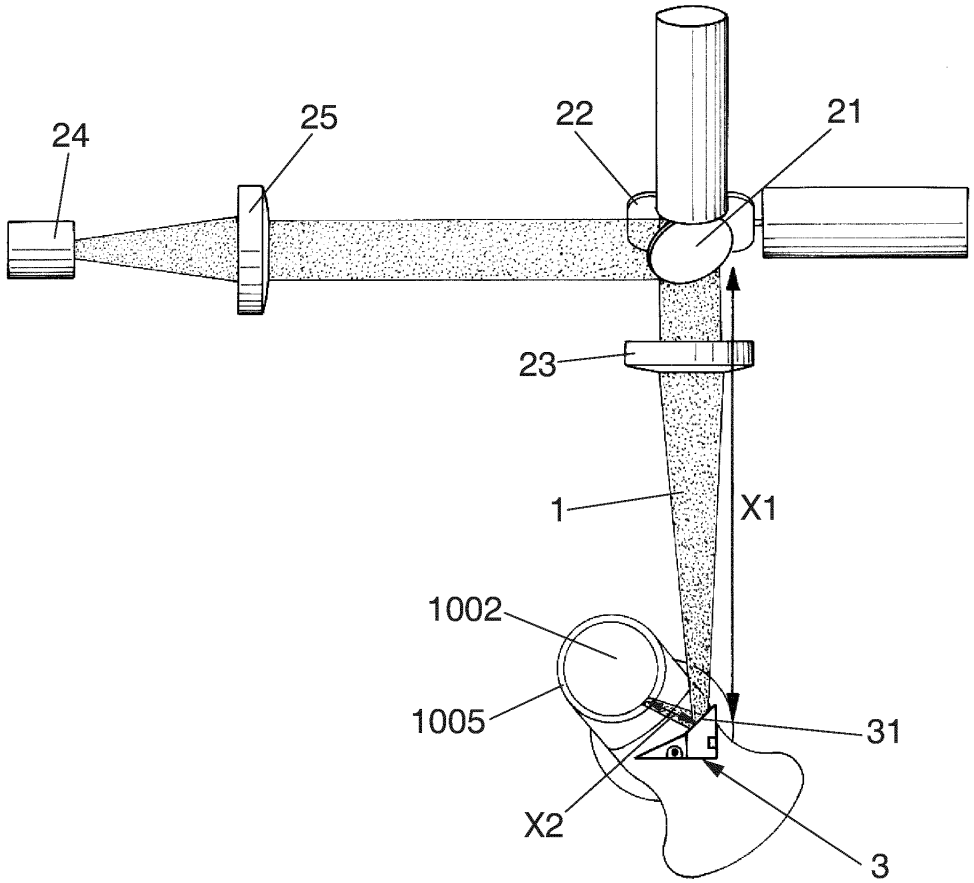

FIG. 12A

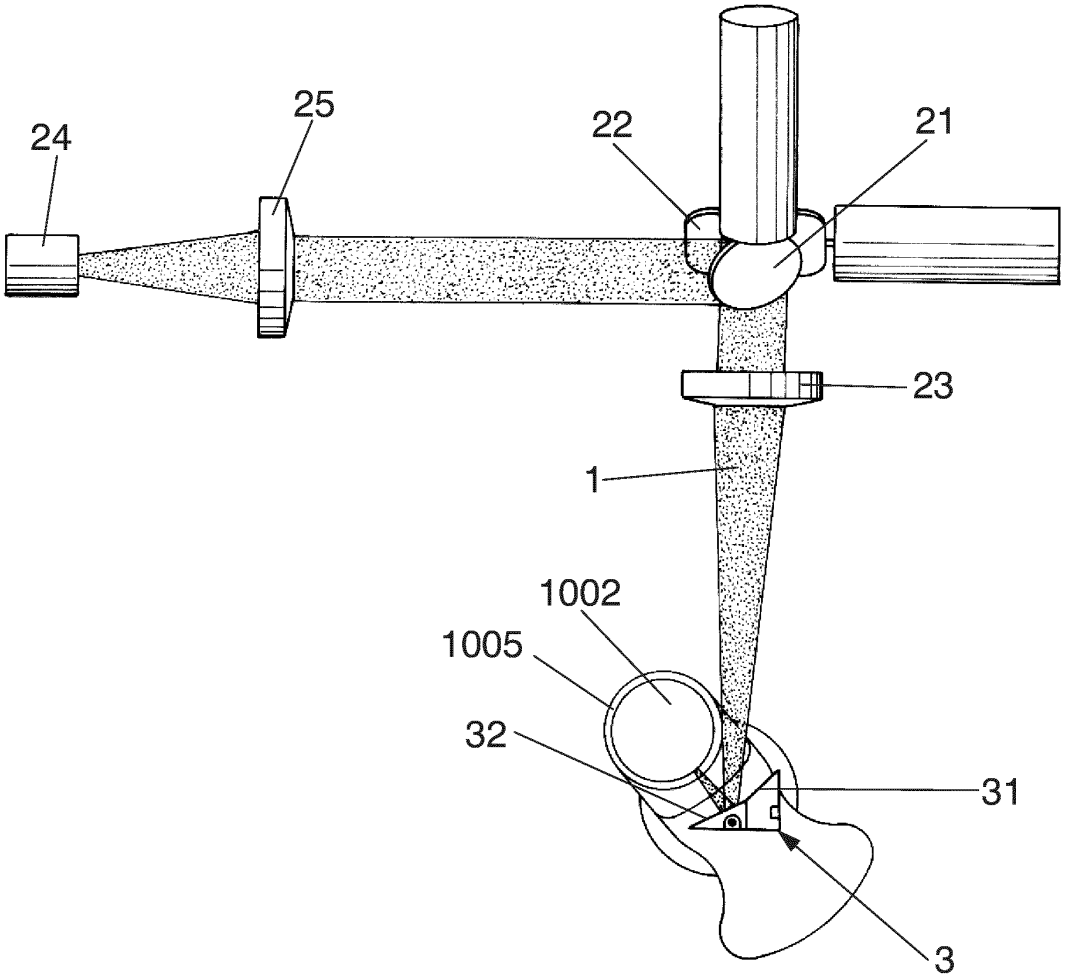

FIG. 12B

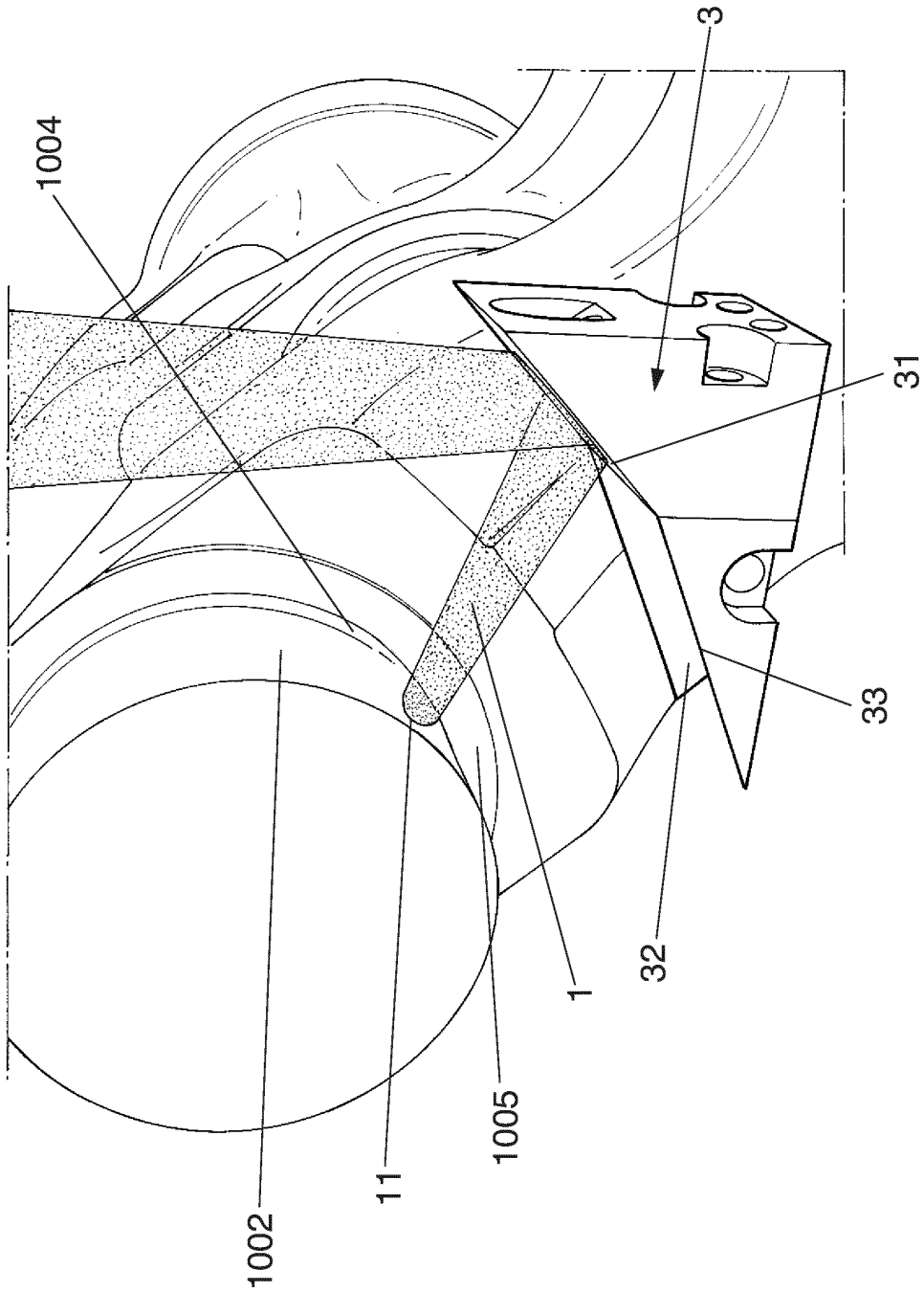

FIG. 13A

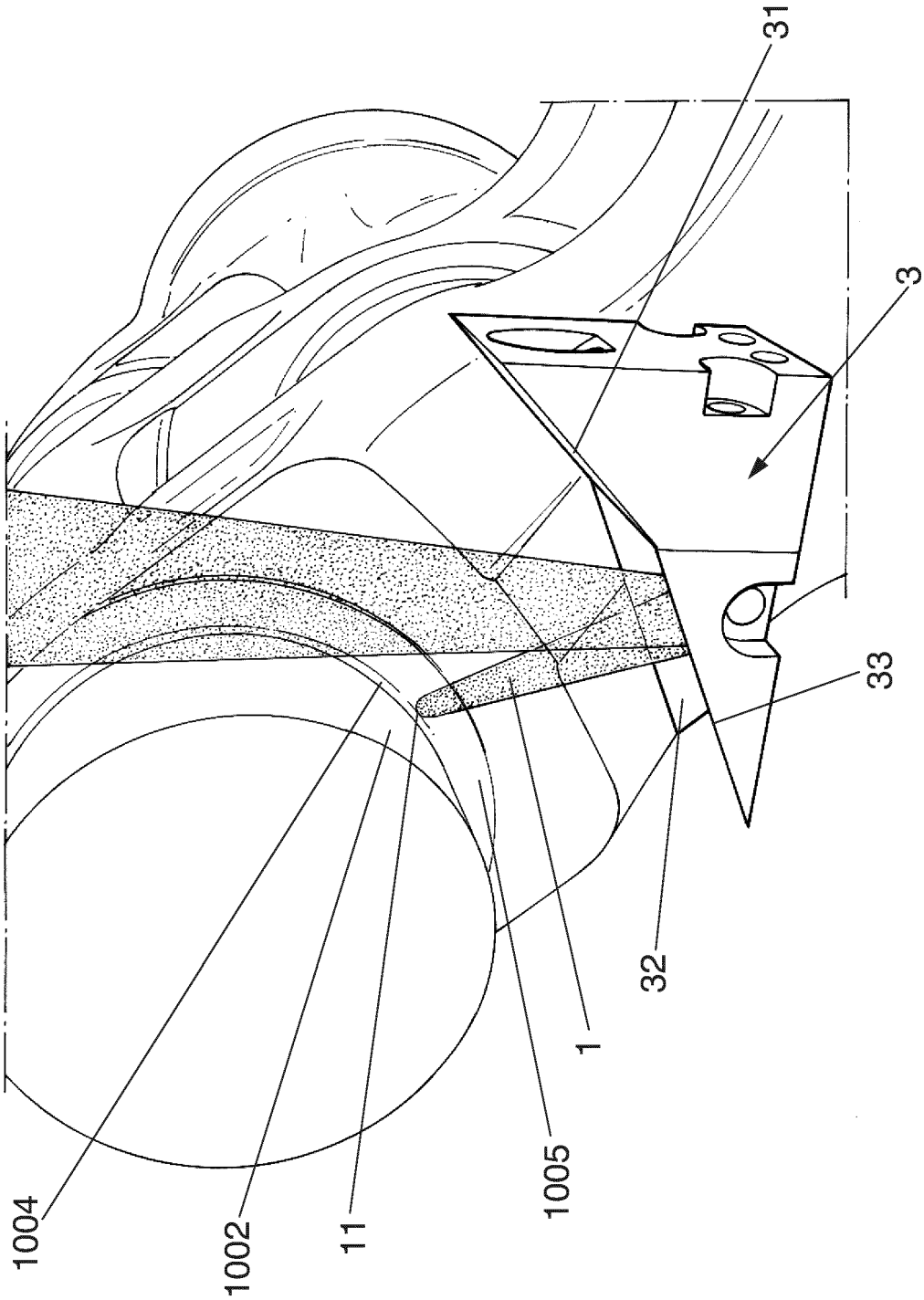

FIG. 13B

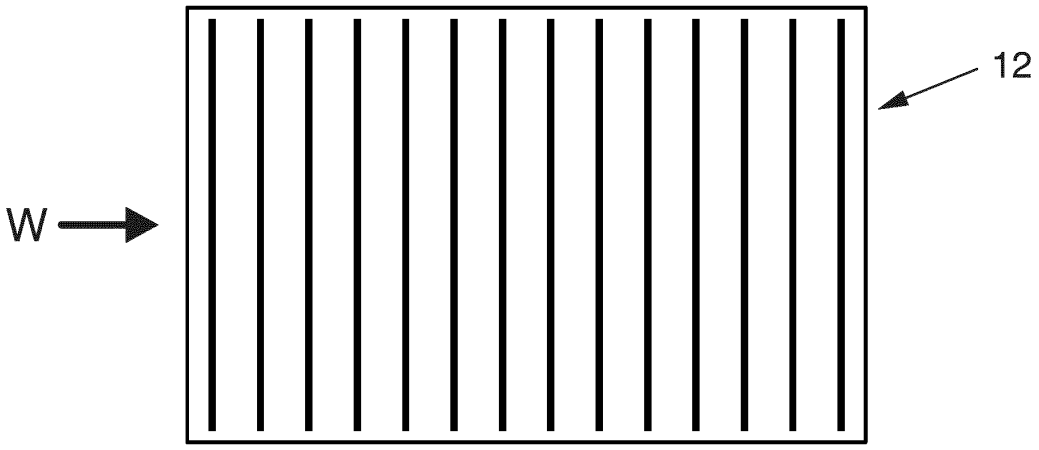

FIG. 14

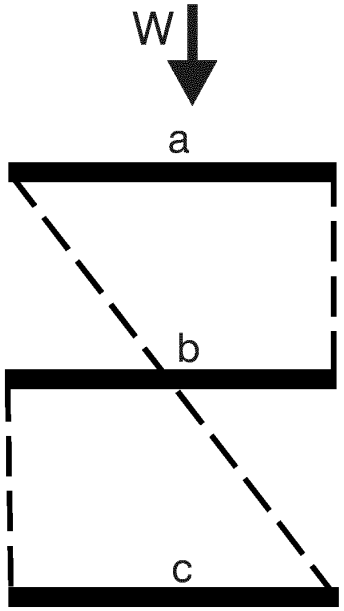

FIG. 15A

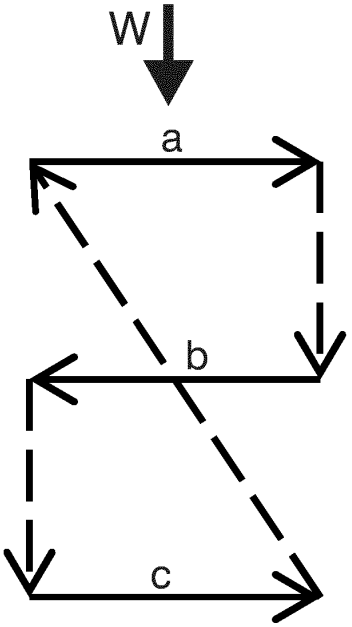

FIG. 15B

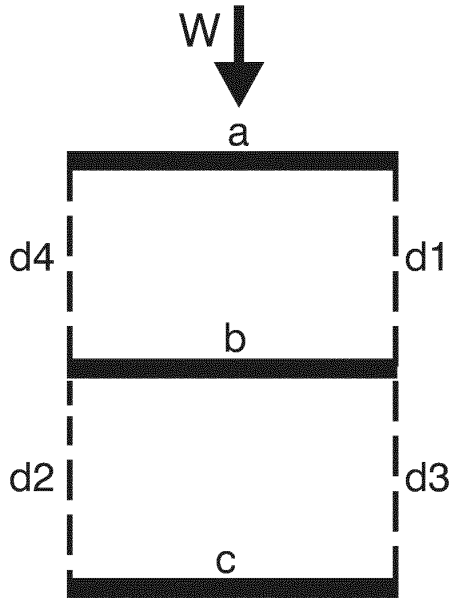

FIG. 16A

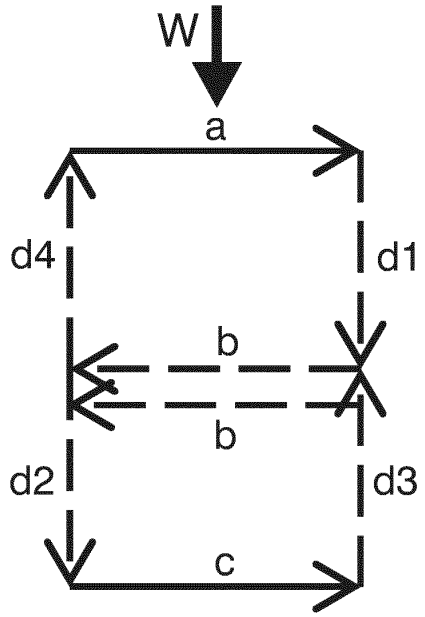

FIG.16B

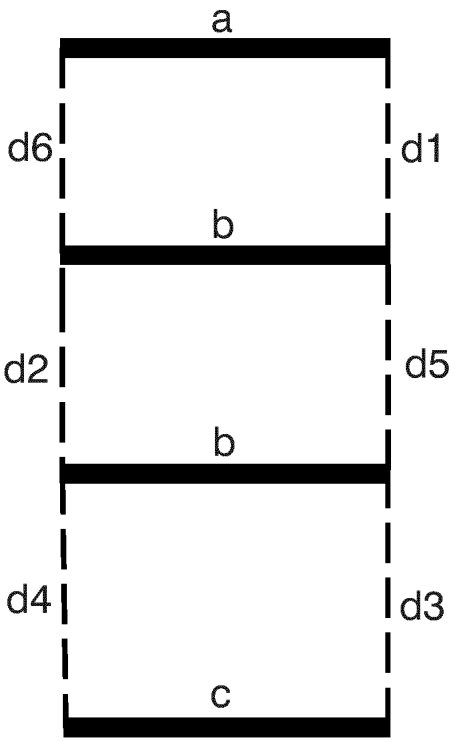

FIG. 17A

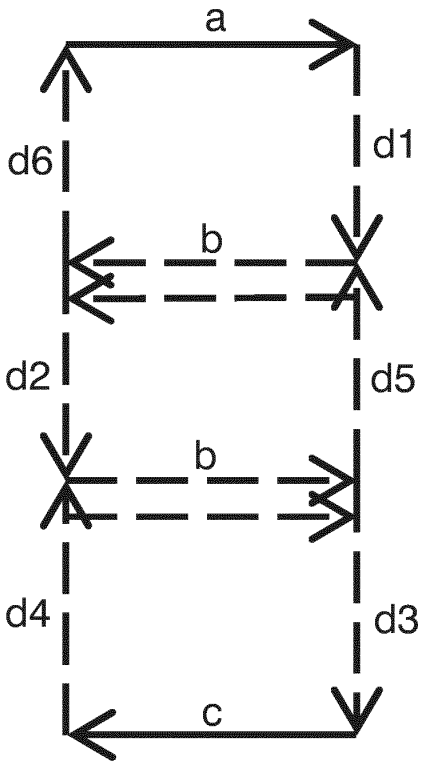

FIG. 17B

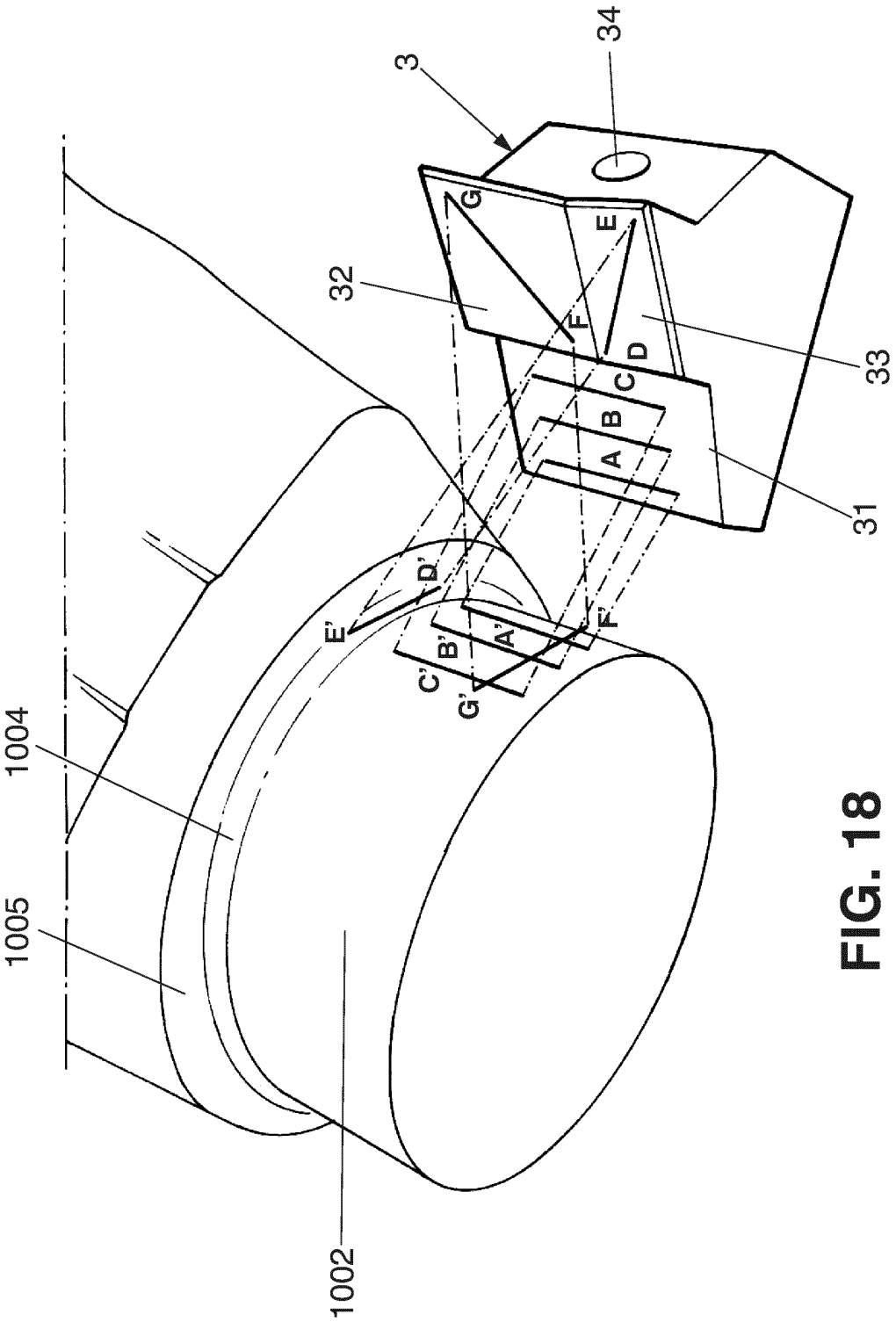

FIG. 18