

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 952 702**

51 Int. Cl.:

B23K 26/356 (2014.01)

B23K 26/00 (2014.01)

B23K 26/08 (2014.01)

C21D 10/00 (2006.01)

B23K 26/146 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.02.2017** **E 17158115 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2023** **EP 3225347**

54 Título: **Dispositivo de procesamiento de granallado por láser y método de procesamiento de granallado por láser**

30 Prioridad:

30.03.2016 JP 2016067451

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

03.11.2023

73 Titular/es:

SUBARU CORPORATION (100.0%)
1-20-8, Ebisu Shibuya-ku
Tokyo 150-8554, JP

72 Inventor/es:

NAKANO, MAYU y
ADACHI, TAKAFUMI

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 952 702 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

Dispositivo de procesamiento de granallado por láser y método de procesamiento de granallado por láser

5 **Campo**

Las realizaciones descritas en el presente documento se refieren, en general, a un dispositivo de procesamiento de granallado por láser y a un método de procesamiento de granallado por láser.

10 **Antecedentes**

El procesamiento de granallado por láser se lleva a cabo condensando e irradiando un haz láser sobre una superficie a procesar, de una pieza de trabajo, en un estado en el que la superficie a procesar está cubierta con líquido. Cuando se condensa e irradia un haz láser sobre una superficie a procesar de una pieza de trabajo cubierta con líquido, puede sellarse en el líquido un plasma generado por la irradiación del haz láser. Como resultado, se aplica una presión de onda de choque sobre la superficie a procesar. De este modo, puede lograrse que una tensión de compresión que se produzca dentro de la pieza de trabajo permanezca como tensión residual.

Durante el procesamiento de granallado por láser es importante suprimir la generación de burbujas de aire en el líquido. Esto se debe a que la energía de un haz láser que alcance una superficie a procesar se verá atenuada por las burbujas de aire. Por tanto, se ha propuesto una técnica en la que se dispone una válvula en la tubería de suministro del líquido para el granallado por láser, con el fin de eliminar del líquido las burbujas de aire. Así mismo, también se ha propuesto una técnica que evita la generación de burbujas de aire por cavitación, controlando la velocidad de flujo y el caudal del líquido. (Por ejemplo, véanse la publicación de solicitud de patente de Japón JP 2008-238260 A y la publicación de solicitud de patente de Japón JP 2006-137998 A.)

Sin embargo, cuando se irradia un haz láser sobre una superficie a procesar de una pieza de trabajo, surgen burbujas de aire en el punto sobre el que se enfoca el haz láser. Dicho de otra forma, en un punto de procesamiento del procesamiento de granallado por láser se generan burbujas de aire. Como resultado, surge el problema de que la ruta óptica del haz láser se ve interrumpida por las burbujas de aire y, por lo tanto, la energía del haz láser se ve atenuada. Es decir, el problema es que el procesamiento de granallado por láser no se puede llevar a cabo estrictamente con una energía ajustada del haz láser debido a las burbujas de aire que surgen en un punto de irradiación del haz láser.

Por tanto, un objeto de la presente invención es reducir la atenuación de la energía del haz láser por parte de las burbujas durante el procesamiento de granallado por láser.

El documento US 2013/313232 A1 divulga un método de endurecimiento por choque con láser, y un aparato que puede eliminar las salpicaduras de un líquido y la ondulación de la superficie del líquido tras la irradiación con láser.

El documento US 6 841 755 B2 divulga un método para controlar la aplicación de superposiciones de granallado por láser sobre la superficie de una pieza de trabajo, para reducir la variabilidad de las ondas de choque generadas en la misma.

El documento JP 2008 049367 A proporciona un método de granallado por láser y un aparato en donde la pieza de trabajo se irradia continuamente con un haz de láser pulsado a través de un líquido y, moviendo relativamente la pieza de trabajo y el haz láser, se cree que la tensión residual de tracción sobre la superficie de la pieza de trabajo se reduce o se convierte en una tensión de compresión.

La invención está definida por las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

En los dibujos adjuntos:

La FIG. 1 muestra una estructura de un dispositivo de procesamiento de granallado por láser de acuerdo con la primera realización de la presente invención;
la FIG. 2 muestra un aspecto del estancamiento que se genera durante el método de procesamiento de granallado por láser convencional; y
la FIG. 3 muestra una estructura de un dispositivo de procesamiento de granallado por láser de acuerdo con un ejemplo no cubierto por la presente invención.

Se describirán un dispositivo de procesamiento de granallado por láser y un método de procesamiento de granallado por láser de acuerdo con realizaciones de la presente invención, con referencia a los dibujos adjuntos.

(Primera realización)

(Estructura y función)

5 La FIG. 1 muestra una estructura de un dispositivo de procesamiento de granallado por láser de acuerdo con la primera realización de la presente invención.

10 Un dispositivo 1 de procesamiento de granallado por láser lleva a cabo el procesamiento de granallado por láser irradiando un haz láser al inyectar un líquido L deseado, tal como agua, sobre una superficie a procesar de una pieza de trabajo W, tal como un metal. El procesamiento de granallado por láser consiste en aplicar una presión de onda de choque sobre la superficie a procesar de la pieza de trabajo W mediante la condensación e irradiación de un haz láser en la superficie a procesar, en un estado en el que el líquido L se ha adherido a la superficie a procesar. Cuando se lleva a cabo el procesamiento de granallado por láser, puede aplicarse una tensión residual de compresión, como fuerza de reacción, en la superficie a procesar de la pieza de trabajo W mediante la presión de onda de choque. Cuando se aplica la tensión residual de compresión en la superficie a procesar de la pieza de trabajo W, la tensión residual de compresión formada puede suprimir la generación de una grieta en la superficie a procesar. De este modo, pueden mejorarse las características de fatiga en la pieza de trabajo W.

20 El dispositivo 1 de procesamiento de granallado por láser está compuesto por un oscilador láser 2, una boquilla 3, un sistema 4 de suministro de líquido, una estructura 5 de desplazamiento y una estructura 6 de inclinación como se ejemplifica en la FIG. 1.

El oscilador láser 2 emite una luz láser que se irradia hacia la boquilla 3. Unos sistemas ópticos deseados, tal como un filtro de ruido, pueden estar dispuestos entre el oscilador láser 2 y la boquilla 3.

25 La boquilla 3 está configurada para condensar e irradiar la luz láser sobre la superficie a procesar de la pieza de trabajo W inyectando el líquido L para el procesamiento de granallado por láser hacia la superficie a procesar. La boquilla 3 puede estar compuesta por una lente condensadora 7, un elemento óptico 8 y un depósito 9 de líquido.

30 La lente condensadora 7 es un elemento óptico para introducir y condensar la luz láser emitida por el oscilador láser 2. Por lo tanto, la lente condensadora 7 está dispuesta para estar situada sobre un eje de la luz láser emitida por el oscilador láser 2, dentro de una estructura tubular para cubrir la luz láser.

35 La boquilla 3 puede contar con el elemento óptico 8 además de la lente condensadora 7. El elemento óptico 8 cambia la dirección de desplazamiento de la luz láser transmitida por la lente condensadora 7, para irradiar la luz láser sobre la superficie a procesar de la pieza de trabajo W. Cuando el elemento óptico 8, que cambia la dirección de desplazamiento de la luz láser, está dispuesto en su sitio, puede irradiarse la luz láser hacia una dirección deseada.

40 En el ejemplo que se muestra en la figura, un prisma que desvía el eje de la luz en ángulo recto está dispuesto como elemento óptico 8. Un prisma es un poliedro hecho de un medio transparente, tal como vidrio o cristal, que tiene un índice de refracción diferente de cada índice de refracción en el lado incidente y el lado de salida de la luz. Por supuesto, también se puede usar un espejo en lugar de un prisma. Como alternativa, la dirección de desplazamiento de la luz láser se puede cambiar utilizando una fibra óptica.

45 El depósito 9 de líquido es un recipiente para reservar temporalmente e inyectar el líquido L para el procesamiento de granallado por láser de la pieza de trabajo W. El depósito 9 de líquido tiene un orificio de suministro y un orificio de inyección del líquido L a través del cual puede inyectar el líquido L, suministrado desde el orificio de suministro, hacia la superficie a procesar de la pieza de trabajo W.

50 Así mismo, el depósito 9 de líquido tiene una ventana incidente. Después, la luz láser que la ventana incidente ha transmitido a través del elemento óptico 8 sale en la misma dirección de inyección del líquido L. Es decir, el orificio de inyección del líquido L también sirve como salida de la luz láser, y la luz láser se irradia hacia la superficie a procesar de la pieza de trabajo W desde el orificio de inyección del líquido L.

55 Por lo tanto, el eje de la luz láser tiene aproximadamente la misma dirección que la dirección de inyección del líquido L. Es decir, la boquilla 3 está configurada para inyectar el líquido L e irradiar la luz láser de modo que la dirección de inyección del líquido L sea la misma dirección que la dirección de irradiación de la luz láser. Por tanto, la ventana incidente y el orificio de inyección del depósito 9 de líquido están dispuestos de manera que residan en el eje de la luz láser.

60 El líquido L se puede inyectar y la luz láser se puede irradiar de manera que la dirección de inyección del líquido L y la dirección de irradiación de la luz láser desciendan verticalmente mediante la disposición del elemento óptico 8, tal como un prisma. En este caso, el líquido L se puede inyectar utilizando la gravedad además de la presión del líquido.

65 Es preferible que el tamaño del orificio de inyección del líquido L sea mayor que el diámetro del haz de la luz láser. De este modo, el diámetro de un flujo del líquido L será mayor que el diámetro del haz de la luz láser, de modo que

la luz láser se transmita en el líquido L que se va a irradiar sobre la superficie a procesar de la pieza de trabajo W. Es decir, es preferible transmitir la luz láser en una columna de líquido formada por un flujo del líquido L.

5 El sistema 4 de suministro de líquido suministra al depósito 9 de líquido de la boquilla 3 el líquido L para el procesamiento de granallado por láser. El sistema 4 de suministro de líquido puede estar compuesto por un tanque 11, una bomba 12 y una tubería 13. El tanque 11 almacena el líquido L para el procesamiento de granallado por láser. La tubería 13 puede tener una válvula 14 según sea necesario.

10 La tubería 13 forma un canal de fluido para el líquido L entre el tanque 11 y el depósito 9 de líquido. La bomba 12 y la válvula 14 están dispuestas en la tubería 13. Por lo tanto, cuando la bomba 12 funciona, puede suministrarse el líquido L desde el tanque 11 hasta el depósito 9 de líquido. Así mismo, puede ajustarse la presión del líquido abriendo y cerrando la válvula 14. Por lo tanto, la válvula 14 asume el papel de un mecanismo de control de presión que controla la presión del líquido L inyectado hacia la superficie a procesar de la pieza de trabajo W.

15 La estructura 5 de desplazamiento es un dispositivo que desliza al menos una de la boquilla 3 o la pieza de trabajo W hacia la otra. Es decir, de acuerdo con la invención, la estructura 5 de desplazamiento tiene la función de desplazar la boquilla 3 en relación con la pieza de trabajo W. Por ejemplo, la estructura 5 de desplazamiento puede estar compuesta por una estructura deslizante de tres ejes que pueda desplazar la boquilla 3 en paralelo en tres direcciones axiales que consisten en el eje X, el eje Y y el eje Z ortogonales entre sí. Por supuesto, la estructura 5 de desplazamiento puede estar compuesta por una estructura de inclinación y/o una estructura de rotación. Por tanto, el procesamiento de granallado por láser puede llevarse a cabo de forma continua al cambiar un punto de procesamiento mediante el accionamiento de la estructura 5 de desplazamiento.

25 La estructura 6 de inclinación es un dispositivo que inclina la pieza de trabajo W de modo que la dirección de inyección del líquido L para el procesamiento de granallado por láser se vuelva diferente de la dirección normal de la superficie a procesar de la pieza de trabajo W. Es decir, la estructura 6 de inclinación es un dispositivo que inclina la pieza de trabajo W de modo que el líquido L no se inyecte perpendicularmente a la superficie a procesar de la pieza de trabajo W, manteniendo constante la distancia entre una posición de procesamiento de granallado por láser sobre la superficie a procesar de la pieza de trabajo W y la boquilla 3, para hacer que el foco de la luz láser se encuentre en la posición de procesamiento de granallado por láser.

30 Cuando se lleva a cabo el procesamiento de granallado por láser, surgen burbujas de aire en la superficie a procesar de la pieza de trabajo W, sobre la que se ha irradiado la luz láser, debido a la colisión entre el líquido L y la superficie a procesar y/o a un choque causado por la irradiación de la luz láser sobre la superficie a procesar. Cuando las burbujas de aire se acumulan en el líquido L para el procesamiento de granallado por láser, se interrumpe la ruta óptica de la luz láser, lo que puede conllevar la dispersión o atenuación de la luz láser. Por lo tanto, es importante eliminar las burbujas de aire del líquido L para el procesamiento de granallado por láser para aplicar una presión suficiente de onda de choque sobre la superficie a procesar durante el procesamiento de granallado por láser.

40 A base de observar el procesamiento de granallado por láser, quedó de manifiesto que las burbujas de aire generadas por la irradiación de la luz láser tendían a acumularse donde se estancaba el flujo del líquido L. Por lo tanto, cuando se reduce el estancamiento en un área de irradiación de la luz láser, puede evitarse que las burbujas de aire permanezcan localmente en el área de irradiación de la luz láser.

45 La FIG. 2 muestra un aspecto del estancamiento que se genera durante el método de procesamiento de granallado por láser convencional.

50 Como se muestra en la FIG. 2, cuando el líquido L para el procesamiento de granallado por láser se inyecta perpendicularmente a la superficie a procesar de la pieza de trabajo W, se produce un estancamiento del líquido L alrededor del punto de irradiación de la luz láser sobre la superficie a procesar. Por lo tanto, las burbujas de aire formadas por la irradiación de la luz láser permanecen alrededor del punto de irradiación. Como resultado, las burbujas de aire interrumpen la ruta óptica de la luz láser, lo que conlleva la dispersión o atenuación de la luz láser.

55 Por tanto, se inclina la pieza de trabajo W mediante la estructura 6 de inclinación como se ejemplifica en la FIG. 1. De este modo, se puede evitar que el estancamiento que se produzca en el líquido L se concentre cerca de un área de irradiación de la luz láser. Específicamente, cuando se inclina la pieza de trabajo W, el líquido L fluye oblicuamente hacia abajo. Es decir, se forma un flujo del líquido L. Como resultado, se puede reducir la cantidad de estancamiento que se genera en el líquido L. Incluso cuando se produzca estancamiento, este también fluirá oblicuamente hacia abajo desde un área de irradiación de la luz láser a lo largo del flujo del líquido L. Como resultado, las burbujas de aire, causadas por la colisión entre el líquido L y la superficie a procesar de la pieza de trabajo W y por un choque debido a la irradiación de la luz láser sobre la superficie a procesar, pueden fluir oblicuamente hacia abajo con el líquido L en vez de permanecer en el estancamiento.

65 En el ejemplo mostrado en la FIG. 1, la dirección de inyección del líquido L y la dirección de irradiación de la luz láser son verticalmente descendentes. La dirección de inyección del líquido L y la dirección de irradiación de la luz láser también pueden ser diferentes de la dirección vertical descendente, dependiendo de la estructura de la pieza de

trabajo W. En ese caso, también puede hacerse que el líquido L fluya en una dirección específica dependiente de la dirección inclinada de la superficie a procesar de la pieza de trabajo W, con respecto a la dirección de inyección del líquido L, cuando la estructura 6 de inclinación inclina la pieza de trabajo W de modo que la dirección de inyección del líquido L se vuelva diferente de la dirección normal de la superficie a procesar. Por lo tanto, puede hacerse que las burbujas de aire causadas por el procesamiento de granallado por láser fluyan con el líquido L en una dirección dependiente de la dirección inclinada de la superficie a procesar con respecto a la dirección de inyección del líquido L.

La estructura 6 de inclinación está compuesta por un brazo robótico 6A y un dispositivo 6B de control, por ejemplo. El brazo robótico 6A controla de forma variable el ángulo inclinado de la superficie a procesar de la pieza de trabajo W con respecto a la dirección de inyección del líquido L para el procesamiento por granallado por láser, manteniendo la luz láser enfocada sobre la superficie a procesar de la pieza de trabajo W. El dispositivo 6B de control controla el brazo robótico 6A. El brazo robótico 6A puede componerse utilizando el número necesario de estructuras de rotación y estructuras de expansión y contracción. El brazo robótico 6A puede componerse utilizando una pluralidad de estructuras de rotación de modo que puedan ajustarse en dos direcciones los ángulos inclinados. Al mismo tiempo, el dispositivo 6B de control, que controla el brazo robótico 6A, puede estar compuesto por circuitería electrónica, tal como un ordenador.

Más específicamente, el dispositivo 6B de control puede implementarse mediante circuitería que incluya al menos un circuito integrado semiconductor, tal como al menos un procesador (por ejemplo, una unidad central de procesamiento (CPU)), al menos un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) y/o al menos una matriz de puertas programables en campo (FPGA). Se puede configurar al menos un procesador, mediante la lectura de instrucciones de al menos un medio tangible legible por máquina, para que lleve a cabo todas o parte de las funciones del dispositivo 6B de control. Tal medio puede adoptar muchas formas, incluyendo, aunque no de forma limitativa, cualquier tipo de medio magnético tal como un disco duro, cualquier tipo de medio óptico tal como un disco compacto (CD) y un disco versátil digital (DVD), cualquier tipo de memoria semiconductor (es decir, un circuito semiconductor) tal como una memoria volátil y una memoria no volátil. La memoria volátil puede incluir una memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM) y una memoria estática de acceso aleatorio (SRAM), y la memoria no volátil puede incluir una memoria de solo lectura (ROM) y una memoria no volátil de acceso aleatorio (NVRAM). El ASIC es un circuito integrado (CI) personalizado para que ejecute, y el FPGA es un circuito integrado que puede configurarse tras su fabricación para que ejecute, todas o parte de las funciones de los módulos mostrados en la FIG. 1.

En el ejemplo mostrado en la FIG. 1, la pieza de trabajo W se ha sujetado a una plantilla T, y el brazo robótico 6A sostiene la plantilla T. Por supuesto, el brazo robótico 6A puede sostener directamente la pieza de trabajo W. Es decir, la estructura 6 de inclinación está compuesta por el brazo robótico 6A que sostiene la pieza de trabajo W o la plantilla T con la que se sujeta la pieza de trabajo W.

Así mismo, la estructura 6 de inclinación no solo se limita al brazo robótico 6A sino que también puede estar compuesta por una estructura basculante que tenga un vástago giratorio (un ejemplo no cubierto por la presente invención), que puede inclinar la pieza de trabajo W o la plantilla T para sujetar la pieza de trabajo W. En ese caso, un dispositivo de control está instalado para controlar la estructura basculante.

La superficie a procesar de la pieza de trabajo W no tiene que ser necesariamente plana. Por ejemplo, cuando la pieza de trabajo W es una pieza de aeronave, la superficie a procesar puede ser cóncava y convexa y/o la superficie a procesar puede ser curva. Por lo tanto, cuando el procesamiento de granallado por láser se lleva a cabo cambiando la posición relativa de la boquilla 3 con respecto a la pieza de trabajo W mediante el accionamiento de la estructura 5 de desplazamiento, puede cambiar el ángulo formado entre la dirección de inyección del líquido L y la dirección normal de la superficie a procesar. Por tanto, la pieza de trabajo W se inclina de manera que el ángulo inclinado de la superficie a procesar, con respecto a la dirección de inyección del líquido L, se vuelva constante o esté dentro de un intervalo predeterminado durante el deslizamiento de al menos una de la boquilla 3 o la pieza de trabajo W, en función de información tridimensional que muestra la forma de la superficie a procesar.

Cuando el procesamiento de granallado por láser se lleva a cabo cambiando el ángulo inclinado de la superficie a procesar de la pieza de trabajo W, es necesaria la traslación paralela de la pieza de trabajo W además de un movimiento de rotación de la pieza de trabajo W para mantener la luz láser enfocada sobre la superficie a procesar de la pieza de trabajo W, a menos que un eje giratorio de la pieza de trabajo W se superponga a una posición de procesamiento de granallado por láser. Por ejemplo, cuando el brazo robótico 6A cambia el ángulo inclinado de la pieza de trabajo W, como se muestra en la FIG. 1, es necesario desplazar la pieza de trabajo W en paralelo en la dirección vertical. Por tanto, el brazo robótico 6A puede tener una pluralidad de vástagos giratorios, o el brazo robótico 6A puede tener una estructura de expansión y contracción que esté compuesta por una estructura cilíndrica o similar para poder desplazar la pieza de trabajo W en paralelo.

Así mismo, la traslación paralela de la boquilla 3 por parte de la estructura 5 de desplazamiento se lleva a cabo junto con un movimiento de rotación de la pieza de trabajo W. En ese caso, el dispositivo 6B de control controla la estructura 5 de desplazamiento en función de la información tridimensional que muestra una forma de la superficie a procesar. Por lo tanto, también se puede decir que la estructura 5 de desplazamiento funciona como parte de la

estructura 6 de inclinación.

La información tridimensional que muestra la forma de la superficie a procesar se almacena previamente en un almacenamiento proporcionado en el dispositivo 6B de control. Después, el brazo robótico 6A, bajo el control del dispositivo 6B de control en referencia a la información tridimensional de la superficie a procesar, mantiene un ángulo inclinado de la superficie a procesar en la dirección de inyección del líquido L de modo que el ángulo inclinado se vuelva constante o esté dentro de un intervalo predeterminado. De forma adicional, el dispositivo 6B de control controla al menos uno del brazo robótico 6A o la estructura 5 de desplazamiento en referencia a la información tridimensional de la superficie a procesar para que la luz láser quede enfocada sobre la superficie a procesar.

La cantidad de estancamiento del líquido L, causada por la colisión entre el líquido L y la superficie a procesar, también cambia dependiendo de la presión del líquido L. Por lo tanto, la presión del líquido L puede controlarse mediante la válvula 14 como mecanismo de control de presión que controla la presión del líquido L, para reducir el estancamiento. Específicamente, ajustando la apertura de la válvula 14 puede reducirse la cantidad de estancamiento que se genera. La apertura adecuada de la válvula 14 para reducir el estancamiento puede obtenerse empíricamente mediante ensayos.

Cabe destacar que, siempre que se pueda controlar la presión del líquido L, se puede utilizar un dispositivo distinto de la válvula 14 como mecanismo de control de la presión. En ese caso, la presión del líquido L también puede controlarse mediante el mecanismo de control de presión para reducir la cantidad de estancamiento que se genera.

Como se ha descrito anteriormente, el dispositivo 1 de procesamiento de granallado por láser puede evitar que las burbujas de aire estancadas permanezcan cerca de un área de irradiación de la luz láser, ajustando la presión del líquido L y el ángulo inclinado de la superficie a procesar.

(Operación y Acción)

A continuación, se describirá un método de procesamiento de granallado por láser que usa el dispositivo 1 de procesamiento de granallado por láser.

En primer lugar, se fija la pieza de trabajo W al brazo robótico 6A a través de la plantilla T. Alternativamente, se fija la pieza de trabajo W directamente al brazo robótico 6A. Después, se lleva a cabo el posicionamiento de la pieza de trabajo W accionando la estructura 5 de desplazamiento de manera que un foco de la luz láser, irradiada desde la boquilla 3, se convierta en una posición de inicio del procesamiento de granallado por láser en la superficie a procesar de la pieza de trabajo W. Además, se acciona el brazo robótico 6A y se controla con el dispositivo 6B de control para inclinar la dirección normal de la superficie a procesar de la pieza de trabajo W en un ángulo predeterminado con respecto a la dirección de inyección del líquido L, inyectado desde la boquilla 3, y la dirección de irradiación de la luz láser irradiada desde la boquilla 3.

A continuación, el oscilador láser 2 emite la luz láser. Dicho de otra forma, se da salida a la luz láser mediante el oscilador láser 2. La luz láser emitida entra en la lente condensadora 7 dentro de la boquilla 3 a través de un sistema óptico deseado. La luz láser, que ha entrado en la lente condensadora 7, es transmitida por la lente condensadora 7 al ser condensada. La luz láser, que ha sido transmitida por la lente condensadora 7, entra en el elemento óptico 8. La dirección de desplazamiento de la luz láser, que ha entrado en el elemento óptico 8, es modificada por el elemento óptico 8 para que descienda verticalmente para su emisión.

Al mismo tiempo, la bomba 12 del sistema 4 de suministro de líquido se activa para suministrar al depósito 9 de líquido, a través de la tubería 13, el líquido L de procesamiento de granallado por láser, que está contenido en el tanque 11. Como resultado, el líquido L es inyectado hacia la superficie a procesar de la pieza de trabajo W desde la parte de abertura que se ha formado en el lado inferior del depósito 9 de líquido. De este modo, la luz láser, a la que ha dado salida el elemento óptico 8, se transmite por dentro del líquido L para su condensación e irradiación hacia la superficie a procesar de la pieza de trabajo W. Es decir, la boquilla 3 condensa e irradia la luz láser hacia la superficie a procesar de la pieza de trabajo W inyectando el líquido L hacia la superficie a procesar de la pieza de trabajo W.

En consecuencia, se genera plasma en la superficie a procesar de la pieza de trabajo W. De este modo, se aplica una presión de onda de choque en la superficie a procesar de la pieza de trabajo W. Después, pueden incrementarse las resistencias de la superficie mediante tensión residual.

En este momento, la pieza de trabajo W ha quedado inclinada de modo que la dirección de inyección del líquido L se vuelva diferente de la dirección normal de la superficie a procesar. De este modo, el líquido L, que ha sido inyectado a la superficie a procesar, fluye a lo largo de la superficie a procesar hacia una dirección en la que aumenta el ángulo formado entre la superficie a procesar y la dirección de inyección del líquido L. Como resultado, se reduce el número de puntos de estancamiento generados en el líquido L. Incluso si se ha producido un estancamiento local debido a la colisión entre la superficie a procesar y el líquido L, el estancamiento fluirá inmediatamente desde un

área de irradiación de la luz láser junto con el flujo del líquido L. De este modo, las burbujas de aire generadas por la colisión entre el líquido L y la superficie a procesar, y por un choque debido a la luz láser, también podrán fluir con el líquido L en una dirección correspondiente a la dirección inclinada de la superficie a procesar con respecto a la dirección de inyección del líquido L.

5 Por lo tanto, la luz láser se irradia sobre la superficie a procesar de la pieza de trabajo W sin que se vea interrumpida por demasiadas burbujas de aire. Es decir, se irradia sobre la superficie a procesar de la pieza de trabajo W luz láser que tiene una densidad de energía suficiente. Como resultado, pueden mejorarse ciertamente las resistencias de la superficie procesada.

10 Cuando la superficie a procesar de la pieza de trabajo W es grande, el procesamiento de granallado por láser puede llevarse a cabo secuencialmente moviendo relativamente la pieza de trabajo W mediante el accionamiento de la estructura 5 de desplazamiento. Después, una vez completado el procesamiento de granallado por láser de toda la superficie a procesar, puede obtenerse un producto procesado. Es decir, puede fabricarse un producto o un semiproducto al que se le haya aplicado el procesamiento de granallado por láser.

15 Cabe destacar que, cuando la pieza de trabajo W no es plana, se controla el ángulo inclinado de la superficie a procesar de forma variable siguiendo el movimiento de la pieza de trabajo W. En ese caso, el dispositivo 6B de control controla el brazo robótico 6A de modo que el ángulo inclinado de la superficie a procesar en la dirección de inyección del líquido L se vuelva constante o esté dentro de un intervalo predeterminado, en función de la información tridimensional que muestra la forma de la superficie a procesar. De este modo, el ángulo inclinado de la superficie a procesar en la dirección de inyección del líquido L se mantiene constante o dentro de un intervalo predeterminado, pudiendo evitarse así que las burbujas de aire generadas durante el procesamiento de granallado por láser permanezcan en un área de irradiación de la luz láser.

20 Así mismo, puede controlarse la presión del líquido L para reducir el estancamiento, que es un factor que hace que permanezcan burbujas de aire. La presión del líquido L puede controlarse ajustando la apertura de la válvula 14.

25 Es decir, el dispositivo 1 de procesamiento de granallado por láser y el método de procesamiento de granallado por láser como se han descrito anteriormente centran su atención en la característica por la que las burbujas de aire generadas durante el procesamiento de granallado por láser se acumulan en el estancamiento del líquido L de procesamiento de granallado por láser, y permiten inclinar la dirección normal de la superficie a procesar de la pieza de trabajo W con respecto a la dirección de inyección del líquido L, inyectado desde la boquilla 3, y con respecto a la dirección de irradiación de la luz láser para reducir la cantidad de estancamiento que se genera cerca de cada posición de procesamiento de granallado por láser.

(Efectos)

30 Por consiguiente, el dispositivo 1 de procesamiento de granallado por láser y el método de procesamiento de granallado por láser pueden reducir la cantidad de puntos de estancamiento del líquido L que permanecen cerca de cada punto de procesamiento del procesamiento de granallado por láser. De este modo, pueden eliminarse las burbujas de aire que se generan durante el procesamiento de granallado por láser cerca de cada punto de procesamiento del procesamiento de granallado por láser. Como resultado, puede reducirse la atenuación de la energía del haz láser debido a las burbujas de aire. Es decir, puede llevarse a cabo el procesamiento de granallado por láser en condiciones más preferibles.

(Ejemplo no cubierto por la presente invención)

35 La FIG. 3 muestra una estructura de un dispositivo de procesamiento de granallado por láser de acuerdo con un ejemplo no cubierto por la presente invención.

40 El dispositivo 1A de procesamiento de granallado por láser del ejemplo no cubierto por la presente invención, que se muestra en la FIG. 3, es diferente del dispositivo 1 de procesamiento de granallado por láser de la primera realización en el sentido de que la estructura 6 de inclinación puede controlar el ángulo inclinado de la boquilla 3 con respecto a la superficie a procesar de la pieza de trabajo W. El resto de estructuras y funciones del dispositivo 1A de procesamiento de granallado por láser del ejemplo no cubierto por la presente invención no son sustancialmente diferentes de las del dispositivo 1 de procesamiento de granallado por láser de la primera realización. Por lo tanto, las mismas estructuras o correspondientes estructuras se muestran con los mismos signos y se han omitido sus explicaciones.

45 La estructura 6 de inclinación del dispositivo 1A de procesamiento de granallado por láser del ejemplo no cubierto por la presente invención está acoplada con la boquilla 3. Por lo tanto, puede controlarse de forma variable el ángulo inclinado de la boquilla 3 con respecto a la superficie a procesar de la pieza de trabajo W. Por ejemplo, la estructura 6 de inclinación puede estar compuesta por un vástago giratorio 20 y unas estructuras cilíndricas 21 que se extienden y contraen, como se muestra en la FIG. 3. Específicamente, la estructura 6 de inclinación, que puede controlar de forma variable el ángulo inclinado de la boquilla 3, puede estar compuesta por las estructuras cilíndricas

21, cada una de las cuales se extiende y contrae, que soportan un extremo de la parte inferior de una mesa 22 que también sirve como parte de la estructura 5 de desplazamiento, y por el vástago giratorio 20 que soporta de forma giratoria el otro extremo de la mesa 22. Por lo tanto, la estructura 6 de inclinación también puede ser un elemento de la estructura 5 de desplazamiento.

5 Por otro lado, puede estar dispuesta una estructura 24 de ajuste de la altura. La estructura 24 de ajuste de la altura ajusta la altura de una mesa 23 en la que se coloca la pieza de trabajo W, o la plantilla T para la pieza de trabajo W, de modo que un foco de la luz láser se convierta en una posición de procesamiento de granallado por láser sobre la superficie a procesar de la pieza de trabajo W. La estructura 24 de ajuste de la altura puede estar controlada por el
10 dispositivo 6B de control. Por lo tanto, se puede decir que la estructura 24 de ajuste de la altura también forma parte de la estructura 6 de inclinación que inclina la pieza de trabajo W de modo que el líquido L no se inyecte perpendicularmente con respecto a la superficie a procesar de la pieza de trabajo W, manteniendo constante la distancia entre cada posición de procesamiento de granallado por láser y la boquilla 3. La estructura 24 de ajuste de la altura puede estar compuesta por estructuras cilíndricas, husillos de bolas, o similares. Por supuesto, puede
15 ajustarse la altura de la boquilla 3 mediante la estructura 5 de desplazamiento, en lugar de ajustar la altura de la mesa 23 para colocar la plantilla T para la pieza de trabajo W. Alternativamente, pueden regularse tanto la altura de la mesa 23 como la altura de la boquilla 3.

20 El dispositivo 1A de procesamiento de granallado por láser mencionado anteriormente del ejemplo no cubierto por la presente invención también puede lograr efectos similares a los del dispositivo 1 de procesamiento de granallado por láser de la primera realización. En particular, cuando la pieza de trabajo W es de gran tamaño o el peso de la pieza de trabajo W es elevado, puede resultar innecesario un dispositivo a gran escala ya que puede resultar innecesaria la inclinación de la pieza de trabajo W.

25 A la inversa, cuando la pieza de trabajo W tiene un tamaño pequeño o el peso de la pieza de trabajo W es bajo, puede hacerse que la dirección de inyección del líquido L sea verticalmente descendente de manera constante al inclinar el lado W de la pieza de trabajo, como se ha descrito en la primera realización. De este modo, el líquido L puede inyectarse usando la gravedad. De forma adicional, no es necesario un dispositivo a gran escala para la inclinación de la boquilla 3 y la estructura 5 de desplazamiento.

30 (Otras realizaciones)

35 Si bien se han descrito ciertas realizaciones, estas realizaciones se han presentado únicamente a modo de ejemplo y no pretenden limitar el alcance de la invención. De hecho, los métodos y sistemas novedosos descritos en el presente documento pueden incorporarse en diversas otras formas; así mismo, pueden hacerse varias omisiones, sustituciones y cambios en la forma de los métodos y sistemas descritos en el presente documento sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

40 Por ejemplo, la primera realización puede combinarse con el ejemplo no cubierto por la presente invención. Específicamente, pueden controlarse ambos ángulos inclinados de la boquilla 3 y la pieza de trabajo W. Por lo tanto, la estructura 6 de inclinación puede configurarse de manera que incline al menos una de la boquilla 3 o la pieza de trabajo W.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (1) de procesamiento de granallado por láser, que comprende:

5 un oscilador láser (2) para emitir luz láser;
una boquilla (3) para condensar e irradiar la luz láser hacia una superficie a procesar de una pieza de trabajo (W), mediante la inyección de líquido hacia la superficie a procesar, siendo la dirección de irradiación de la luz láser verticalmente descendente, siendo la dirección de inyección del líquido verticalmente descendente;

10 un sistema (4) de suministro de líquido para suministrar el líquido a la boquilla (3);

una estructura de inclinación compuesta por un brazo robótico (6A) y un dispositivo (6B) de control, estando configurada la estructura de inclinación para inclinar la pieza de trabajo para hacer que la dirección de inyección del líquido sea diferente de la dirección normal de la superficie a procesar, logrando que las burbujas de aire, generadas por al menos una de la colisión entre el líquido y la superficie a procesar y por un choque debido a la irradiación de la luz láser sobre la superficie a procesar, fluyan en una dirección dependiente de la dirección inclinada de la superficie con respecto a la dirección de inyección del líquido, estando configurado el brazo robótico para sostener la pieza de trabajo o una plantilla para sujetar la pieza de trabajo, estando configurado el brazo robótico para controlar de forma variable el ángulo inclinado de la superficie a procesar en la dirección de inyección del líquido; y

una estructura (5) de desplazamiento para desplazar la boquilla en relación con la pieza de trabajo, estando configurado el dispositivo (6B) de control para controlar la estructura de desplazamiento y el brazo robótico para efectuar una traslación paralela de la boquilla, mediante la estructura de desplazamiento, junto con un movimiento de rotación de la pieza de trabajo, mediante el brazo robótico, controlándose la estructura de desplazamiento y el brazo robótico de manera que la luz láser quede enfocada sobre la superficie a procesar, y en donde el dispositivo de control está configurado para inclinar la pieza de trabajo con el brazo robótico para hacer que el ángulo inclinado de la superficie a procesar se vuelva constante o esté dentro de un intervalo predeterminado, con respecto a la dirección de inyección del líquido, durante la traslación paralela de la boquilla, en función de información tridimensional que muestra la forma de la superficie a procesar.

20 2. El dispositivo (1) de procesamiento de granallado por láser de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:
un prisma (8) para cambiar la dirección de desplazamiento de la luz láser emitida por el oscilador láser.

35 3. El dispositivo (1) de procesamiento de granallado por láser de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende adicionalmente:
una estructura (14) de control de la presión para controlar la presión del líquido y reducir el estancamiento del mismo, generándose el estancamiento debido a la colisión entre el líquido y la superficie a procesar.

40 4. Un método de procesamiento de granallado por láser que comprende:

emitir luz láser;

45 producir un producto o un semiproducto condensando e irradiando la luz láser hacia una superficie a procesar de una pieza de trabajo (W), mediante la inyección de líquido hacia la superficie a procesar, y moviendo una boquilla (3), para inyectar el líquido e irradiar la luz láser, en relación con la pieza de trabajo, siendo la dirección de inyección del líquido verticalmente descendente, siendo la dirección de irradiación de la luz láser verticalmente descendente, inyectándose el líquido para cubrir la superficie a procesar;

50 controlar de forma variable un ángulo inclinado de la superficie a procesar con respecto a la dirección de inyección del líquido sujetando mediante un brazo robótico (6A) la pieza de trabajo, o una plantilla para sujetar la pieza de trabajo, e inclinando la pieza de trabajo para hacer que la dirección de inyección del líquido sea diferente de una dirección normal de la superficie a procesar, logrando que las burbujas de aire, generadas por al menos una de la colisión entre el líquido y la superficie a procesar y por un choque debido a la irradiación de la luz láser sobre la superficie a procesar, fluyan en una dirección dependiente de la dirección inclinada de la superficie con respecto a la dirección de inyección del líquido; y

55 controlar una estructura (5) de desplazamiento para desplazar la boquilla y el brazo robótico para efectuar mediante parte del brazo robótico una traslación paralela de la boquilla junto con un movimiento de rotación de la pieza de trabajo, controlándose la estructura de desplazamiento y el brazo robótico de manera que la luz láser quede enfocada sobre la superficie a procesar, en donde el brazo robótico inclina la pieza de trabajo para hacer que el ángulo inclinado de la superficie a procesar en la dirección de inyección del líquido se vuelva constante o esté dentro de un intervalo predeterminado, durante la traslación paralela de la boquilla, en función de información tridimensional que muestra la forma de la superficie a procesar.

60 5. El método de procesamiento de granallado por láser de acuerdo con la reivindicación 4,
65 en donde un prisma (8) cambia la dirección de desplazamiento de la luz láser emitida.

6. El método de procesamiento de granallado por láser de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, que comprende adicionalmente:
controlar la presión del líquido para reducir el estancamiento del mismo, generándose el estancamiento debido a la colisión entre el líquido y la superficie a procesar.

5

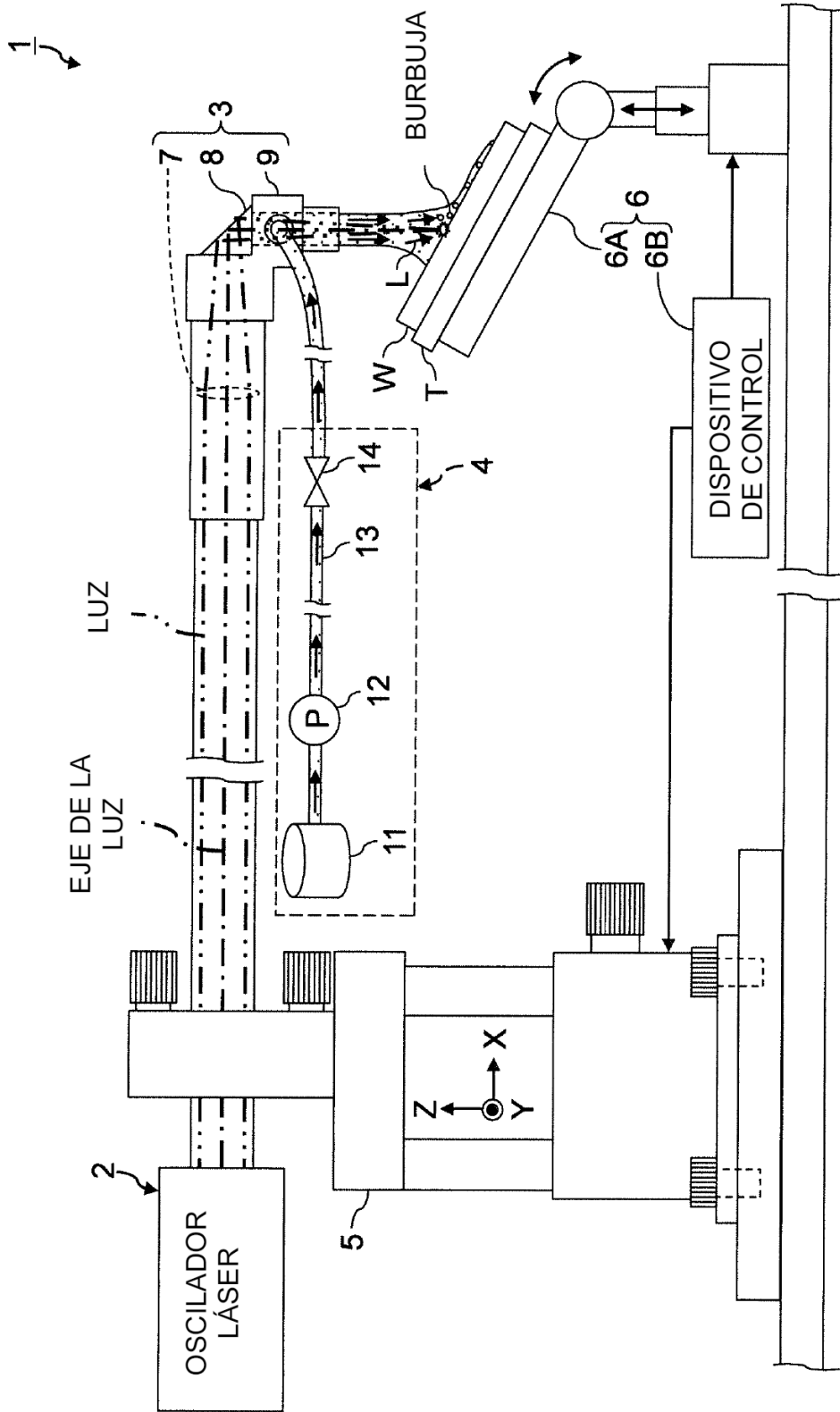


FIG. 1

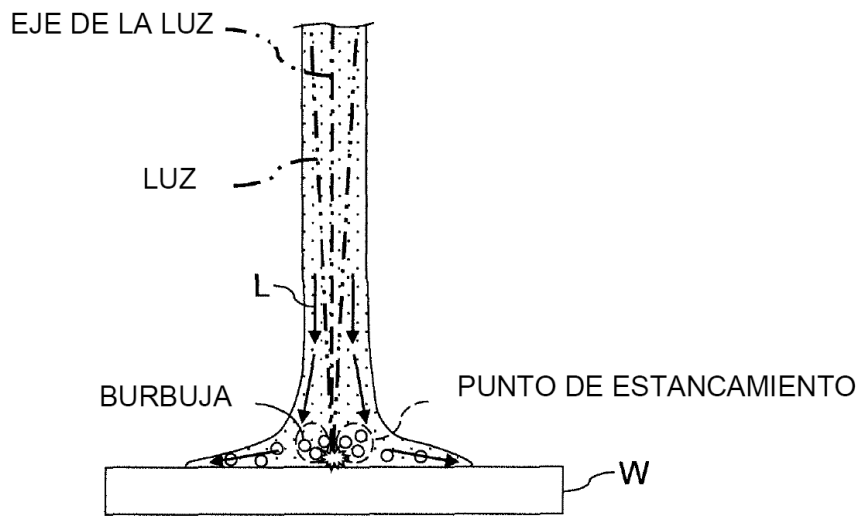


FIG. 2

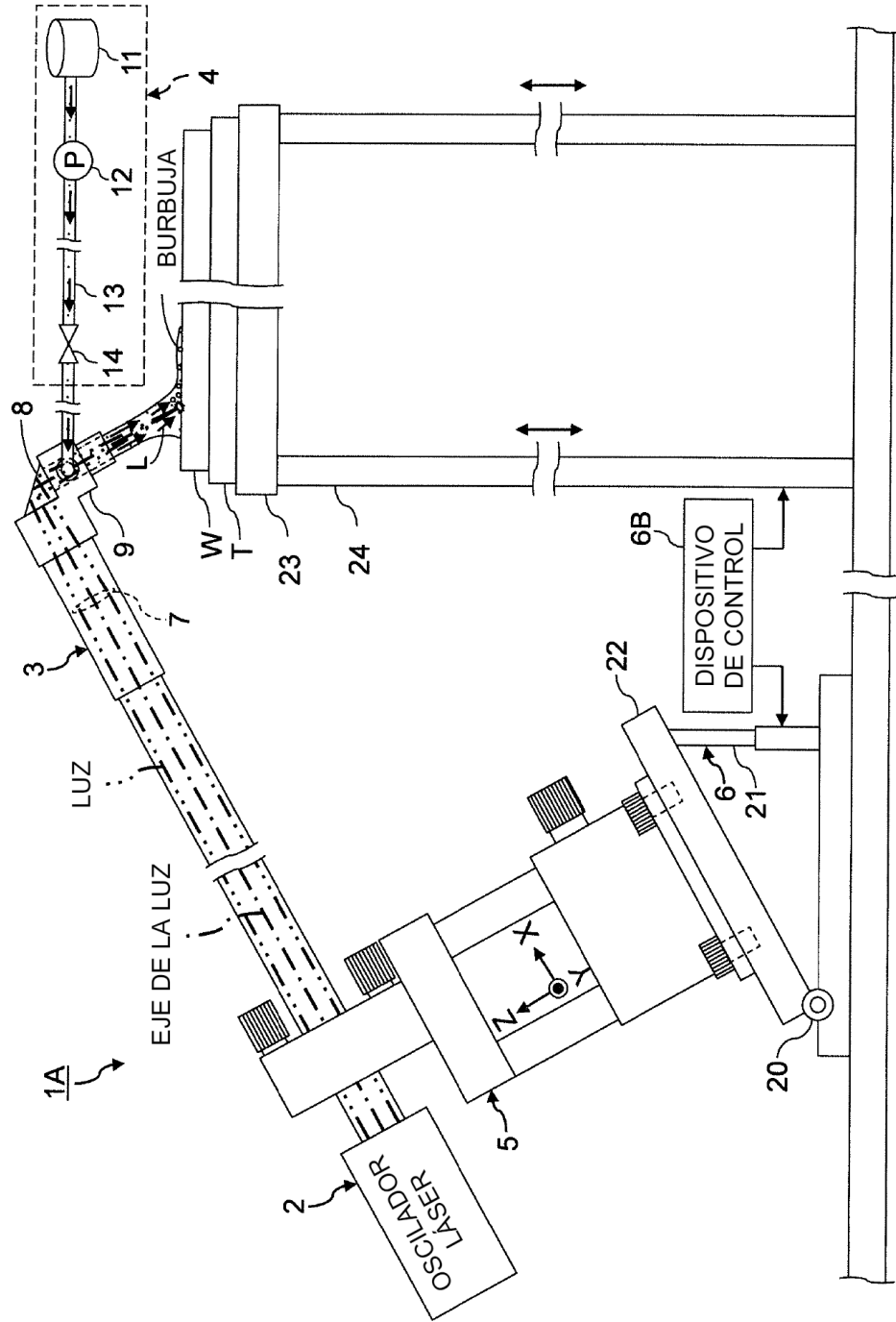


FIG. 3