

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 867**

51 Int. Cl.:

H01S 3/00 (2006.01)

B23K 26/06 (2014.01)

B23K 26/082 (2014.01)

B23K 26/046 (2014.01)

H01S 3/13 (2006.01)

B29C 65/16 (2006.01)

B29C 65/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2016 E 16161891 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020 EP 3098910**

54 Título: **Máquina de procesamiento láser y método de ajuste de ángulo de enfoque de máquina de procesamiento láser**

30 Prioridad:

29.05.2015 JP 2015110822

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

29.06.2020

73 Titular/es:

PANASONIC INDUSTRIAL DEVICES SUNX CO., LTD. (100.0%)

**2431-1, Ushiyama-cho, Kasugai-shi
Aichi 486-0901, JP**

72 Inventor/es:

**MIYAZAKI, TAKAYOSHI;
KOMIYA, TOMOKI y
YOSHIMI, TAKUYA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 769 867 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

Máquina de procesamiento láser y método de ajuste de ángulo de enfoque de máquina de procesamiento láser

Referencia cruzada a solicitud(es) relacionada(s)

5 Esta solicitud se basa en y reivindica la prioridad de la Solicitud de Patente Japonesa N° 2015-110822 presentada el 29 de mayo de 2015, cuyo contenido completo se incorpora en la presente memoria por referencia.

Antecedentes**1. Campo de la invención**

Una o más realizaciones de la presente invención se refieren a una máquina de procesamiento láser para escanear la superficie objetivo de procesamiento de un trabajo deflectando la luz láser.

10 2. Descripción de la técnica relacionada

Entre las máquinas de procesamiento láser convencionales que escanean la superficie objetivo de procesamiento de un trabajo deflectando la luz láser emitida desde un oscilador láser se encuentran unas en las que se puede ajustar una posición focal de la luz láser (consulte el documento JP-A-2009-208093, por ejemplo). En una máquina de marcado láser descrita en el documento JP-A-2009-208093, se dispone un medio de ajuste de posición focal entre una fuente de luz láser y una unidad de escaneo y se dispone una lente de enfoque entre la unidad de escaneo y un trabajo. Una posición focal se ajusta cambiando el diámetro del haz o ángulo de divergencia de la luz láser incidente sobre la lente de enfoque mediante el medio de ajuste de posición focal.

También se conocen máquinas de procesamiento láser que están equipadas con lo que se denomina un módulo Z para ajustar una distancia focal durante el procesamiento del trabajo (consulte el documento JP-A-2007-111763, por ejemplo). En la máquina de procesamiento láser descrita en el documento JP-A-2007-111763 que está equipada con un escáner de eje Z, una posición focal es ajustada por el escáner de eje Z durante el procesamiento del trabajo.

Compendio

En la máquina de marcado láser descrita en el documento JP-A-2009-208093, se irradia una superficie objetivo de procesamiento plana de un trabajo perpendicularmente con luz láser y se ajusta una posición focal de modo que un punto de luz resultante tenga un área prevista. Sin embargo, el área de un punto de luz es mayor en una posición donde la luz láser incide oblicuamente que en una posición de incidencia vertical. Por lo tanto, en la máquina de marcado láser descrita en el documento JP-A-2009-208093, el área del punto de luz varía dependiendo de la posición en una superficie objetivo de procesamiento, disminuyendo posiblemente la calidad de procesamiento.

30 Incidentalmente, en la máquina de marcado láser descrita en el documento JP-A-2009-208093, es posible disminuir una variación de las áreas de los puntos de luz utilizando una lente de enfoque que hace que la luz láser brille en un trabajo verticalmente en cualquier posición. Sin embargo, con tal lente de enfoque, la región de procesamiento se hace pequeña porque, en general, permite la incidencia vertical de la luz láser solo en un intervalo estrecho. Para ampliar la región de procesamiento, es necesario aumentar el diámetro de la lente, lo que hace que la máquina de marcado láser sea cara.

35 El documento JP-A-2014-188518 describe un dispositivo de procesamiento láser, p.ej., marcador láser, en donde se coloca un sistema de lentes entre un oscilador láser y una unidad de escaneo, constando el sistema de lentes de una lente móvil en la dirección del eje óptico entre una lente de ajuste fija y una lente condensadora fija. La lente móvil se mueve de tal manera que el diámetro del punto del haz láser de escaneo en la superficie de procesamiento de la pieza de trabajo se puede mantener sustancialmente constante.

40 En máquinas de procesamiento láser convencionales que están equipadas con un módulo Z, se puede reducir una variación de las áreas de los puntos de luz ajustando la posición focal dinámicamente durante el procesamiento. Sin embargo, para este fin, es necesario ajustar la posición de enfoque en la dirección del eje Z a alta velocidad en tiempo real según las coordenadas de procesamiento en sincronismo con un movimiento de alta velocidad de una unidad de escaneo. Como resultado, la máquina de procesamiento láser se hace compleja en estructura y por lo tanto cara.

45 Esta especificación describe una técnica que puede suprimir la reducción de la calidad de procesamiento debido a una variación de las áreas de los puntos de luz con una configuración simple y disminuir una variación de las áreas de los puntos de luz sobre toda la superficie objetivo de procesamiento de un trabajo. La especificación también describe una técnica que puede suprimir la reducción de la calidad de procesamiento debido a una variación de las áreas de los puntos de luz con una configuración simple.

50 La invención se refiere a una máquina de procesamiento láser como se define en la reivindicación 1, y a un método de ajuste de ángulo de enfoque como se define en la reivindicación 5. Las realizaciones se exponen en las reivindicaciones dependientes.

5 En esta especificación se describe una máquina de procesamiento láser que incluye: un oscilador láser que emite luz láser; una unidad de escaneo que escanea una superficie objetivo de procesamiento de un trabajo deflectando la luz láser emitida desde el oscilador láser, y una unidad de enfoque que se dispone entre el oscilador láser y la unidad de escaneo y que enfoca la luz láser emitida desde el oscilador láser, en donde la unidad de enfoque se ajusta para enfocar la luz láser en una segunda posición que está más distante de una primera posición donde la luz láser incide verticalmente que una tercera posición que está más lejos de la primera posición en la superficie objetivo de procesamiento del trabajo.

10 Con esta máquina de procesamiento láser, se puede reducir una variación de las áreas de los puntos de luz sin utilizar ninguna lente de enfoque adicional mediante el ajuste (de forma fija o de forma ajustable) de la unidad de enfoque de modo que enfoque la luz láser de modo que el área de un punto de luz formado en una superficie objetivo de procesamiento plana en la primera posición donde la luz láser incide verticalmente coincida aproximadamente con la de un punto de luz formado en la segunda posición donde la luz láser incide oblicuamente. Como resultado, la máquina de procesamiento láser se puede hacer más simple en configuración.

15 Además, dado que la unidad de enfoque no necesita seguir la unidad de escaneo durante el procesamiento del trabajo, la unidad de enfoque se puede simplificar en estructura. Como resultado, se puede suprimir la reducción de la calidad de procesamiento debido a una variación de las áreas de los puntos de luz mediante una configuración simple y por tanto se puede reducir el coste de fabricación.

20 Aún más, con esta máquina de procesamiento láser, se puede reducir una variación de las áreas de los puntos de luz sobre toda la superficie objetivo de procesamiento del trabajo ajustando la unidad de enfoque de modo que las áreas de los puntos de luz coincidan aproximadamente entre sí en las dos posiciones que están distantes entre sí.

La máquina de procesamiento láser se puede configurar de modo que una posición de enfoque de la unidad de enfoque sea ajustable.

25 Con esta máquina de procesamiento láser, incluso si se cambia el tamaño del trabajo, se puede reducir una variación de las áreas de los puntos de luz sobre toda la superficie objetivo de procesamiento del nuevo trabajo ajustando una posición de enfoque fuera de la superficie objetivo de procesamiento del nuevo trabajo.

La unidad de enfoque puede enfocar la luz láser en una posición que se sitúa fuera de una región de procesamiento de la máquina de procesamiento láser.

Con esta máquina de procesamiento láser, incluso si se cambia el tamaño del trabajo, se puede reducir una variación de las áreas de los puntos de luz sobre toda la superficie objetivo de procesamiento del nuevo trabajo.

30 La unidad de enfoque se puede configurar de tal manera que se permite ajustar una posición focal de la unidad de enfoque en una dirección en la que la luz láser incide verticalmente en la segunda posición.

Con esta máquina de procesamiento láser, incluso si se cambia la distancia desde la unidad de escaneo a la superficie objetivo de procesamiento del trabajo (distancia de trabajo), se puede reducir una variación de las áreas de los puntos de luz sobre toda la superficie objetivo de procesamiento del trabajo.

35 También se describe en esta especificación un método de ajuste de ángulo de enfoque de una máquina de procesamiento láser que incluye un oscilador láser que emite luz láser, una unidad de escaneo que escanea una superficie objetivo de procesamiento de un trabajo deflectando la luz láser emitida desde el oscilador láser, una unidad de enfoque que se dispone entre el oscilador láser y la unidad de escaneo y enfoca la luz láser emitida desde el oscilador láser, y una unidad de ajuste que ajusta un ángulo de enfoque de la unidad de enfoque antes del procesamiento del trabajo, incluyendo el método de ajuste de ángulo de enfoque: ajustar un ángulo de enfoque utilizando la unidad de ajuste de tal manera que un área de un punto de luz formado en una superficie objetivo de procesamiento plana en una primera posición donde la luz láser incide verticalmente coincida aproximadamente con la de un punto de luz formado en una segunda posición que está distante de la primera posición y donde la luz láser incide oblicuamente.

45 Este método de ajuste de ángulo de enfoque puede suprimir la reducción de la calidad de procesamiento debido a una variación de las áreas de los puntos de luz con una configuración simple.

50 En la máquina de procesamiento láser descrita en la especificación, se puede suprimir la reducción de la calidad de procesamiento debido a una variación de las áreas de los puntos de luz con una configuración simple y se puede disminuir una variación de las áreas de los puntos de luz sobre toda la superficie objetivo de procesamiento de un trabajo.

El método de ajuste de ángulo de enfoque de una máquina de procesamiento láser descrito en la especificación hace posible suprimir la reducción de la calidad de procesamiento debido a una variación de las áreas de los puntos de luz con una configuración simple.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de bloques de una máquina de procesamiento láser según una realización de la presente invención.

5 La Figura 2 es un diagrama esquemático que muestra un intervalo de distancia de trabajo que la máquina de procesamiento láser puede alojar.

La Figura 3 es una vista en sección de una unidad de enfoque y una unidad de ajuste.

La Figura 4 es un diagrama esquemático que muestra un estado en el que la posición focal se sitúa en una posición donde la luz láser incide verticalmente.

10 La Figura 5 es un diagrama esquemático que muestra un estado en el que el área de un punto de luz que se forma en la posición donde la luz láser incide verticalmente es igual al de un punto de luz formado en una posición donde la luz láser incide oblicuamente.

La Figura 6 es un diagrama esquemático que muestra un patrón de procesamiento.

La Figura 7 es un diagrama esquemático que muestra un estado en el que la posición focal se sitúa en una posición donde la luz láser incide oblicuamente.

15 La Figura 8 es un diagrama esquemático que ilustra una variable y parámetros de una ecuación para calcular un radio del haz de la luz láser.

La Figura 9 es un gráfico que muestra una relación entre la distancia y la elipticidad.

La Figura 10 es un gráfico que muestra una relación entre la distancia y el cuadrado del radio del haz.

La Figura 11 es un gráfico que muestra una variación de las áreas de los puntos de luz en posiciones intermedias.

20 **Descripción detallada**

Realización

Se describirá en adelante una realización de la presente invención con referencia a las Figuras 1-11.

(1) Configuración de la máquina de procesamiento láser.

25 La configuración de una máquina 1 de soldadura láser que es una máquina de procesamiento láser según la realización se describirá con referencia a la Figura 1. La máquina 1 de soldadura láser es para soldar dos miembros A y B de resina entre sí mediante luz láser. Mientras que el miembro A de resina se hace un material que transmite la luz láser casi completamente, el miembro B de resina se hace de un material que absorbe la luz láser. Cuando el miembro B de resina se funde absorbiendo la luz láser del miembro A de resina, el miembro A de resina también se funde recibiendo el calor resultante, por lo que los miembros A y B de resina se sueldan entre sí.

30 La máquina 1 de soldadura láser está equipada con una unidad de control 20, una unidad de entrada 21, un oscilador láser 22, una unidad de enfoque 23, una unidad de ajuste 24, una unidad de escaneo 25, una unidad de monitorización de potencia 26, etc.

35 La unidad de control 20 está equipada con una CPU, una ROM, y una RAM, etc. La CPU controla las unidades individuales de la máquina 1 de soldadura láser ejecutando programas de control almacenados en la ROM. La ROM se almacena con los programas de control a ser ejecutados por la CPU, diversos tipos de datos a ser utilizados para los controles, y otra información. La RAM se utiliza como un dispositivo de almacenamiento principal cuando la CPU realiza diversos tipos de procesamiento. La unidad de control 20 puede estar equipada con, en lugar de la CPU, un FPGA (matriz de puertas programables por campo), un ASIC (circuito integrado de aplicación específica), o similares.

40 La unidad de entrada 21 consta de dispositivos de entrada tal como un teclado y un ratón, un dispositivo de pantalla tal como una pantalla de cristal líquido, y otros dispositivos. Manipulando la unidad de entrada 21, un operario puede ajustar una potencia láser, una velocidad de escaneo, una distancia de trabajo, un patrón de procesamiento 11 (véase la Figura 6), etc. La unidad de entrada 21 puede estar equipada con un panel táctil.

45 El oscilador láser 22 es un láser de gas de dióxido de carbono que es un láser de gas, un láser YAG que es un láser de estado sólido, un láser de semiconductor, un láser de fibra, o similares, y emite luz láser hacia la unidad de enfoque 23. El oscilador láser 22 se configura de modo que la potencia láser sea ajustable, y la potencia láser es controlada por la unidad de control 20.

La unidad de enfoque 23 enfoca la luz láser emitida desde el oscilador láser 22. La unidad de ajuste 24 a través de la cual un operario ajusta un ángulo de enfoque de la unidad de enfoque 23 antes de que el procesamiento láser sea

proporcionado integralmente con la unidad de enfoque 23. Las configuraciones específicas de la unidad de enfoque 23 y la unidad de ajuste 24 se describirán más adelante.

5 La unidad de escaneo 25, que es de lo que se denomina un tipo de escaneo galvanométrico, está equipada con dos espejos galvanométricos para reflejar la luz láser, dos motores de accionamiento para variar los ángulos de los espejos galvanométricos, respectivamente, y otros componentes. El ángulo de un espejo galvanométrico se varía en la dirección vertical siendo accionado por un motor de accionamiento, y el ángulo del otro espejo galvanométrico se varía en la dirección horizontal siendo accionado por el otro motor de accionamiento. Como resultado, el punto de irradiación de luz láser se mueve bidimensionalmente en la superficie objetivo de procesamiento del miembro B de resina (en adelante denominado como un "trabajo B").

10 Basta con que la unidad de escaneo 25 sea una unidad capaz de deflectar la luz láser. Por ejemplo, la unidad de escaneo 25 puede ser tal como para emplear espejos poligonales en lugar de los espejos galvanométricos o emplear una combinación de un espejo poligonal y un espejo galvanométrico.

15 La unidad de monitorización 26 de potencia láser es una unidad para permitir que la unidad de control 20 monitorice la potencia láser. Se describirá más adelante una configuración específica de la unidad de monitorización 26 de potencia láser.

Como se muestra en la Figura 2, la máquina 1 de soldadura láser puede alojar un intervalo de 300 a 330 mm de la distancia desde la unidad de escaneo 25 a la superficie objetivo de procesamiento del trabajo B. En la siguiente descripción, la distancia desde la unidad de escaneo 25 a la superficie objetivo de procesamiento del trabajo B se denominará como una "distancia de trabajo".

20 (2) Unidad de enfoque 23 y unidad de ajuste 24

A continuación, se describirán configuraciones específicas de la unidad de enfoque 23 y la unidad de ajuste 24 con referencia a la Figura 3. La unidad de enfoque 23 está equipada con una lente de aumento 23A y una lente de enfoque 23B. La luz láser L es expandida en diámetro del haz por la lente de aumento 23A y después enfocada por la lente de enfoque 23B para tener un ángulo de enfoque θ_a .

25 La unidad de ajuste 24, que sirve para ajustar un ángulo de enfoque θ_a de la unidad de enfoque 23, está equipada con un cuerpo cilíndrico 24A, un soporte 24B que sostiene la lente de aumento 23A, una unidad 24C móvil de soporte, un tornillo de ajuste 24D, un resorte helicoidal de compresión 24E, etc.

30 El soporte 24B, que es un miembro cilíndrico, se inserta (i.e. encaja) en el cuerpo 24A para que se pueda mover en la dirección del eje óptico. La superficie circunferencial exterior del soporte 24B se forma con una proyección (no mostrada). Por otro lado, la superficie circunferencial interior del cuerpo 24A se forma con una ranura de guía (no mostrada) para guiar la proyección del soporte 24B en la dirección del eje óptico. La proyección del soporte 24B se ajusta en la ranura de guía del cuerpo 24A, por lo que la se evita la rotación del soporte 24B alrededor del eje óptico.

35 Parte de la unidad 24C móvil de soporte, que es un miembro cilíndrico, se inserta (i.e., encaja) en el cuerpo 24A para que se pueda mover en la dirección del eje óptico. La superficie circunferencial exterior de la unidad 24C móvil de soporte se forma con roscas.

40 El tornillo de ajuste 24D también es un miembro cilíndrico. Una porción posterior del cuerpo 24A se encaja en una porción frontal interior del tornillo de ajuste 24D, por lo que el tornillo de ajuste 24D se sujeta al cuerpo 24A para ser giratorio coaxialmente con el cuerpo 24A. La superficie circunferencial interior del tornillo de ajuste 24D se forma con roscas que están en malla con las roscas que se forman en la superficie circunferencial exterior de la unidad 24C móvil de soporte. El resorte 24E helicoidal de compresión sirve para empujar el soporte 24B hacia atrás.

Si un operario hace girar el tornillo de ajuste 24D en una dirección de rotación, la unidad 24C móvil de soporte se mueve hacia adelante y el soporte 24B también se mueve hacia adelante siendo empujado por la unidad 24C móvil de soporte. Como resultado, la distancia entre la lente de aumento 23A y la lente de enfoque 23B disminuye y se estrecha así el ángulo de enfoque θ_a de la luz láser L.

45 Por otro lado, si el operario gira el tornillo de ajuste 24D en la otra dirección de rotación, la unidad 24C móvil de soporte se mueve hacia atrás y el soporte 24B se mueve también hacia atrás siendo impulsado por el resorte 24E helicoidal de compresión. Como resultado, la distancia entre la lente de aumento 23A y la lente de enfoque 23B se aumenta y se ensancha así el ángulo de enfoque θ_a de la luz láser L.

(3) Reducción de la variación de las áreas de los puntos de luz

50 La Figura 4 muestra un estado en el que la luz láser L se enfoca en la superficie objetivo de procesamiento del trabajo B en una posición de incidencia vertical. En la realización, la posición de incidencia vertical de la luz láser L es el centro de una región de procesamiento 12 (véase la Figura 6). La región de procesamiento 12 es una región máxima donde se puede colocar un trabajo a ser procesado. Sin embargo, cuando se sitúa en un extremo de un intervalo de ángulo

de deflexión de la unidad de escaneo 25, la posición de la incidencia vertical de la luz láser L se puede desviar del centro de la región de procesamiento 12.

En el estado mostrado en la Figura 4, en una posición donde la luz láser L brilla en la superficie objetivo de procesamiento del trabajo B oblicuamente, se forma un punto de luz elíptico que tiene un área más ancha y la luz láser L tiene un diámetro del haz mayor. Por lo tanto, el área de un punto de luz que se forma en una posición donde la luz láser L incide oblicuamente es mayor que la de un punto de luz que se forma en la posición de incidencia vertical. Es decir, en el estado mostrado en la Figura 4, hay una variación entre el área de un punto de luz que se forma en la posición donde la luz láser L incide verticalmente y la de un punto de luz que se forma en una posición donde la luz láser L incide oblicuamente.

En vista de lo anterior, en la realización, como se muestra en la Figura 5, un punto focal de la luz láser L se desvía intencionadamente de la posición donde la luz láser L incide verticalmente, por lo que el área de un punto de luz que se forma en la posición donde la luz láser L incide verticalmente se hace igual a la de un punto de luz formado en una posición donde la luz láser L incide oblicuamente. En la siguiente descripción, la desviación de un punto focal se denominará como “desenfoque”.

Cuando la luz láser L se desenfoca de modo que un punto focal se desvía de la posición donde la luz láser L incide verticalmente, se aumenta el área de un punto de luz que se forma en la posición de incidencia vertical. Por otro lado, en una posición donde la luz láser L incide oblicuamente, el diámetro del haz de la luz láser L se reduce y el área del punto de luz disminuye por el desenfoque mientras que el punto de luz permanece elíptico. Por lo tanto, ajustando adecuadamente una posición focal, el área de un punto de luz que se forma en la posición de incidencia vertical se puede hacer igual a la de un punto de luz formado en una posición de incidencia oblicua, es decir, se puede disminuir una variación de las áreas de los puntos de luz.

En la realización, una posición focal es ajustada por un operario antes de un inicio del procesamiento del trabajo B. Durante el procesamiento del trabajo B, la posición focal se fija en la posición que fue ajustada por el operario. Se describirá a continuación cómo una posición focal es ajustada por un operario con referencia a la Figura 6.

En la Figura 6, las líneas 11 de cadena indican un ejemplo de patrón de procesamiento de escaneo con luz láser L en la superficie objetivo de procesamiento del trabajo B. El centro del patrón de procesamiento 11 es una posición donde la luz láser L incide en la superficie objetivo de procesamiento verticalmente y la longitud de la trayectoria óptica de la luz láser es más corta entre las posiciones en el patrón de procesamiento 11. Las cuatro esquinas del patrón de procesamiento 11 son posiciones donde la luz láser L incide oblicuamente y la longitud de la trayectoria óptica de la luz láser es mayor entre las posiciones en el patrón de procesamiento 11. En la Figura 6, una línea sólida 12 indica una región de procesamiento de la máquina 1 de soldadura láser. Se supone que la máquina 1 de soldadura láser según la realización también puede irradiar una región fuera de la región de procesamiento 12 con la luz láser L.

Una posición P es una posición que está más distante de la posición de incidencia vertical que un punto que está más lejos de la posición de incidencia vertical en la superficie objetivo de procesamiento del trabajo B (i.e., una de las cuatro esquinas de la superficie objetivo de procesamiento del trabajo B). Más específicamente, la posición P es una posición que se sitúa fuera de la región de procesamiento 12. La posición P se denomina como una “posición de enfoque”. En la siguiente descripción, el término “posición donde la luz láser L incide oblicuamente” significa la posición P.

Para determinar una posición focal, un operario procesa realmente un trabajo de prueba que es mayor en área que la región de procesamiento 12 utilizando la máquina 1 de soldadura láser y mide un área de una marca de procesamiento formada en la posición donde la luz láser L incidió verticalmente y un área de una marca de procesamiento formada en la posición donde la luz láser L incidió oblicuamente. Repitiendo esta operación mientras se cambia el ángulo de enfoque θ_a de la unidad de enfoque 23 poco a poco por medio de la unidad de ajuste 24, el operario puede determinar una posición focal de modo que el área de un punto de luz formado en la posición donde la luz láser L incide verticalmente y la de un punto de luz formado en la posición donde la luz láser L incide oblicuamente.

El operario puede ajustar una posición focal en una dirección en la que la luz láser L incide verticalmente en la posición P ajustando el ángulo de enfoque θ_a de la unidad de enfoque 23 utilizando la unidad de ajuste 24.

A continuación, haciendo referencia a la Figura 7, se hará una descripción del hecho de que existe un ángulo de enfoque θ_a en el que el área de un punto de luz formado en la posición donde la luz láser L incide verticalmente coincide con la de un punto de luz formado en la posición donde la luz láser L incide oblicuamente.

La Figura 7 muestra un estado en el que la luz láser L se enfoca en la superficie objetivo de procesamiento del trabajo B en la posición de incidencia oblicua. Se supone aquí que el área de un punto de luz formado en la posición donde la luz láser L que se supone que es luz paralela incide oblicuamente es el 107% de la de un punto de luz formado en la posición donde la luz láser L incide verticalmente.

Con la suposición anterior, dado que el área de un punto de luz de la luz láser L es proporcional al cuadrado de este radio del haz, si el cuadrado del radio del haz de la luz láser L en la posición de incidencia oblicua es más pequeño en

más de un 7% que el de la posición de incidencia vertical, el área de un punto de luz formado en la posición de incidencia oblicua se hace más pequeña que la de un punto de luz formado en la posición de incidencia vertical.

En otras palabras, dado que la raíz cuadrada de 7 es aproximadamente 2,65, si el radio del haz de la luz láser L en la posición de incidencia oblicua es más pequeño en más de un 2,65% que el de la posición de incidencia vertical, el área de un punto de luz formado en la posición de incidencia oblicua se hace más pequeño que el de un punto de luz formado en la posición de incidencia vertical.

El radio del haz de la luz láser L está dado por la Ecuación (1) como sigue:

$$\omega_z^2 = \omega_0^2 \left\{ 1 + \left(\frac{\lambda \cdot z}{\pi \omega_0^2} \right)^2 \right\}$$

En la Ecuación (1), como se muestra en la Figura 8, z es la distancia desde una cintura del haz (i.e., una posición donde el radio del haz es más pequeño), ω_z es el radio del haz en una posición que tiene la distancia z, λ es la longitud de onda de la luz, y ω_0 es el radio del haz en la cintura del haz. Como se muestra en la Figura 8, en un intervalo donde z es suficientemente grande, en una vista en sección, el límite externo del haz adopta líneas rectas cada una de las cuales forma un ángulo θ_b con el eje óptico.

Dado que el radio del haz en respectivos puntos de la trayectoria óptica de la luz láser L se puede calcular según la Ecuación (1), es posible ajustar el radio del haz de la luz láser L en la posición de incidencia oblicua más pequeño que en la posición de incidencia vertical en más del 2,65% ajustando adecuadamente una sección para el procesamiento en la trayectoria óptica de la luz láser L mediante, por ejemplo, el ajuste de la longitud de la trayectoria óptica en base a los resultados de cálculo del radio del haz.

Por lo tanto, existe, entre los ángulos de enfoque θ_a mostrados en las Figuras 4 y 7, un ángulo de enfoque θ_a en el que el área de un punto de luz formado en la posición donde la luz láser L incide verticalmente coincide con la de un punto de luz formado en la posición donde la luz láser L incide oblicuamente. Como resultado, es posible igualar el área de un punto de luz formado en la posición de incidencia vertical y la de un punto de luz formado en la posición de incidencia oblicua.

(4) Intervalo de ajuste de ángulo de enfoque θ_a

En la unidad de ajuste 24, se ajusta un intervalo de ajuste del ángulo de enfoque θ_a de modo que se puede ajustar un ángulo de enfoque θ_a de modo que el área de un punto de luz formado en la posición donde la luz láser L incide verticalmente coincida con la de un punto de luz formado en la posición donde la luz láser L incide oblicuamente. En otras palabras, se ajusta un intervalo de movimiento del soporte 24B de modo que se puede ajustar un ángulo de enfoque θ_a en el que las dos áreas de los puntos de luz anteriores coinciden entre sí.

Incidentalmente, si la distancia de trabajo es siempre constante, el ángulo de enfoque θ_a puede ser fijo. Sin embargo, en la realización, dado que se supone que la máquina 1 de soldadura láser puede alojar un intervalo de distancia de trabajo de 300 a 330 mm, el ángulo de enfoque θ_a no puede ser fijo. Por lo tanto, en la unidad de ajuste 24, se ajusta un intervalo de ajuste de ángulo de enfoque θ_a para incluir tanto un ángulo de enfoque θ_a en el que las dos áreas de los puntos de luz coinciden entre sí cuando la distancia de trabajo es igual a 300 mm y un ángulo de enfoque θ_a en el que las dos áreas de los puntos de luz coinciden entre sí cuando la distancia de trabajo es igual a 330 mm.

(5) Área de un punto de luz formado en una posición intermedia

A continuación, haciendo referencia a las Figuras 9-11, se hará una descripción del área de un punto de luz que se forma en una posición situada entre la posición donde la luz láser L incide verticalmente y la posición donde la luz láser L incide oblicuamente en el caso donde se ajusta un ángulo de enfoque θ_a de modo que las dos áreas de los puntos de luz coinciden entre sí.

En la Figura 9, el término "elipticidad" significa la relación porcentual del área de un punto de luz formado en la posición donde la luz láser L incide oblicuamente al área (100%) de un punto de luz formado en la posición donde la luz láser L incide verticalmente en un caso en el que se supone que la luz láser L es luz paralela.

Como se muestra en la Figura 9, la elipticidad es proporcional a la distancia desde la posición donde la luz láser L incide verticalmente; la elipticidad aumenta con la distancia. Por otro lado, como se muestra en la Figura 10, el cuadrado del radio del haz de la luz láser L es inversamente proporcional a la distancia. Por tanto, la elipticidad y el cuadrado del radio del haz tienen una relación en la que una aumenta cuando el otro disminuye.

Como se muestra en la Figura 11, en posiciones intermedias, dos áreas de los puntos de luz no coinciden entre sí completamente y tienen una pequeña variación. Sin embargo, si se ajusta adecuadamente una sección para el

procesamiento en la trayectoria óptica de la luz láser L según la Ecuación (1) mencionada anteriormente, un aumento del área debido al aumento de la elipticidad y una disminución del área debido a la disminución del cuadrado del diámetro del haz coinciden aproximadamente entre sí y se cancelan entre sí. Como resultado, las áreas de los puntos de luz formados en posiciones intermedias se hacen aproximadamente constantes y una variación de las áreas de los puntos de luz en las posiciones intermedias se puede hacer suficientemente pequeña. Por tanto, se puede reducir una variación de las áreas de los puntos de luz.

El término “aproximadamente constante” mencionado anteriormente significa que las diferencias entre las áreas de los puntos de luz formados en posiciones intermedias y el área de un punto de luz formado en la posición donde la luz láser L incide verticalmente son más pequeñas del 3%, por ejemplo, del área del punto de luz formado en la posición de incidencia vertical.

(6) Unidad 26 de monitorización de potencia láser

A continuación, se describirá la configuración de la unidad 26 de monitorización de potencia láser con referencia a la Figura 1. La unidad 26 de monitorización de potencia láser está equipada con un divisor de haz 26A que se dispone en la trayectoria óptica de la luz láser L y refleja una parte prescrita de la luz láser L, una lente de enfoque 26B que enfoca la luz láser reflejada desde el divisor de haz 26A, un detector de potencia 26C que detecta la luz láser enfocada por la lente de enfoque 26B y emite un voltaje correspondiente a una cantidad de luz detectada, una unidad de salida (no mostrada) que emite, a la unidad de control 20, como un valor de correlación de potencia láser, una señal correspondiente al voltaje de salida del detector de potencia 26C, y otros componentes.

El divisor de haz 24A puede ser un medio espejo, un espejo de polarización, o similares. El detector de potencia 26C puede ser, por ejemplo, de un tipo fotoeléctrico o un tipo térmico. Los detectores fotoeléctricos de potencia incluyen unos de alta velocidad (alta velocidad de respuesta) y unos de baja velocidad (baja velocidad de respuesta). En la realización, se utiliza un detector fotoeléctrico de potencia de alta velocidad como el detector de potencia 26C.

En la realización, toda la luz láser reflejada, en lugar de parte de ella, brilla en el detector de potencia 26C. Esto se hace para disminuir la influencia de ruido, etc., puesto que un voltaje de detección tiende a ser influenciado por el ruido, etc., si solo parte de ésta brilla en el detector de potencia 26C. Sin embargo, dado que en general el detector de potencia 26C es caro, en la realización el área de detección del detector de potencia 26C se reduce enfocando la luz láser mediante la lente de enfoque 26B.

Es posible una configuración alternativa en la que parte de la luz láser reflejada se convierte en luz láser cilíndrica, que brilla en el detector de potencia 26C. Y se calcula la cantidad de luz de la luz láser no incidente restante. Es posible otra configuración alternativa en la que se proporciona una rejilla de difracción en lugar de la lente de enfoque 26B y se utiliza para hacer brillar la luz de láser plana y sin ruido en el detector de potencia 26C.

(7) Proceso de control de la unidad de control 20

Se describirán a continuación un proceso de procesamiento de trabajo, un proceso de monitorización de potencia láser, y un proceso de instrucción como procesos de control de la unidad de control 20.

(7-1) Proceso de procesamiento de trabajo

El proceso de procesamiento de trabajo es un proceso para procesar el trabajo B mediante el control del oscilador láser 22 y la unidad de escaneo 25. La unidad de control 20 controla el oscilador láser 22 para hacer que emita luz láser L y escanea la superficie objetivo de procesamiento del trabajo B deflectando la luz láser L mediante el control de la unidad de escaneo 25 según el patrón de procesamiento 11 y una distancia de trabajo. Como resultado, se procesa el trabajo B.

(7-2) Proceso de monitorización de potencia láser

El proceso de monitorización de potencia láser es un proceso para anunciar la ocurrencia de un error cuando la potencia láser del oscilador láser 22 ha llegado a mostrar un valor anormal. La potencia láser no es necesariamente constante, es decir, tiene valores mayores y valores más pequeños a lo largo del tiempo. Y la potencia láser puede disminuir con la edad.

En vista de lo anterior, mientras el oscilador láser 22 está emitiendo luz láser L, la unidad de control 20 adquiere un valor de correlación de potencia láser de la unidad 26 de monitorización de potencia láser cada periodo de muestreo predeterminado y juzga si el valor de correlación adquirido cae dentro de un intervalo entre valores de umbral de criterio de error (un límite superior y un límite inferior) o no. Si el valor de correlación está fuera del intervalo, la unidad de control 20 anuncia la ocurrencia de un error, por ejemplo, haciendo que el dispositivo de pantalla de la unidad de entrada 21 muestre un mensaje de aviso.

Incidentalmente, puede existir un caso en el que la superficie objetivo de procesamiento es escaneada con una luz láser L a lo largo de una curva. En este caso, debido a un retardo de respuesta de la unidad de escaneo 25, una curva de escaneo puede tener un radio de curvatura más pequeño cuando la velocidad de escaneo es alta. Para evitar este

fenómeno, al hacer un escaneo curvo, la unidad de control 20 disminuye la velocidad de escaneo controlando la unidad de escaneo 25. Sin embargo, cuando se disminuye la velocidad de escaneo, cada posición de irradiación es irradiada con luz láser L durante un tiempo más largo, como resultado de lo cual se cambian los resultados de procesamiento.

5 En vista de lo anterior, cuando se disminuye la velocidad de escaneo, la potencia láser es corregida en base a valores de corrección. Los valores de corrección pueden ser almacenados en la ROM por adelantado o ajustados por un operario mediante la manipulación de la unidad de entrada 21. Cuando se ha corregido la potencia láser, la unidad de control 20 corrige los valores de umbral de criterio de error mencionados anteriormente de la siguiente manera:

- Cuando se ha disminuido la velocidad de escaneo (i.e., el valor de corrección de potencia láser es menor que "1"), disminuir el valor de umbral de criterio de error de límite inferior por un valor de desplazamiento.

10 - Cuando se ha aumentado la velocidad de escaneo (i.e., el valor de corrección de potencia láser es mayor que "1"), aumentar el valor de umbral de criterio de error de límite superior por un valor de desplazamiento.

- Cuando la velocidad de escaneo no ha sido corregida (i.e., el valor de corrección de potencia láser es igual a "1"), usar los valores de umbral de criterio de error originales (no corregidos). Si ya se ha corregido un valor de umbral de criterio de error, cancelar la corrección.

15 Convencionalmente, para evitar un criterio erróneo al efecto de que haya ocurrido un error cuando se corrige la potencia láser, se ajusta un valor de límite superior demasiado grande o un valor de límite inferior demasiado pequeño. Esto puede conducir a un problema de que el criterio de error no se puede hacer correctamente cuando la potencia láser disminuye lentamente debido a deterioro.

20 En contraste, donde los valores de umbral de criterio de error se corrigen de la manera descrita anteriormente, los valores de umbral del criterio de error siguen la corrección de la potencia láser automáticamente. Como resultado, el criterio de error se puede hacer correctamente incluso si la potencia láser disminuye lentamente debido al deterioro.

(7-3) Proceso de instrucción

25 El proceso de instrucción es un proceso de ajuste de los valores de umbral de criterio de error (descritos anteriormente) automáticamente. En el proceso de instrucción, la unidad de control 20 controla la máquina 1 de soldadura láser para procesar realmente el trabajo B. La unidad de control 20 ajusta los valores de umbral de criterio de error de límite superior y límite inferior en base a un valor máximo y un valor mínimo de valores de correlación de potencia láser adquiridos durante el procesamiento del trabajo, y calcula los valores de desplazamiento. A diferencia de en el procesamiento del trabajo ordinario, la unidad de control 20 no hace ningún criterio de error de potencia láser durante el procesamiento del trabajo en el proceso de instrucción.

30 Convencionalmente, se utilizan valores de umbral de criterio de error fijos o un operario ajusta los valores de umbral de criterio de error manipulando una unidad de entrada. Sin embargo, si se utilizan valores de umbral de criterio de error fijos, es imposible ajustar valores de umbral de criterio de error que sean adecuados para cada máquina de soldadura láser. Donde los valores de umbral de criterio de error son ajustados por un operario, puede ser difícil ajustar valores de umbral adecuados.

35 Por el contrario, el proceso de instrucción descrito anteriormente hace posible ajustar valores de umbral de criterio de error que sean adecuados para cada máquina 1 de soldadura láser, sin que un operario sea consciente de ello. Además, dado que los valores de desplazamiento se calculan en base a los valores de umbral de criterio de error de límite superior y límite inferior, el criterio de error se puede hacer más correctamente cuando la potencia láser ha sido corregida.

40 (8) Ventajas de la realización

45 En la máquina 1 de soldadura láser descrita anteriormente, se puede reducir una variación de las áreas de los puntos de luz sin utilizar ninguna lente de enfoque adicional ajustando la unidad de enfoque 23 para enfocar la luz láser L de modo que el área de un punto de luz formado en la posición donde la luz láser L incide en una superficie objetivo de procesamiento plana verticalmente coincide aproximadamente con la de un punto de luz formado en la posición P donde la luz láser L incide oblicuamente. Como resultado, la máquina 1 de soldadura láser se puede simplificar en configuración. Además, dado que la unidad de enfoque 23 no necesita seguir la unidad de escaneo 25 durante el procesamiento del trabajo, la unidad de enfoque 23 se puede simplificar en estructura. Como resultado, se puede suprimir la reducción de la calidad de procesamiento debido a una variación de las áreas de los puntos de luz mediante una configuración simple y por tanto se puede reducir el coste de fabricación.

50 En la máquina 1 de soldadura láser, dado que la unidad de enfoque 23 se ajusta de modo que la luz láser L se enfoque para igualar las áreas de los puntos de luz en el centro y la posición P, se puede reducir una variación de las áreas de los puntos de luz sobre toda la superficie objetivo de procesamiento del trabajo B.

En la máquina 1 de soldadura láser, dado que la posición de enfoque para la unidad de enfoque 23 se ajusta fuera de la región de procesamiento 12 de la máquina 1 de soldadura láser, incluso si se cambia el tamaño del trabajo, se

puede reducir una variación de las áreas de los puntos de luz sobre toda la superficie objetivo de procesamiento del nuevo trabajo.

5 En la máquina 1 de soldadura láser, dado que se puede ajustar en la posición P una posición focal en la dirección en la que la luz láser L incide verticalmente utilizando la unidad de enfoque 23, se puede reducir una variación de las áreas de los puntos de luz sobre toda la superficie objetivo de procesamiento del trabajo B.

10 Además, en la máquina 1 de soldadura láser, se evita que el soporte 24B gire alrededor del eje óptico. Dado que el eje central de la lente de aumento 23A no coincide necesariamente con el eje de la luz láser L, si el soporte 24B se gira, el eje central de la lente de aumento 23A se giraría alrededor del eje de la luz láser L para dificultar el ajuste de un ángulo de enfoque θ_a . Este problema se puede resolver evitando la rotación del soporte 24B alrededor del eje de la luz láser L.

Aún más, en la máquina 1 de soldadura láser, dado que la potencia láser es monitorizada por la unidad 26 de monitorización de potencia láser, se puede disminuir la probabilidad de ocurrencia de un evento en el que se procese el trabajo B con una potencia láser anormal.

Técnica asociada

15 A continuación, se describirá una técnica relacionada con la realización de la invención con referencia a la Figura 6. En la realización descrita anteriormente, se ajusta una posición focal deflectando la luz láser L de modo que alcance la posición P que se sitúa fuera de la superficie objetivo de procesamiento del trabajo B. Alternativamente, se puede ajustar una posición focal deflectando la luz láser L de modo que alcance una posición o posiciones en la superficie objetivo de procesamiento del trabajo B, por ejemplo, las cuatro esquinas del patrón de procesamiento 11 mostrado en la Figura 6.

Otras realizaciones

El alcance técnico de la invención no está limitado a la realización descrita anteriormente con referencia a los dibujos sino que abarca, por ejemplo, las siguientes realizaciones:

25 (1) En la realización descrita anteriormente, la posición P se sitúa fuera de la región de procesamiento 12. Sin embargo, la posición P se puede situar en la región de procesamiento 12 siempre que esté más distante de la posición donde la luz láser L incide verticalmente que lo que lo está una posición que está más lejos de la posición de incidencia vertical en la superficie objetivo de procesamiento de un trabajo.

30 Sin embargo, donde se ajusta la posición P en la región de trabajo 12, la posición P se puede situar en la superficie objetivo de procesamiento de un trabajo si la posición P es fija y el trabajo es ancho. Por lo tanto, para hacer posible la reducción de una variación de las áreas de los puntos de luz en toda la superficie objetivo de procesamiento de cada trabajo, la máquina 1 de soldadura láser se puede configurar de modo que la posición P pueda ser ajustada. Con esta medida, incluso si se cambia el tamaño del trabajo, se puede reducir una variación de las áreas de los puntos de luz en toda la superficie objetivo de procesamiento del nuevo trabajo ajustando una posición de enfoque fuera de la superficie objetivo de procesamiento del nuevo trabajo.

35 (2) En la realización descrita anteriormente, se ajusta manualmente un ángulo de enfoque θ_a de tal manera que un operario gira el tornillo de ajuste 24D. Alternativamente, se puede ajustar un ángulo de enfoque θ_a automáticamente utilizando un motor que se proporciona para mover el soporte 24B. Por ejemplo, es posible una configuración en la que los ángulos de enfoque θ_a que consiguen la coincidencia de las áreas de los puntos de luz para respectivas distancias de trabajo plurales de, por ejemplo, 300 a 330 mm se almacenan en la ROM por adelantado y, cuando una distancia de trabajo es introducida por un operario, la unidad de control 20 ajusta un ángulo de enfoque θ_a correspondiente a la distancia de trabajo de entrada automáticamente controlando el motor. En lugar de almacenar los ángulos de enfoque θ_a correspondientes a respectivas distancias de trabajo, se puede calcular un ángulo de enfoque θ_a que consigue la coincidencia de las áreas de los puntos de luz en base a una distancia de trabajo de entrada.

45 (3) Aunque en la realización descrita anteriormente la unidad de enfoque 23 para enfocar la luz láser L está equipada con la lente de aumento 23A y la lente de enfoque 23B, la unidad de enfoque 23 no siempre necesita ser configurada de esta manera siempre que pueda ajustar un ángulo de enfoque θ_a . Por ejemplo, la unidad de enfoque 23 puede ser una que utiliza una lente líquida. Donde se utiliza una lente líquida, se puede ajustar un ángulo de enfoque θ_a comprimiendo la lente líquida. Para otro ejemplo, la unidad de enfoque 23 puede ser una que utiliza una lente electro-óptica. La lente electro-óptica hace posible ajustar un ángulo de enfoque θ_a eléctricamente.

50 (4) La realización descrita anteriormente es tal que la máquina 1 de soldadura láser puede acomodar el intervalo de distancia de trabajo de 300 a 330 mm. Alternativamente, donde se determina por adelantado que solo se ha de procesar un tipo de trabajo y por tanto una distancia de trabajo es siempre fija, se puede construir una máquina de procesamiento láser que no está equipada con la unidad de ajuste 24 ajustando un ángulo de enfoque θ_a según una distancia de trabajo en el momento de expedición y expidiendo la máquina de procesamiento láser empleándolo como un valor fijo. En este caso, se puede suprimir la reducción de la calidad de procesamiento debido a una variación de

las áreas de los puntos de luz mediante una configuración más simple aunque se restringe un tipo de trabajo procesable.

5 (5) En la realización descrita anteriormente, la unidad de enfoque 23 y la unidad de ajuste 24 son tales que se ajusta un ángulo de enfoque θ_a moviendo (deslizándose) solo la lente de aumento 23A. Es posible una configuración alternativa en la que para ajustar tanto un ángulo de enfoque θ_a como un diámetro del haz de la luz láser para brillar en un trabajo, las lentes plurales se mueven a lo largo del eje óptico independientemente o en enlace entre sí.

(6) Aunque en la realización descrita anteriormente no se dispone ninguna lente de enfoque entre la unidad de escaneo 25 y el trabajo B, se puede disponer ahí una lente de enfoque (p.ej., lente $f\theta$).

10 (7) Aunque la realización descrita anteriormente se dirige a la máquina 1 de soldadura láser como un ejemplo de máquina de procesamiento láser, la invención se puede aplicar a otros tipos de máquinas de procesamiento láser tal como lo que se denomina una máquina de marcado láser para formar caracteres, símbolos, figuras, etc. en la superficie de un trabajo.

15

REIVINDICACIONES

1. Una máquina (1) de procesamiento láser que comprende:
- un oscilador láser (22) que emite luz láser (L);
 - una unidad de escaneo (25) que se configura para escanear una superficie objetivo de procesamiento plana de un trabajo (B) mediante la deflexión de la luz láser (L) emitida desde el oscilador láser (22); y
 - una unidad de enfoque (23) que se dispone entre el oscilador láser (22) y la unidad de escaneo (25) y que enfoca la luz láser (L) emitida desde el oscilador láser (22),
- caracterizada por que:
- la unidad de enfoque incluye una unidad de ajuste (24) configurada para ajustar un ángulo de enfoque (θ_a) de la unidad de enfoque (23) para enfocar la luz láser (L) en una segunda posición (P) en el mismo plano que dicha superficie objetivo de procesamiento plana pero fuera de dicha superficie objetivo de procesamiento y que está más distante de una primera posición en dicha superficie objetivo de procesamiento plana donde la luz láser (L) incide verticalmente que una tercera posición en dicha superficie objetivo de procesamiento plana que está más lejos de la primera posición en la superficie objetivo de procesamiento del trabajo (B).
2. La máquina (1) de procesamiento láser según la reivindicación 1,
- en donde una posición de enfoque de la unidad de enfoque (23) es ajustable.
3. La máquina (1) de procesamiento láser según la reivindicación 1,
- donde la unidad de enfoque (23) enfoca la luz láser (L) en la segunda posición (P) que se sitúa fuera de una región de procesamiento (12) de la máquina (1) de procesamiento láser.
4. La máquina (1) de procesamiento láser según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,
- en donde la unidad de enfoque (23) se configura de tal manera que una posición focal de la unidad de enfoque (23) en una dirección en la que la luz láser (L) incide verticalmente resulta del ángulo de enfoque de la unidad de enfoque ajustado para enfocar la luz láser (L) en la segunda posición (P).
5. Un método de ajuste de ángulo de enfoque de una máquina (1) de procesamiento láser que comprende un oscilador láser (22) que emite luz láser (L), una unidad de escaneo (25) que escanea una superficie objetivo de procesamiento plana de un trabajo (B) deflectando la luz láser (L) emitida desde el oscilador láser (22), una unidad de enfoque (23) que se dispone entre el oscilador láser (22) y la unidad de escaneo (25) y enfoca la luz láser (L) emitida desde el oscilador láser (22), y una unidad de ajuste (24) que ajusta un ángulo de enfoque (θ_a) de la unidad de enfoque (23) antes del procesamiento del trabajo (B),
- caracterizado dicho método de ajuste de ángulo de enfoque por comprender:
- ajustar un ángulo de enfoque (θ_a) de la unidad de enfoque (23) utilizando la unidad de ajuste (24) para enfocar la luz láser (L) en una segunda posición (P) en el mismo plano que la superficie objetivo de procesamiento plana pero fuera de la superficie objetivo de procesamiento plana que está más distante de una primera posición en la superficie objetivo de procesamiento plana donde la luz láser (L) incide verticalmente que una tercera posición en la superficie objetivo de procesamiento plana que está más lejos de la primera posición en la superficie objetivo de procesamiento plana,
- tal área de un punto de luz formada en la superficie objetivo de procesamiento plana en la primera posición donde la luz láser (L) incide verticalmente coincide aproximadamente con la de un punto de luz formado en la segunda posición (P) que está distante de la primera posición y donde la luz láser (L) incide oblicuamente.

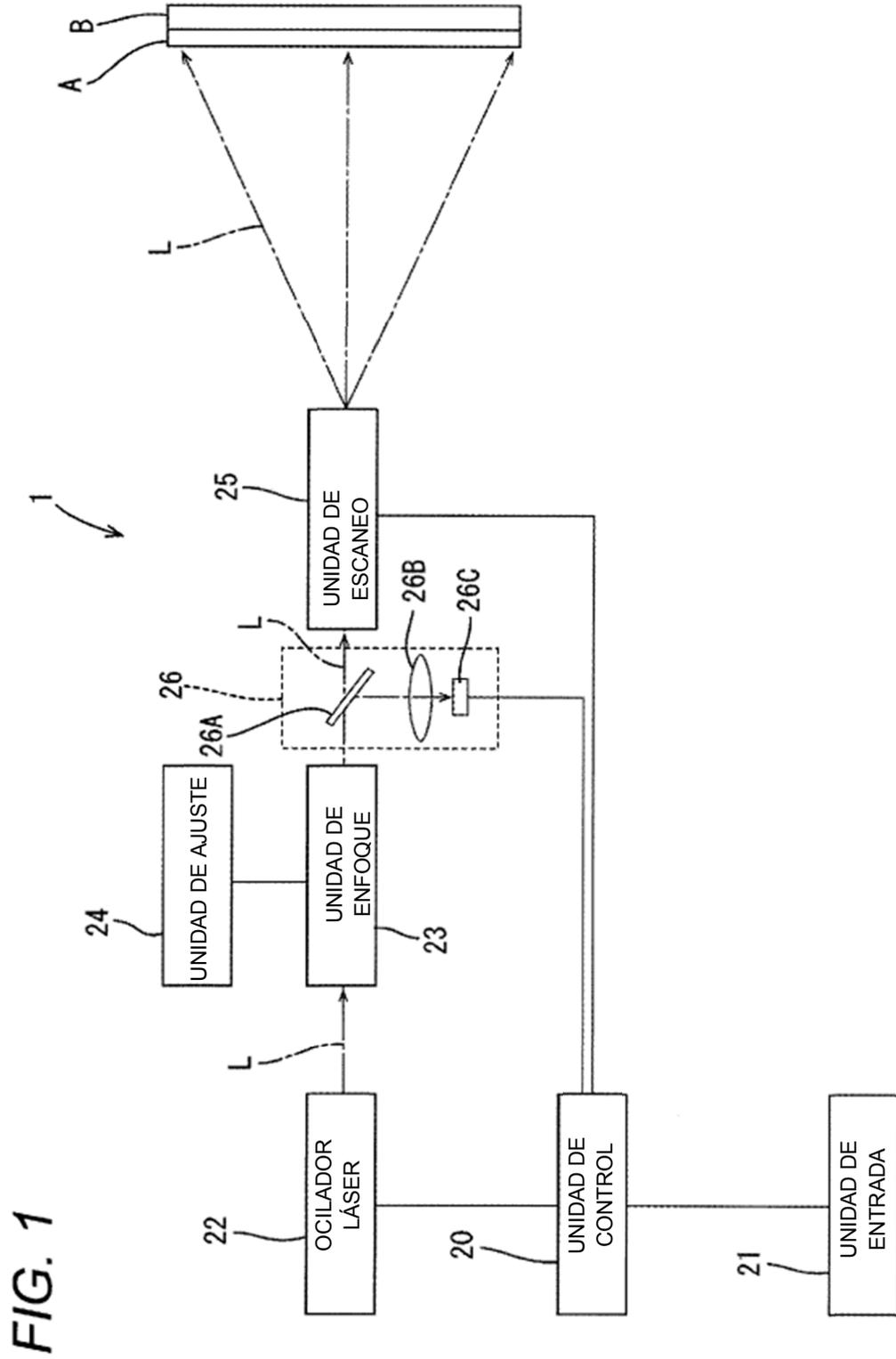


FIG. 2

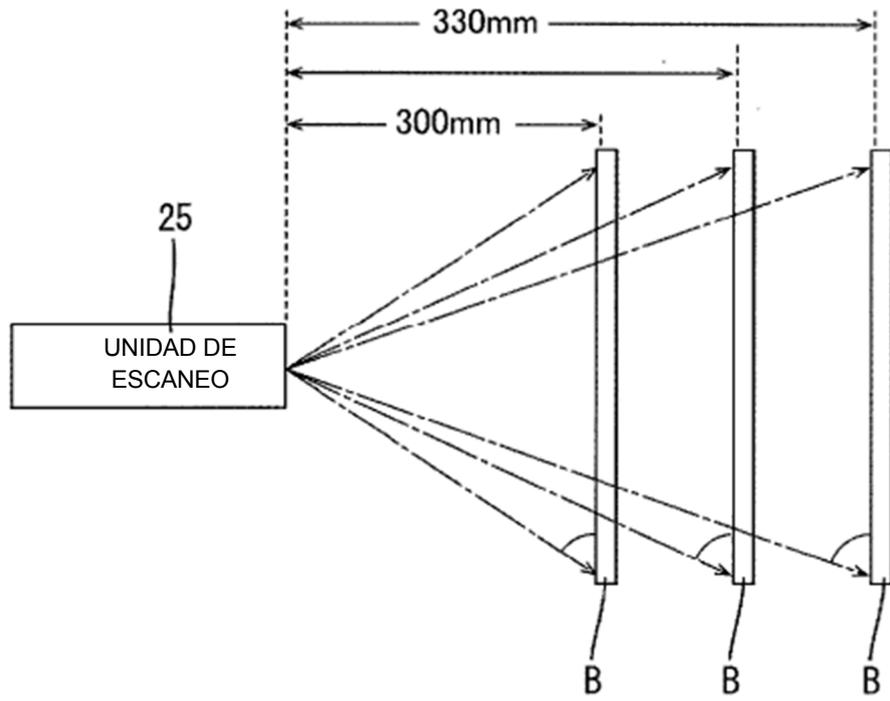


FIG. 3

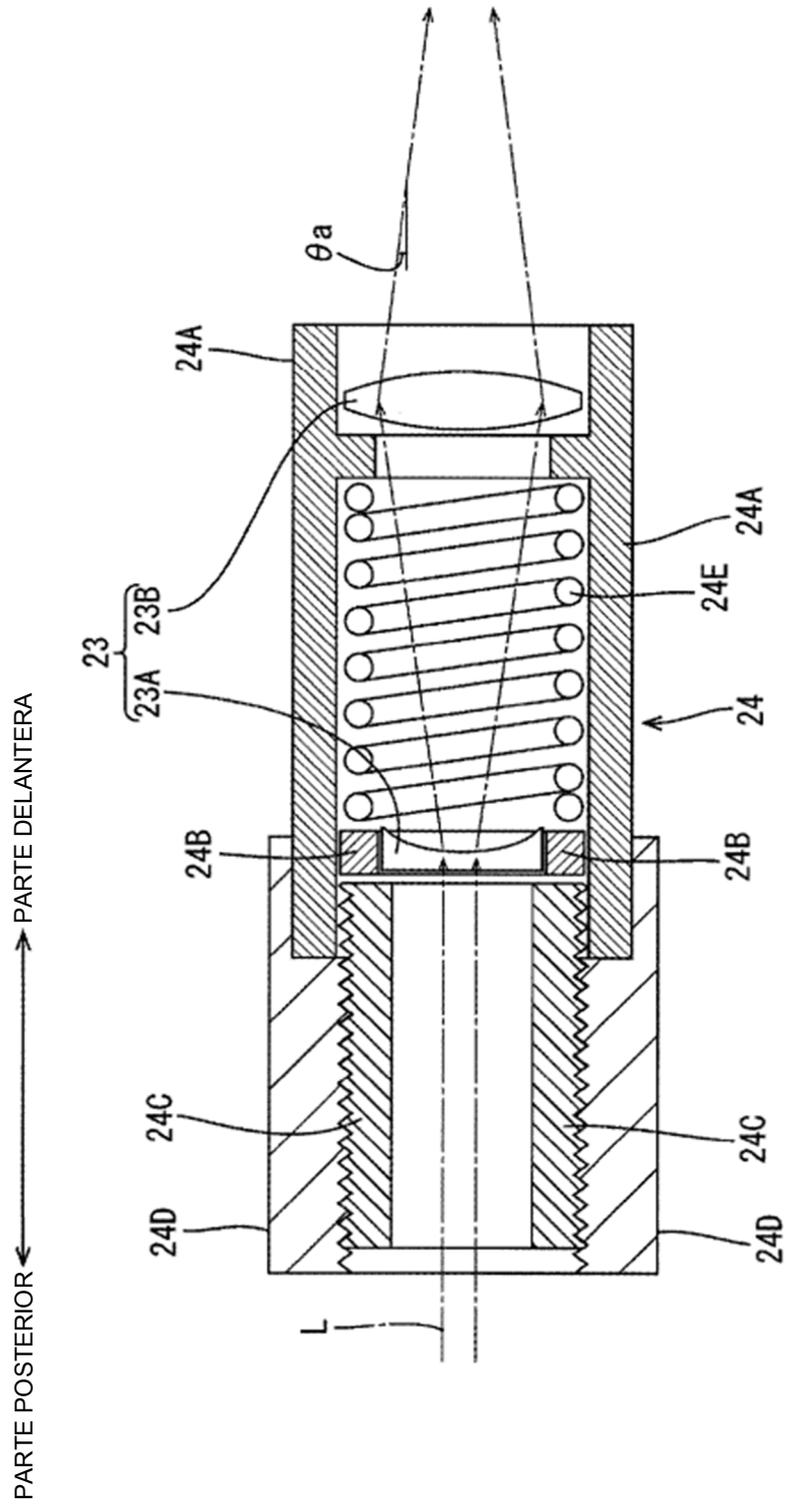


FIG. 4

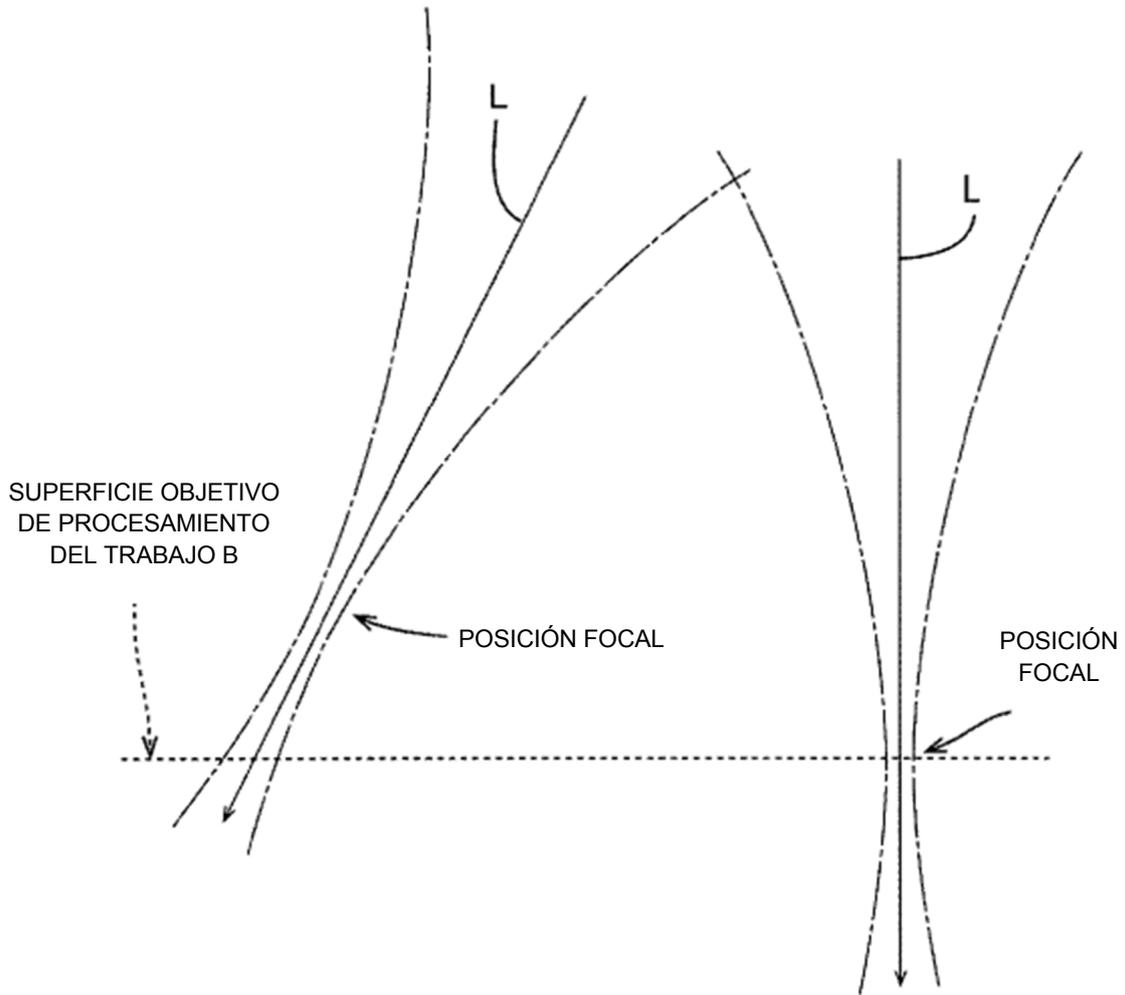


FIG. 5

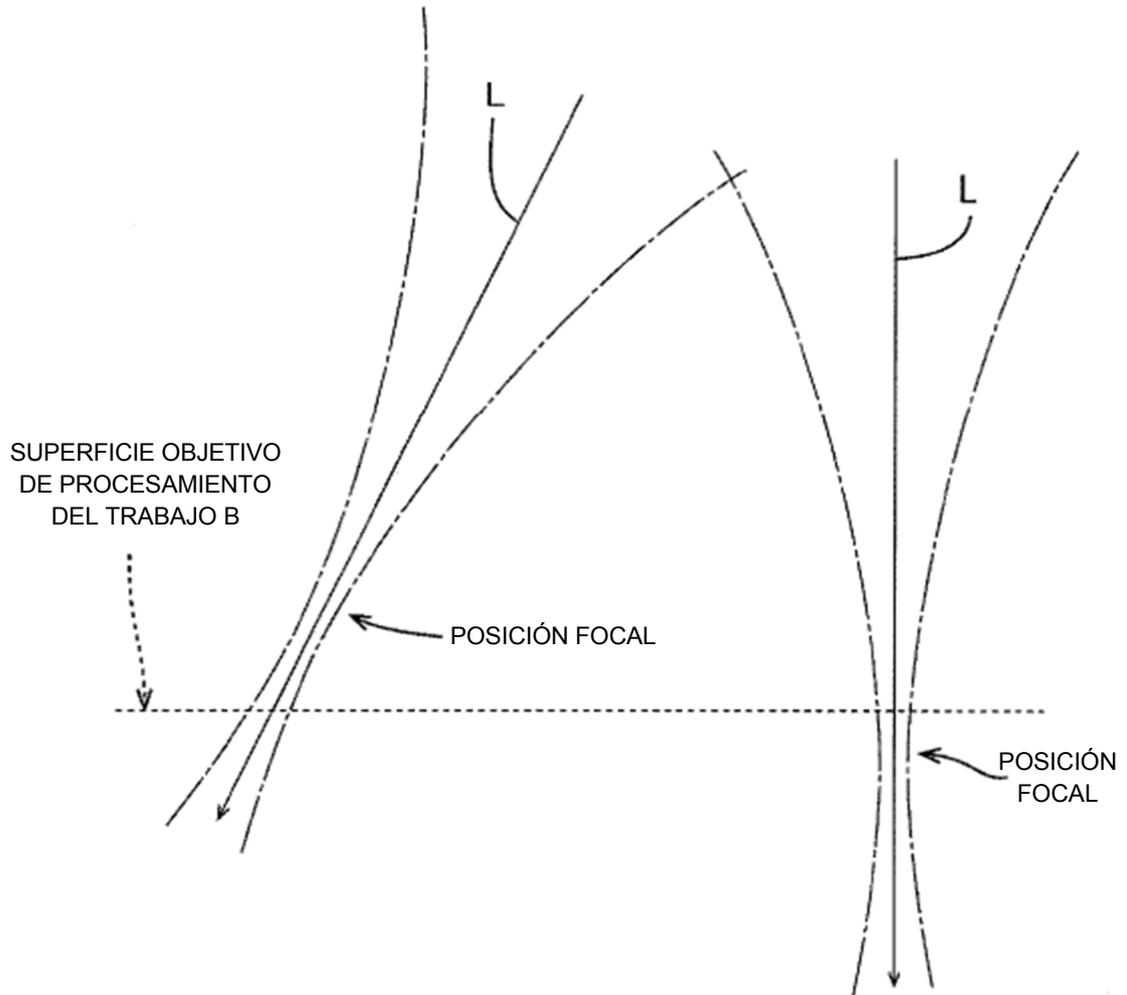


FIG. 6

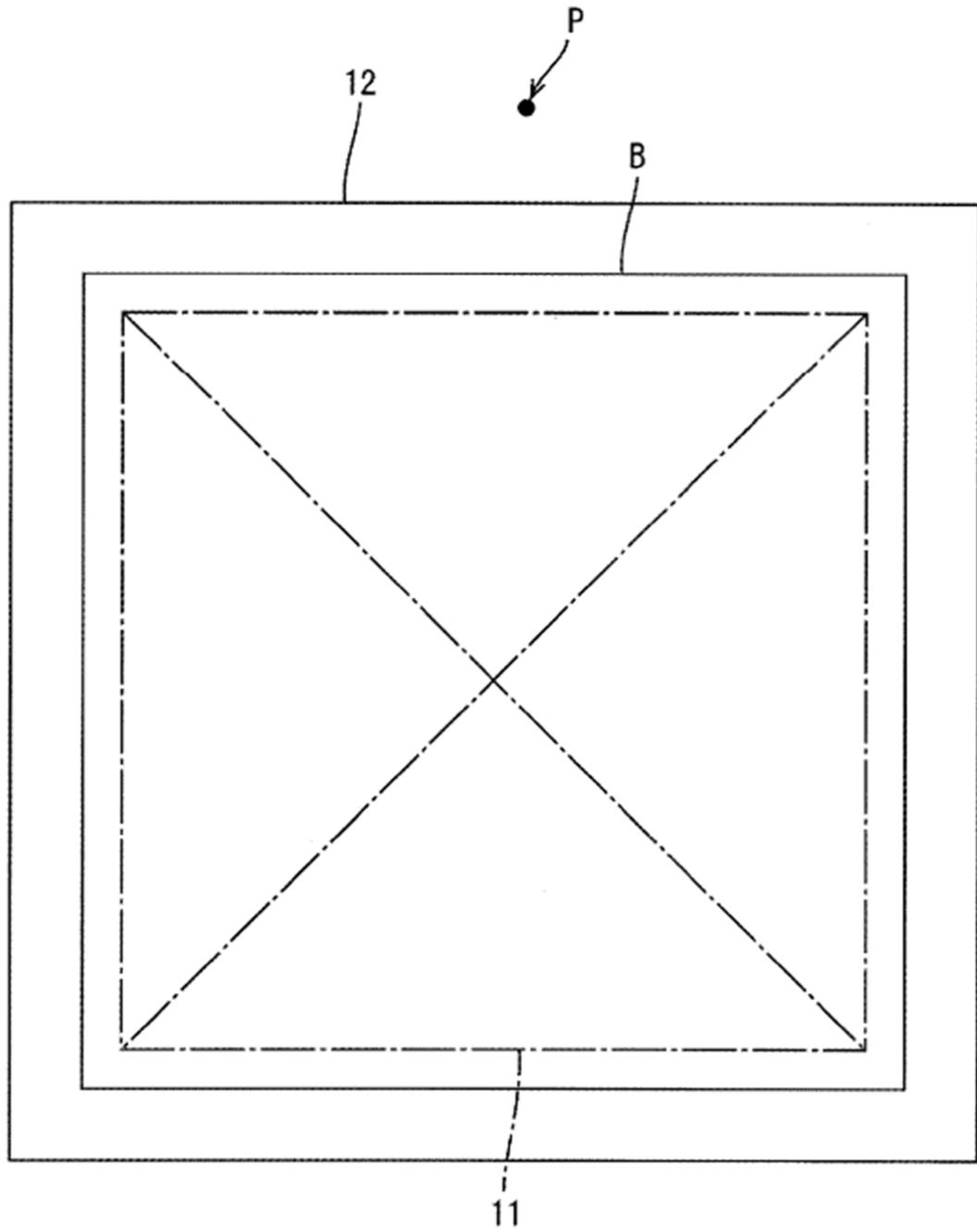


FIG. 7

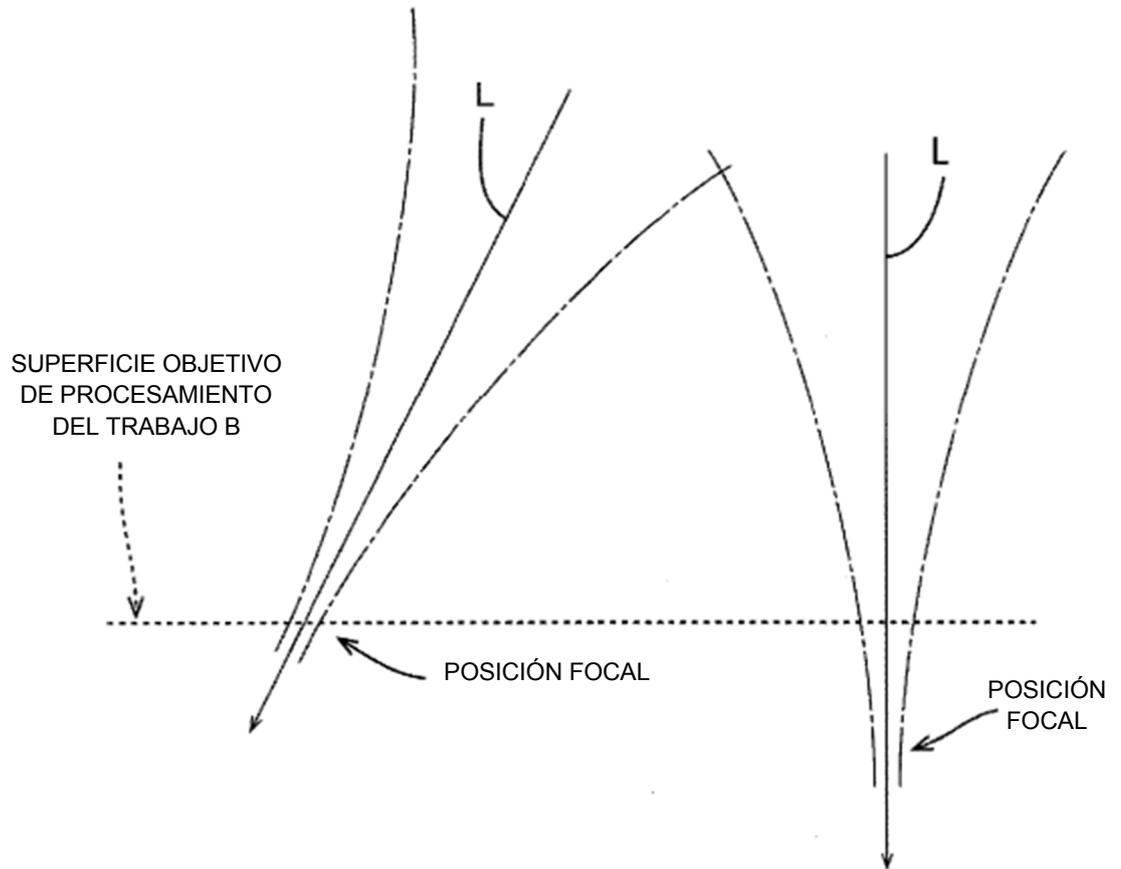


FIG. 8

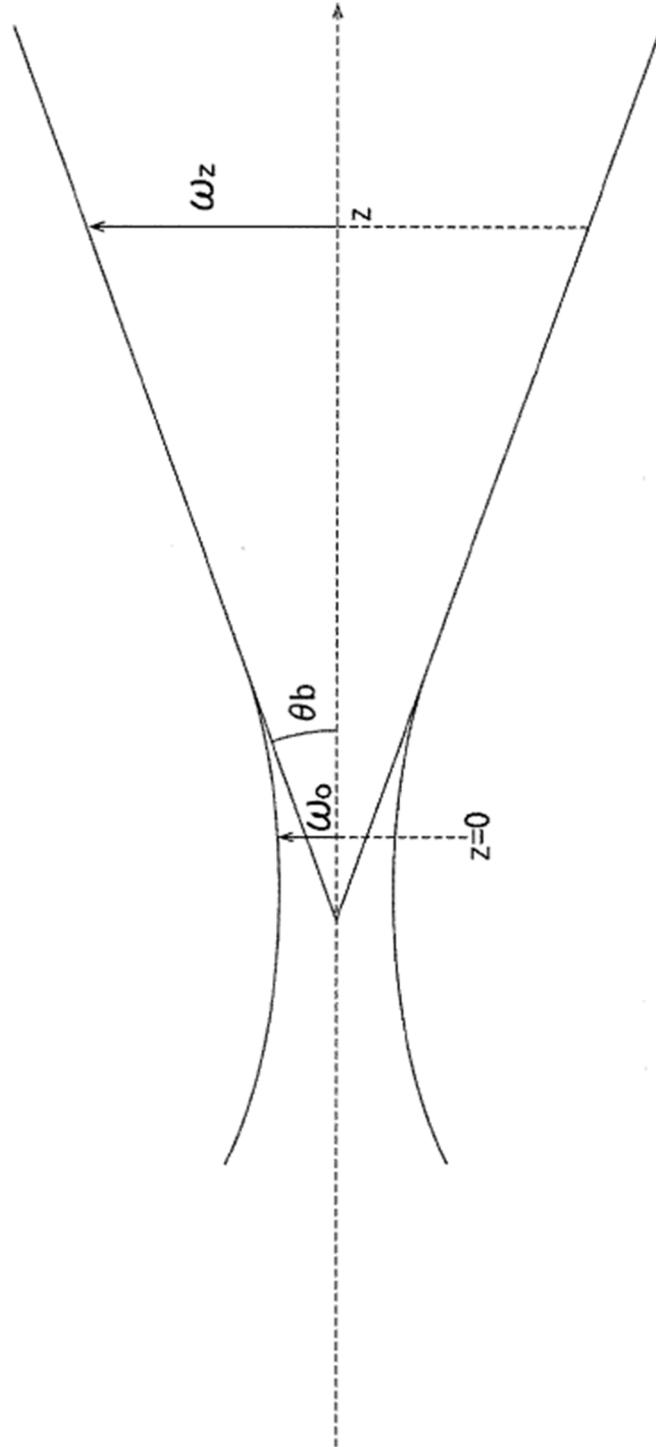


FIG. 9

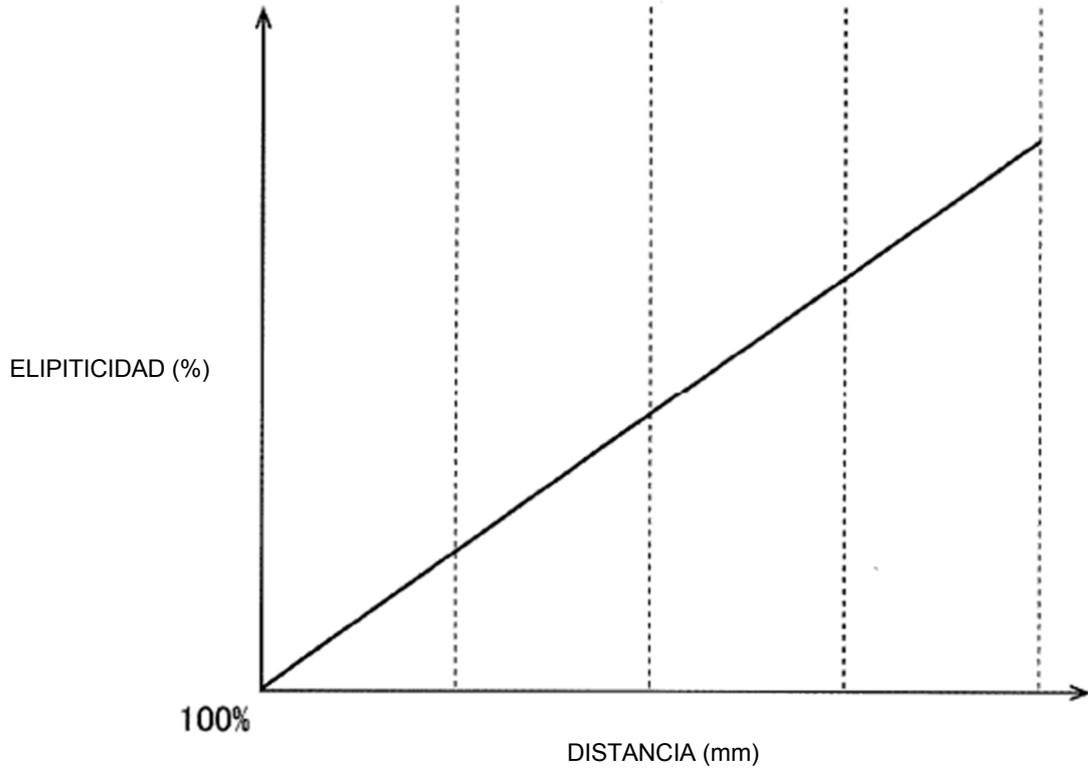


FIG. 10

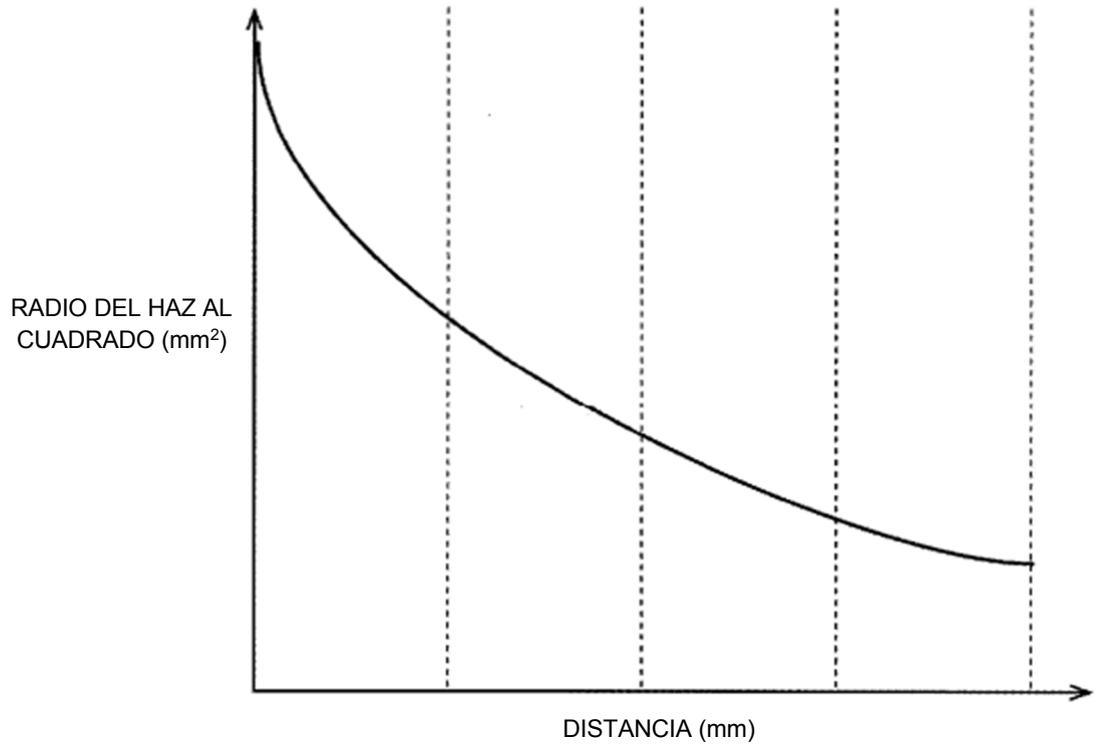


FIG. 11

