

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 212**

51 Int. Cl.:

B23K 26/06 (2014.01)

H01R 4/02 (2006.01)

H02K 15/00 (2006.01)

B23K 26/073 (2006.01)

B23K 26/22 (2006.01)

B23K 101/32 (2006.01)

B23K 101/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2017** E 17183464 (1)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019** EP 3292940

54 Título: **Método de soldadura por láser para alambres planos**

30 Prioridad:

02.08.2016 JP 2016152242

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

30.04.2019

73 Titular/es:

**TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA (100.0%)
1, Toyota-cho,
Toyota-shi, Aichi 471-8571, JP**

72 Inventor/es:

NAKAMURA, HIDEO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 711 212 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de soldadura por láser para alambres planos

Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere a un método de soldadura por láser para alambres planos.

5 **Descripción de la técnica relacionada**

Un estator de un motor incluye un núcleo del estator y una pluralidad de bobinas segmentadas, que se montan en las ranuras del núcleo del estator. Cada bobina segmentada suele ser un alambre plano, recubierto con una película aislante. Los extremos de las bobinas segmentadas se unen entre sí mediante una soldadura, etc.

10 La publicación de solicitud de patente japonesa número 2013-109948 describe un método de soldadura por láser para alambres planos, que se utilizan para bobinas segmentadas, por ejemplo. En el documento de patente japonesa número JP 2013-109948 A, un par de alambres planos recubiertos con películas aislantes se desprende de las películas aislantes, desde las superficies laterales en sus extremos, y luego estas superficies laterales en los extremos se unen a tope, y se aplica un rayo láser a las superficies de los extremos de los alambres planos, para soldar las superficies laterales en los extremos.

15 **Sumario de la invención**

Los presentes inventores han encontrado el siguiente problema con el método de soldadura por láser para alambres planos descrito en el documento de patente japonesa número JP 2013-109948 A. La figura 16 es una vista lateral de una parte de unión, que ilustra el problema que se presenta con el método de soldadura por láser descrito en el documento de patente japonesa número JP 2013-109948 A. Como se muestra en la figura 16, una superficie lateral 20 53a de un alambre plano 50a tiene un escalón entre la parte en la que se desprende la película aislante 51a y la otra parte en la que la película aislante 51a no se desprende. De una manera similar, una superficie lateral 53b de un alambre plano 50b tiene un escalón entre la parte en la que se desprende una película aislante de 51b y la otra parte donde la película aislante 51b no se desprende. Además, aunque esto no se muestra, las superficies de los extremos 54a, 54b sufren un proceso de corte, por lo que se producen algunas rebabas y hundimientos en las superficies finales 54a, 54b. Por estas razones, queda un espacio libre entre las superficies laterales 53a, 53b incluso cuando los alambres planos 50a, 50b se sujetan en la parte de la unión. En la figura 16, las líneas discontinuas indicadas dentro de los alambres planos 50a, 50b representan las secciones conductoras 52a, 52b.

De acuerdo con el método de soldadura por láser descrito en el documento de patente japonesa número JP 2013-109948 A, se aplica un rayo láser LB a las superficies laterales 53a, 53b. Por lo tanto, como se muestra en la figura 30 16, el rayo láser LB [*laser beam*] puede entrar en el espacio entre ellos y dañar las películas aislantes 51a, 51b de los alambres planos 50a, 50b. Además, el rayo láser LB puede pasar a través de este espacio libre y dañar las películas aislantes de otros alambres planos, por ejemplo.

La presente invención proporciona un método de soldadura por láser para alambres planos mediante el cual se pueden reducir los efectos adversos causados por un rayo láser que entra en un espacio libre creado entre las superficies laterales a unir. 35

Un aspecto de la presente invención consiste en un método de soldadura por láser para alambres planos, en el que una primera superficie lateral en un primer extremo de un primer alambre plano, recubierto con una primera película aislante, en donde la primera superficie lateral se desprende de la primera película aislante, y una la segunda superficie lateral en un segundo extremo de un segundo alambre plano, recubierto con una segunda película aislante, en donde la segunda superficie lateral que se desprende de la segunda película aislante, se empalman entre sí, y se aplica un rayo láser a una superficie del primer extremo del primer alambre plano y a una superficie del segundo extremo del segundo alambre plano, para soldar entre sí la primera superficie lateral y la segunda superficie lateral; el método de soldadura por láser incluye: aplicar el rayo láser en forma de bucle dentro de la superficie del primer extremo, para formar un cúmulo de material fundido; y aplicar el rayo láser dentro de la superficie del primer extremo, mientras aumenta gradualmente el diámetro de una trayectoria en forma de bucle del rayo láser, para permitir que el cúmulo de material fundido llegue a la primera superficie lateral y a la segunda superficie lateral. 40 45

En este aspecto de la presente invención, el rayo láser se aplica en forma de bucle dentro de la superficie del extremo del primer alambre plano, para formar un cúmulo de material fundido, y el diámetro de la trayectoria en forma de bucle del rayo láser se incrementa gradualmente, para permitir que el cúmulo de material fundido llegue a la primera superficie lateral y a la segunda superficie lateral. De acuerdo con esta configuración, es posible llenar el espacio libre creado entre la primera superficie lateral y la segunda superficie lateral con el cúmulo de material fundido, sin que se aplique el rayo láser entre la primera superficie lateral y la segunda superficie lateral, y evitando así que el rayo láser entre en este espacio libre. Como resultado de ello, es posible reducir los efectos adversos causados por el ingreso del rayo láser en el espacio libre creado entre las superficies laterales. 50 55

La forma del bucle puede ser una forma circular o una forma elíptica. De acuerdo con esta configuración, el rayo láser se puede aplicar a lo largo de una trayectoria de manera fluida, con lo cual es menos probable que se produzca una perturbación en el cúmulo de material fundido y poder eliminar las salpicaduras.

La forma del bucle puede ser una forma rectangular.

5 La forma del bucle puede ser una forma de espiral.

La forma del bucle puede ser una forma elíptica, y un eje mayor de la elipse puede ser paralelo a la primera superficie lateral y a la segunda superficie lateral. Aquí, el ser "paralelo" un concepto que incluye no solo ser exactamente paralelo, sino también ser "sustancialmente paralelo", lo cual significa ser paralelo según lo juzgue el sentido común técnico. De acuerdo con esta configuración, se permite que el cúmulo de material fundido alcance un área amplia del espacio libre creado entre la primera superficie lateral y la segunda superficie lateral en un corto tiempo.

10

En la superficie del primer extremo, el rayo láser puede aplicarse solo a una región de la superficie del primer extremo, que se encuentra del lado de la primera superficie lateral con respecto a una posición de inicio de la aplicación del rayo láser.

15

El rayo láser puede aplicarse a la superficie del segundo extremo, a medida que el diámetro de la trayectoria en forma de bucle del rayo láser aumenta gradualmente.

20

En el aspecto anterior, el método de soldadura por láser puede incluir además: aplicar otro rayo láser en forma de bucle dentro de la superficie del segundo extremo, para formar otro cúmulo de material fundido; y aplicar el otro rayo láser dentro de la superficie del segundo extremo mientras se incrementa gradualmente el diámetro de una trayectoria en forma de bucle del otro rayo láser, para fusionar entre sí el cúmulo de material fundido y el otro cúmulo de material fundido. De acuerdo con esta configuración, es posible llenar el espacio libre creado entre la primera superficie lateral y la segunda superficie lateral con dos cúmulos de material fundido, sin que se aplique el rayo láser entre la primera superficie lateral y la segunda superficie lateral, y así impedir aún más que el rayo láser entre en este espacio libre. Como resultado de ello, los efectos adversos causados por el ingreso del rayo láser en el espacio libre creado entre la primera superficie lateral y la segunda superficie lateral pueden reducirse aún más.

25

En el aspecto anterior, en la superficie del primer extremo, el rayo láser puede aplicarse solo a una región de la superficie del primer extremo, que se encuentra del lado de la primera superficie lateral con respecto a una posición de inicio de la aplicación del rayo láser, y en la superficie del segundo extremo, el otro rayo láser puede aplicarse solo a una región de la superficie del segundo extremo que está situada del lado de la segunda superficie lateral, con relación a la posición de inicio de la aplicación del otro rayo láser.

30

En el aspecto anterior, el rayo láser se puede aplicar a la superficie del segundo extremo a medida que el diámetro de la trayectoria en forma de bucle del rayo láser aumenta gradualmente, y el otro rayo láser se puede aplicar a la superficie del primer extremo como el diámetro de la trayectoria en forma de bucle del otro rayo láser aumenta gradualmente.

35

En el aspecto anterior, el rayo láser puede aplicarse solo a la superficie del primer extremo, y el otro rayo láser puede aplicarse solo a la superficie del segundo extremo.

La presente invención puede proporcionar un método de soldadura por láser para alambres planos, mediante el cual se pueden reducir los efectos adversos causados por un rayo láser que entra en el espacio entre la primera superficie lateral y la segunda superficie lateral.

Breve descripción de los dibujos

40

A continuación, se describirán las características, las ventajas y la importancia técnica e industrial de las realizaciones ejemplares de la invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que números similares indican elementos similares, y en los que:

La figura 1 es una vista en perspectiva, que muestra una configuración esquemática de un estator.

45

La figura 2 es una vista en planta, que muestra un método de soldadura por láser para alambres planos, de acuerdo con una primera realización.

La figura 3 es una vista en planta, que muestra el método de soldadura por láser para alambres planos, de acuerdo con la primera realización.

La figura 4 es una vista lateral de la figura 3.

50

La figura 5 es una vista en planta, que muestra el método de soldadura por láser para alambres planos, de acuerdo con la primera realización.

La figura 6 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un aparato de soldadura por láser,

utilizado en el método de soldadura por láser para alambres planos, de acuerdo con la primera realización.

La figura 7 es un gráfico que muestra las fluctuaciones del plasma y la luz reflejada.

La figura 8 es una vista lateral, que muestra un ejemplo modificado de una parte de unión 25 de los alambres planos 20a, 20b, en el método de soldadura por láser para alambres planos de acuerdo con la primera realización.

5 La figura 9 es una vista en planta, que muestra un ejemplo modificado de una trayectoria de aplicación de rayo láser en el método de soldadura por láser para alambres planos, de acuerdo con la primera realización.

La figura 10 es una vista en planta, que muestra un ejemplo modificado de la trayectoria de aplicación del rayo láser en el método de soldadura por láser para alambres planos, de acuerdo con la primera realización.

10 La figura 11 es una vista en planta, que muestra un ejemplo modificado de la trayectoria de aplicación del rayo láser en el método de soldadura por láser para alambres planos, de acuerdo con la primera realización.

La figura 12 es una vista en planta, que muestra un método de soldadura por láser para alambres planos, de acuerdo con una segunda realización.

La figura 13 es una vista en planta, que muestra el método de soldadura por láser para alambres planos, de acuerdo con la segunda realización.

15 La figura 14 es una vista en planta, que muestra el método de soldadura por láser para alambres planos, de acuerdo con la segunda realización.

La figura 15 es una tabla que muestra las condiciones de prueba y los resultados del ejemplo 1 y de los ejemplos comparativos 1 y 2.

20 Y la figura 16 es una vista lateral de una parte de unión que ilustra el problema con el método de soldadura por láser descrito en el documento de patente japonesa número JP 2013-109948 A.

Descripción detallada de realizaciones

A continuación, se describirán en detalle las realizaciones específicas como aplicaciones de la presente invención con referencia a los dibujos. Sin embargo, la presente invención no se limita a las siguientes realizaciones. Para aclarar la ilustración, la descripción que sigue y los dibujos se simplifican adecuadamente.

25 (Primera realización)

En primer lugar, se describirá un ejemplo de la configuración de un estator, que incluye bobinas segmentadas, que están soldadas mediante un método de soldadura por láser para alambres planos de acuerdo con esta realización. La figura 1 es una vista en perspectiva que muestra la configuración esquemática del estator. Como se muestra en la figura 1, un estator 1, que es un estator de un motor, incluye un núcleo del estator 10 y una pluralidad de bobinas segmentadas 20.

30 El núcleo del estator 10 se forma apilando láminas de acero magnéticas anulares, en una dirección axial del estator 1 (una dirección del eje z en la figura 1), y tiene una forma sustancialmente cilíndrica en su conjunto. Una superficie circunferencial interno del núcleo del estator 10 está provista de dientes 11, que sobresalen hacia un lado circunferencial interno y se extienden en la dirección axial del estator 1, y las ranuras 12, que son ranuras formadas entre los dientes adyacentes 11. Las bobinas segmentadas 20 se montan respectivamente en las ranuras 12.

35 La bobina segmentada 20 es un alambre eléctrico con una forma de sección transversal rectangular, es decir, un alambre plano. La bobina segmentada 20 generalmente está hecha de cobre puro, pero en cambio, puede estar fabricada con un material metálico que tiene una alta conductividad eléctrica, como el aluminio o una aleación compuesta principalmente de cobre y aluminio.

40 Cada bobina segmentada 20 está formada sustancialmente en forma de U. Como se muestra en la figura 1, cada uno de los extremos de las bobinas segmentadas 20 (extremos de la bobina) sobresale de una superficie del extremo superior del núcleo del estator 10. Una parte de unión 25 es una parte donde se sueldan entre sí los extremos de las bobinas segmentadas 20 adyacentes entre sí en una dirección radial. Una pluralidad de partes de unión 25 está dispuesta en forma anular en una dirección circunferencial del núcleo del estator 10. En el ejemplo de la figura 1, 48 partes de unión 25 están organizadas en forma anular. Cuatro filas de las partes de unión 25 organizadas en forma anular están dispuestas en la dirección radial.

45 A continuación, se describirá el método de soldadura por láser para alambres planos de acuerdo con esta realización, con referencia a las figuras 2 a 5. La figura 2, la figura 3 y la figura 5 son vistas en planta que muestran el método de soldadura por láser para alambres planos, de acuerdo con la primera realización. La figura 4 es una vista lateral de la fig. 3. El método de soldadura por láser para alambres planos de acuerdo con esta realización se usa para soldar con láser las partes de unión 25 de las bobinas segmentadas 20, que se muestran en la figura 1.

Debe entenderse que las coordenadas xyz de la derecha que se muestran desde la figura 2 hasta la figura 5 se presentan por cuestiones de conveniencia para describir las relaciones posicionales entre componentes. La dirección del eje z en la figura 1 y las direcciones del eje z en la figura 2 a la figura 5 coinciden entre sí. Normalmente, una dirección positiva del eje z es una dirección verticalmente ascendente, y un plano xy es un plano horizontal.

Primero, como se muestra en la figura 2, una primera superficie lateral 23a en un primer extremo de un primer alambre plano (bobina segmentada) 20a, que se desprende de una primera película aislante 21a, y una segunda superficie lateral 23b en un segundo extremo de un segundo alambre plano (bobina segmentada) 20b, que se desprende de una segunda película aislante 21b, se unen a tope entre sí en la parte de unión 25. Luego, se aplica un rayo láser a una superficie del primer extremo 24a del primer alambre plano 20a, en una dirección verticalmente descendente (una dirección negativa del eje z). Este rayo láser se aplica en forma de bucle dentro de la superficie del primer extremo 24a del primer alambre plano 20a, para formar un cúmulo de material fundido 30. Forma de bucle significa que la forma es anular (bucle cerrado) o que la forma es un espiral (bucle abierto). En el ejemplo mostrado, la trayectoria de aplicación del rayo láser tiene una forma elíptica.

En este caso, si la trayectoria de la aplicación del rayo láser no tiene forma de bucle, el cúmulo de material fundido 30 formado no puede expandirse. Al estar hechas de un material metálico, que tiene una alta conductividad eléctrica, las primera y la segunda secciones del conductor 22a, 22b del primer y del segundo alambres planos 20a, 20b también son excelentes en conductividad térmica. En consecuencia, las porciones fundidas por la aplicación del rayo láser se solidifican rápidamente. Por la misma razón, es imposible que se forme un cúmulo de material fundido 30 si el diámetro de la trayectoria de aplicación en forma de bucle es demasiado grande. Por lo tanto, el cúmulo de material fundido 30 se forma con un diámetro algo reducido de la trayectoria de aplicación en forma de bucle.

Como se muestra en la figura 2, en el método de soldadura por láser para alambres planos de acuerdo con esta realización, primero el rayo láser se aplica en forma de bucle dentro de la superficie del primer extremo 24a del primer alambre plano 20a, para formar el cúmulo de material fundido 30. En consecuencia, no hay rayo láser aplicado a la primera y segunda superficies laterales 23a, 23b. En esta etapa, por lo tanto, se evita que el rayo láser entre en el espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b.

A continuación, como se muestra en la figura 3, el diámetro de la trayectoria de aplicación del rayo láser, es decir, el diámetro de la elipse, aumenta dentro de la superficie del primer extremo 24a del primer alambre plano 20a, para permitir que el cúmulo de material fundido 30 llegue a la primera y a la segunda superficies laterales 23a, 23b. Específicamente, cada vez que el rayo láser regresa a una posición de inicio de la aplicación (INICIO indicado por la flecha en la figura 3), el diámetro de la elipse que es la trayectoria de la aplicación aumenta. Por lo tanto, el diámetro del cúmulo de material fundido 30 también aumenta de una manera estable, de modo que, en la etapa donde se aplica el rayo láser dentro de la superficie del primer extremo 24a del primer alambre plano 20a, el cúmulo de material fundido 30 llegue a la primera y a la segunda superficies laterales 23a, 23b. Aquí, un eje principal de la trayectoria de aplicación elíptica es paralelo a la primera y la segunda superficies laterales 23a, 23b (a los lados largos del primer y del segundo alambres planos 20a, 20b en el ejemplo mostrado). Esto puede permitir que el cúmulo de material fundido 30 llegue a un área amplia del espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b en un corto tiempo.

Como resultado, como se muestra en la vista lateral de la figura 4, el espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b se llena con el cúmulo de material fundido 30. Es decir, en esta etapa, como se muestra en la figura 4, el rayo láser LB no se aplica a la primera y la segunda superficies laterales 23a, 23b, y el espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b se llena con el cúmulo de material fundido 30. De este modo, se impide que el rayo láser LB entre en el espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b.

A continuación, como se muestra en la figura 5, el diámetro de la trayectoria de aplicación del rayo láser, es decir, el diámetro de la elipse, se incrementa a través de la superficie del primer extremo 24a del primer alambre plano 20a y la superficie del segundo extremo 24b del segundo alambre plano 20b, hasta que el cúmulo de material fundido 30 se expande hasta alcanzar un tamaño deseado. Específicamente, cada vez que el rayo láser regresa a la posición de inicio de la aplicación (INICIO indicado por la flecha en la figura 5), el diámetro de la elipse que es la trayectoria de la aplicación aumenta. Cuando el diámetro de la elipse alcanza un valor predeterminado, la aplicación del rayo láser finaliza en la posición de inicio de la aplicación (FIN indicado con la flecha en la figura 5).

En esta etapa, como se muestra en la figura 5, el rayo láser pasa sobre la primera y la segunda superficies laterales 23a, 23b, pero el espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b ya se ha llenado con el cúmulo de material fundido 30. Por lo tanto, se evita que el rayo láser entre en el espacio libre que queda entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b.

Como se ha descrito con anterioridad, en el método de soldadura por láser para alambres planos de acuerdo con esta realización, primero se aplica el rayo láser en forma de bucle dentro de la superficie del primer extremo 24a del primer alambre plano 20a, para formar el cúmulo de material fundido 30. A continuación, el diámetro de la trayectoria de aplicación del rayo láser, es decir, el diámetro de la elipse, aumenta dentro de la superficie del primer extremo

24a del primer alambre plano 20a, para permitir que el cúmulo de material fundido 30 llegue a la primera y a la segunda superficies laterales 23a, 23b.

En otras palabras, el espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b se llena con el cúmulo de material fundido 30 sin que el rayo láser se aplique a la primera y a la segunda superficies laterales 23a, 23b. Por lo tanto, se puede evitar que el rayo láser entre en el espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b. Como resultado, se pueden reducir los efectos adversos causados por la entrada del rayo láser al espacio libre creado entre las superficies laterales.

En consecuencia, en el método de soldadura por láser para alambres planos de acuerdo con esta realización, el cúmulo de material fundido 30 se forma dentro de la superficie del extremo de un alambre plano, y el cúmulo de material fundido 30 se expande, para que llegue al espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b. Se confirmó que este método podría evitar que un rayo láser entre en un espacio libre de hasta 0,15 mm.

En el método de soldadura por láser para alambres planos de acuerdo con esta realización, la trayectoria de aplicación del rayo láser tiene una forma de bucle, de modo que el rayo láser pueda aplicarse a lo largo de una trayectoria de manera fluida. Por lo tanto, es menos probable que el calor se concentre y se puede suprimir la generación de salpicaduras. Por ejemplo, si la trayectoria de la aplicación del rayo láser sigue un camino con curvas en horquilla, el calor se concentra en los puntos de viraje y tienden a producirse salpicaduras. Además, la expansión del cúmulo de material fundido 30 puede aumentar el diámetro del cúmulo de material fundido 30 en relación con la profundidad de penetración del cúmulo de material fundido 30. Por lo tanto, es posible impedir que se generen salpicaduras a medida que aumenta la tensión superficial del cúmulo de material fundido 30.

A continuación, se describirá un aparato de soldadura por láser utilizado en el método de soldadura por láser para alambres planos de acuerdo con esta realización, con referencia a la figura 6. La figura 6 es un diagrama de bloques que muestra la configuración del aparato de soldadura por láser utilizado en el método de soldadura por láser para alambres planos, de acuerdo con la primera realización. Como se muestra en la figura 6, el aparato de soldadura por láser utilizado en el método de soldadura por láser para alambres planos, según la primera realización, incluye un oscilador láser 101, un cabezal láser LH [*laser head*], unos filtros de paso de banda [*bandpass filter*] BPF1, BPF2, unos circuitos de conversión fotoeléctrica [*photoelectric conversion circuits*] PEC1, PEC2 y una unidad de determinación de salpicaduras 102.

El oscilador láser 101 es un oscilador láser de alto enfoque que puede hacer oscilar un rayo láser de fibra monomodo con un diámetro de rayo de 100 μm o más pequeño, por ejemplo. El cabezal láser LH es un cabezal láser de galvano-escaneo que puede aplicar un rayo láser a una velocidad de 500 mm/seg o más, por ejemplo. El cabezal láser LH incluye las lentes L1 a L3, un espejo semitransparente HM y los espejos M1, M2. La salida del rayo láser LB del oscilador láser 101 y la entrada en el cabezal láser LH pasa a través de la lente L1, el espejo semitransparente HM, la lente L2, los espejos M1, M2 y la lente L3, en este orden, y se aplica al cúmulo de material fundido 30.

La luz reflejada del rayo láser LB, que se refleja desde el cúmulo de material fundido 30, pasa a través de la lente L3, del espejo M2, del espejo M1, de la lente L2 y del espejo semitransparente HM del cabezal láser LH, en este orden, y es seleccionada por el filtro de paso de banda BPF1. Luego, la luz reflejada seleccionada por el filtro de paso de banda BPF1 se convierte en una señal eléctrica mediante el circuito de conversión fotoeléctrica PEC1 y se ingresa en la unidad de determinación de salpicaduras 102.

Mientras tanto, el plasma (por ejemplo, con una longitud de onda de 400 a 600 nm) generado en el cúmulo de material fundido 30 pasa a través de la lente L3, del espejo M2, del espejo M1, de la lente L2 y del espejo semitransparente HM del cabezal láser LH, en este orden, y es seleccionado por el filtro de paso de banda BPF2. Luego, el plasma seleccionado por el filtro de paso de banda BPF2 se convierte en una señal eléctrica, mediante el circuito de conversión fotoeléctrica PEC2 y se ingresa en la unidad de determinación de salpicaduras 102.

La unidad de determinación de salpicaduras 102 determina si se generan salpicaduras en el cúmulo de material fundido 30, sobre la base de las fluctuaciones observadas en el plasma y en la luz reflejada, en al menos uno de ellos. La figura 7 es un gráfico que muestra las fluctuaciones del plasma y de la luz reflejada. En la figura 7, el eje horizontal y el eje vertical representan el tiempo y la intensidad, respectivamente. Como se muestra en la figura 7, la generación de salpicaduras puede detectarse a partir de las fluctuaciones del plasma y la luz reflejada. Por lo tanto, es posible detectar salpicaduras en tiempo real durante la soldadura, en lugar de después de la soldadura. Además, por ejemplo, cuando la extensión o el número de veces que la generación de salpicaduras excede un valor de referencia predeterminado, la unidad de determinación de salpicaduras 102 establece que se ha producido un fallo de soldadura, y detiene el oscilador láser 101. Luego, un producto actual se cambia al siguiente. Por consiguiente, determinar un fallo de soldadura en tiempo real durante la soldadura, en lugar de después de la soldadura, puede mejorar la productividad más de lo que es posible mediante la técnica relacionada.

(Ejemplo modificado de la primera realización)

Un ejemplo modificado de la primera realización se describirá con referencia a la figura 8. La figura 8 es una vista

lateral que muestra un ejemplo modificado de la parte de unión 25 del primer y del segundo alambres planos 20a, 20b en el método de soldadura por láser para alambres planos, según la primera realización. Las coordenadas xyz de la derecha que se muestran en la figura 8 coinciden con las que se muestran en las figuras 2 a 5.

5 En el ejemplo que se muestra en la figura 1, la parte de unión 25 se coloca verticalmente (en la dirección del eje z), como lo indica la línea discontinua de dos puntos en la figura 8. En este ejemplo modificado, esta parte indicada por la línea discontinua de dos puntos se omite. Específicamente, un ángulo θ con el que se forma la superficie del primer extremo 24a del primer alambre plano 20a, con una línea de extensión de una superficie externa es menor que 90° , de modo que un extremo anterior del primer alambre plano 20a tenga una forma puntiaguda. Además, la superficie del primer extremo 24a y la superficie externa están conectadas entre sí por una superficie curva en forma de arco. De acuerdo con esta configuración, la cantidad de primeros y segundos alambres planos 20a, 20b utilizados puede reducirse, y el estator 1 puede disminuir su tamaño.

10 Por otro lado, en el caso de esta configuración, como se muestra en la figura 8, la primera superficie lateral 23a tiene una forma sustancialmente triangular y es más estrecha que la primera superficie lateral rectangular 23a mostrada en la figura 4. Por lo tanto, tiende a producirse una quemadura pasante durante la soldadura, en ambos extremos del primer alambre plano 20a, a lo ancho (la dirección del eje x). Sin embargo, en el método de soldadura por láser para alambres planos de acuerdo con esta realización, el cúmulo de material fundido 30 se expande en una parte central del primer alambre plano 20a, a lo ancho (la dirección del eje x), mientras que el rayo láser se aplica suavemente una forma de bucle. Por lo tanto, es posible suprimir tal quemadura pasante en ambos extremos.

15 A continuación, se describirán ejemplos modificados de la primera realización, con referencia a las figuras 9 a 11. Las figuras 9 a 11 son vistas en planta, que muestran los ejemplos modificados de la trayectoria de aplicación del rayo láser en el método de soldadura por láser para alambres planos, de acuerdo con la primera realización. Las coordenadas xyz de la derecha que se muestran en las figuras 9 a 11 coinciden con las de las figuras 2 a 5.

20 Como se muestra en la figura 9, la trayectoria de aplicación del rayo láser en forma de bucle puede tener una forma de bucle rectangular. Sin embargo, en el caso de una trayectoria rectangular, la trayectoria del rayo láser debe realizar giros bruscos en las esquinas, en contraste con una trayectoria circular. Específicamente, en el caso de una trayectoria rectangular, no es posible aplicar el rayo láser de manera fluida en las esquinas, por lo que el calor tiende a concentrarse en las esquinas y tienden a generarse salpicaduras, en comparación a cuando la trayectoria tiene una forma elíptica o una forma circular. En otras palabras, en el caso de que la trayectoria de aplicación del rayo láser tenga una forma elíptica o una forma circular, el rayo láser puede aplicarse constantemente a lo largo de una trayectoria de manera fluida. Así, se puede suprimir la generación de salpicaduras.

25 Como se muestra en la figura 10, la trayectoria de aplicación del rayo láser en forma de bucle puede tener una forma de bucle circular. Como se muestra en la figura 10, después de la expansión de un cúmulo de material fundido circular a través de la superficie del primer extremo 24a del primer alambre plano 20a y de la superficie del segundo extremo 24b del segundo alambre plano 20b, este cúmulo de material fundido se puede desplazar a lo ancho del primer y del segundo alambres planos 20a, 20b (una dirección positiva del eje x en el ejemplo que se muestra). La trayectoria de aplicación del rayo láser en forma de bucle no tiene que ser obligatoriamente un bucle cerrado, como se muestra en la figura 10 y en su lugar, puede ser un bucle abierto (forma espiral), como se muestra en la figura 11.

30 Con las trayectorias de aplicación del rayo láser en forma de bucle que se muestran en las figuras 9 a 11, también, es posible formar el cúmulo de material fundido 30 dentro de la superficie del extremo de un alambre plano y hacer que el cúmulo de material fundido 30 se expanda para que llegue al espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b.

35 Es decir, es posible llenar el espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b con el cúmulo de material fundido 30 antes de que el rayo láser pase sobre la primera y la segunda superficies laterales 23a, 23b. De este modo, se puede evitar que el rayo láser entre en el espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b. Como resultado, es posible reducir los efectos adversos causados por el ingreso del rayo láser en el espacio libre que queda entre las superficies laterales.

(Segunda Realización)

40 A continuación, se describirá un método de soldadura por láser para alambres planos, de acuerdo con esta realización con referencia a las figuras 12 a 14. Las figuras 12 a 14 son vistas en planta que muestran el método de soldadura por láser para alambres planos, de acuerdo con la segunda realización. Las coordenadas xyz de la derecha que se muestran en las figuras 12 a 14 coinciden con los de las figuras 2 a 5.

45 Primero, como se muestra en la figura 12, la primera superficie lateral 23a del primer alambre plano 20a que está desprendida de la primera película aislante 21a, y la segunda superficie lateral 23b del segundo alambre plano 20b que está desprendida de la segunda película aislante 21b están unidas a tope en la parte de unión 25. Luego, se aplica un rayo láser en forma de bucle dentro de la superficie del primer extremo 24a del primer alambre plano 20a, para formar un primer cúmulo de material fundido 30a. Al mismo tiempo, se aplica un rayo láser en forma de bucle dentro de la superficie del segundo extremo 24b del segundo alambre plano 20b para formar un segundo cúmulo fundido 30b. Es posible aplicar un rayo láser a las superficies del primer y del segundo extremos 24a, 24b al mismo

tiempo dividiendo el rayo láser.

Como se muestra en la figura 12, en el método de soldadura por láser para alambres planos de acuerdo con esta realización, primero el rayo láser se aplica en forma de bucle dentro de la superficie del primer extremo 24a del primer alambre plano 20a, para formar el primer cúmulo de material fundido 30a. Al mismo tiempo, se aplica otro rayo láser en forma de bucle dentro de la superficie del segundo extremo 24b del segundo alambre plano 20b para formar el segundo cúmulo de material fundido 30b. Por lo tanto, el rayo láser no se aplica a la primera y a la segunda superficies laterales 23a, 23b. En esta etapa, por lo tanto, se evita que el rayo láser entre en el espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b.

A continuación, como se muestra en la figura 13, el diámetro de la trayectoria de aplicación del rayo láser, es decir, el diámetro de la elipse, se incrementa dentro de la superficie del primer extremo 24a del primer alambre plano 20a, para permitir que el primer cúmulo de material fundido 30a llegue a la primera y a la segunda superficies laterales 23a, 23b. Al mismo tiempo, el diámetro de la trayectoria de aplicación del rayo láser, es decir, el diámetro de la elipse, se incrementa dentro de la superficie del segundo extremo 24b del segundo alambre plano 20b, para fusionar el segundo cúmulo de material fundido 30b con el primer cúmulo de material fundido 30a. Específicamente, cada vez que los rayos láser regresan a sus respectivas posiciones de inicio de la aplicación (INICIO indicado por las flechas en la figura 13), los diámetros de las elipses que son las trayectorias de aplicación aumentan. Por lo tanto, los diámetros del primer y del segundo cúmulos de material fundido 30a, 30b también aumentan, de modo que, en la etapa donde los rayos láser se aplican, respectivamente, dentro de la superficie del primer extremo 24a del primer alambre plano 20a y de la superficie del segundo extremo 24b del segundo alambre plano 20b, el primer cúmulo de material fundido 30a y el segundo cúmulo de material fundido 30b se fusionan entre sí, cerca de la primera y de la segunda superficies laterales 23a, 23b.

Como resultado, el espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b se llena con el primer y el segundo cúmulos de material fundido 30a, 30b fusionados. Es decir, en esta etapa, el rayo láser no se aplica a la primera y a la segunda superficies laterales 23a, 23b, y el espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b se llena con el primer y el segundo cúmulos de material fundido 30a, 30b fusionados. De este modo, se evita que el rayo láser entre en el espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b.

A continuación, como se muestra en la figura 14, los diámetros de las trayectorias de aplicación del rayo láser, es decir, los diámetros de las elipses, se incrementan dentro de la superficie del primer extremo 24a del primer alambre plano 20a y la superficie del segundo extremo 24b del segundo alambre plano 20b, hasta que el cúmulo de material fundido fusionado 30 se expanda para llegar al tamaño deseado. Específicamente, cada vez que los rayos láser regresan a sus respectivas posiciones de inicio de la aplicación (INICIO indicado por las flechas en la figura 14), los diámetros de las elipses que son las trayectorias de aplicación se incrementan. Cuando los diámetros de las elipses alcanzan un valor predeterminado, la aplicación de los rayos láser finaliza en sus respectivas posiciones de inicio de la aplicación (FIN indicado por las flechas en la figura 14).

En el método de soldadura por láser para alambres planos según la segunda realización, a diferencia del método de soldadura por láser para alambres planos según la primera realización, los rayos láser no se aplican a la primera y a la segunda superficies laterales 23a, 23b incluso en la etapa en la que se termina la aplicación de los rayos láser. Además, el espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b se llena con el cúmulo de material fundido fusionado 30. De este modo, se puede evitar que los rayos láser entren en el espacio libre entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b.

Como se ha descrito con anterioridad, en el método de soldadura por láser para alambres planos de acuerdo con esta realización, primero se aplican los haces de láser en forma de bucle respectivamente dentro de la superficie del primer extremo 24a del primer alambre plano 20a y de la superficie del segundo extremo 24b del segundo alambre plano 20b, para formar el primer y el segundo cúmulos de material fundido 30a, 30b. Con posterioridad, los diámetros de las trayectorias de aplicación del rayo láser, es decir, los diámetros de las elipses, se incrementan dentro de la superficie del primer extremo 24a del primer alambre plano 20a y la superficie del segundo extremo 24b del segundo alambre plano 20b para fusionar entre sí el primer cúmulo de material fundido 30a y el segundo cúmulo de material fundido 30b.

Por lo tanto, en el método de soldadura por láser para alambres planos de acuerdo con esta realización, no se aplica ningún rayo láser a la primera y a la segunda superficies laterales 23a, 23b en todo el curso de la soldadura. Además, el espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b se llena con el cúmulo de material fundido 30 (el cúmulo de material fundido en el que se fusionan el primer y el segundo cúmulos de material fundido 30a, 30b). En comparación con el método de soldadura por láser para alambres planos de acuerdo con la primera realización, es posible evitar que el rayo láser entre en el espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b, fusionando el primer y el segundo cúmulos de material fundido 30a, 30b. Como resultado, se pueden reducir aún más los efectos adversos causados por el rayo láser que entra en el espacio libre creado entre las superficies laterales.

Por lo tanto, en el método de soldadura por láser para alambres planos de acuerdo con esta realización, el primer y

el segundo cúmulos de material fundido 30a, 30b se forman dentro de las superficies de los extremos de ambos alambres planos, y el primer cúmulo de material fundido 30a y el segundo cúmulo de material fundido 30b se expanden de manera que puedan fusionarse entre sí. Luego, el espacio libre creado entre la primera superficie lateral 23a y la segunda superficie lateral 23b se llena con el cúmulo de material fundido 30 (el cúmulo de material fundido en el que se fusionan el primer y el segundo cúmulos de material fundido 30a, 30b). Se confirmó que este método podría evitar que un rayo láser entre en un espacio libre de hasta 0,30 mm. Un espacio libre de este valor es dos veces mayor que en el método de soldadura por láser para alambres planos de acuerdo con la primera realización, lo que significa que la segunda realización es más efectiva para evitar que un rayo láser entre en el espacio libre creado entre las superficies laterales.

A continuación se describirán un ejemplo y ejemplos comparativos de la presente invención. Sin embargo, la presente invención no se limita al siguiente ejemplo. La figura 15 es una tabla que muestra las condiciones de prueba y los resultados del ejemplo 1 y de los ejemplos comparativos 1 y 2. En el ejemplo 1 y en los ejemplos comparativos 1 y 2, en cada uno de ellos, los alambres planos (con un grosor de 2,147 mm y un ancho de la superficie del extremo de 4,0 mm) que tiene la forma final como se muestra en la figura 8, se soldaron con láser. Se utilizó un rayo láser de fibra monomodo, con potencia de láser de 2,0 kW y un diámetro de rayo de 60 (µm). La velocidad de desplazamiento del rayo láser a lo largo de la trayectoria de la aplicación fue de 750 mm/seg. Solo el método de aplicación varió entre el ejemplo 1 y los ejemplos comparativos 1 y 2, estos ejemplos se compararon en términos de aspecto de la cuenta, generación de salpicaduras, aspecto de las superficies de unión y fugas del rayo láser a través del espacio libre creado entre las superficies de unión (daños en las películas aislantes).

La fila superior de la figura 15 muestra los métodos de aplicación del ejemplo 1 y de los ejemplos comparativos 1 y 2. En el ejemplo comparativo 1, la trayectoria de la aplicación del rayo láser siguió un recorrido con giros en horquilla, en una dirección sustancialmente perpendicular a las superficies de unión (superficies laterales) en una parte central del par de alambres planos unidos a tope. La región de aplicación del ejemplo comparativo 1 indicada por sombreado en la figura 15, tenía 2,0 mm de ancho en la dirección del ancho de los alambres planos y 1,0 mm de espesor en la dirección del grosor de los alambres planos. El rayo láser se aplicó desde un extremo superior izquierdo hasta un extremo derecho de la región de aplicación que se muestra en la figura 15 y luego regresó al extremo superior izquierdo para finalizar la aplicación (INICIO/FIN en la figura 15).

En el ejemplo comparativo 2, la trayectoria de la aplicación del rayo láser siguió una trayectoria con giros en horquilla, en una dirección sustancialmente paralela a las superficies de unión (superficies laterales) en una parte central del par de alambres planos con tope. Como en el ejemplo comparativo 1, la región de aplicación del ejemplo comparativo 2 indicada con sombreado en la figura 15 tenía 2,0 mm de ancho en la dirección del ancho de los alambres planos y 1,0 mm de espesor en la dirección del grosor de los alambres planos. El rayo láser se aplicó desde un punto central en un extremo superior, hasta un extremo inferior de la región de aplicación mostrada en la figura 15 y luego regresó al punto central en el extremo superior, para finalizar la aplicación (INICIO/FIN en la figura 15).

La trayectoria de aplicación del rayo láser en el ejemplo 1 fue la trayectoria elíptica de la primera realización que se ha descrito en detalle, utilizando las figuras 2 a 5. Como se muestra en la figura 15, en la región de aplicación indicada con sombreado en la figura 15, el diámetro mayor de la trayectoria elíptica más grande fue de 2,0 mm en la dirección del ancho de los alambres planos y el diámetro menor de la trayectoria elíptica más grande fue de 1,0 mm en la dirección del grosor de los alambres planos. El rayo láser se aplicó desde un punto central en un extremo superior de la región de aplicación que se muestra en la figura 15, y cada vez que el rayo láser regresaba al punto central en el extremo superior, el diámetro de la elipse aumentaba gradualmente. Después de que se dibujó la trayectoria elíptica más grande, la aplicación se terminó en el punto central, en el extremo superior (INICIO/FIN en la figura 15).

La fila del medio de la figura 15 muestra fotografías de los aspectos de las cuentas en el ejemplo 1 y en los ejemplos comparativos 1 y 2. En el ejemplo comparativo 1, hubo una perturbación en la cuenta y salpicaduras. En el ejemplo comparativo 2, se reconoció una gran cantidad de salpicaduras. Se considera que en los ejemplos comparativos 1 y 2 tienden a producirse perturbaciones en la cuenta y salpicaduras, porque el cúmulo de material fundido se altera en los puntos de giro de las trayectorias. En el ejemplo 1, no se observó perturbación en la cuenta, y la cantidad de salpicaduras fue significativamente menor que en los ejemplos comparativos 1 y 2. Se considera que es menos probable que haya una perturbación en la cuenta y salpicaduras en el ejemplo 1 debido a que la trayectoria elíptica no tiene puntos de giro y, por lo tanto, el rayo láser se puede aplicar constantemente de un modo fluido. La profundidad de la cuenta era de 2,0 mm.

La fila inferior de la figura 15 muestra fotografías de los aspectos de las superficies de unión (superficies unidas a tope) en el ejemplo 1 y en los ejemplos comparativos 1 y 2. En los ejemplos comparativos 1 y 2, se reconoció una quemadura pasante en ambos extremos de las superficies de unión triangulares. Una posible causa es la concentración de calor en los puntos de giro. En el ejemplo 1, no se reconoció ninguna quemadura pasante. En el ejemplo 1, el cúmulo de material fundido se expande en la parte central de los alambres planos, en la dirección del ancho, mientras que el rayo láser se aplica de un modo fluido, en una forma elíptica. Esta parece ser la razón por la que se puede evitar la quemadura pasante en ambos extremos.

En los ejemplos comparativos 1 y 2, se reconoció la fuga del rayo láser incluso cuando el espacio libre creado entre

5 las superficies de unión era de 0,1 mm. En el ejemplo 1, por el contrario, no se reconoció una fuga del rayo láser para espacios libres de hasta 0,15 mm entre las superficies de unión. En los ejemplos comparativos 1 y 2, no es posible hacer expandir el cúmulo de material fundido y llenar el espacio libre creado entre las superficies de unión con este cúmulo de material fundido antes de que el rayo láser pase sobre las superficies de unión. En el ejemplo 1, por el contrario, es posible llenar el espacio libre creado entre las superficies de unión con el cúmulo de material fundido antes de que el rayo láser pase sobre las superficies de unión. Esta parece ser la razón por la cual se puede evitar que el rayo láser entre en el espacio libre creado entre las superficies de unión.

La presente invención no se limita a las realizaciones anteriores, sino que puede modificarse de manera apropiada dentro del alcance de la esencia de la invención.

10 Se proporciona un método de soldadura por láser para alambres planos, en los cuales las superficies laterales (23a, 23b) en los extremos del primer y segundo alambres planos (20a, 20b) están recubiertas con películas aislantes, en donde las superficies laterales (23a, 23b) se desprenden de las películas aislantes, se unen a tope, y se aplica un rayo láser (LB) a las superficies de los extremos (24a, 24b) del primer y del segundo alambres planos, para soldar las superficies laterales (23a, 23b). Este método incluye: aplicar el rayo láser (LB) en una forma de bucle dentro de la superficie del extremo (24a) del primer alambre plano para formar un cúmulo de material fundido (30) y aumentar gradualmente el diámetro de una trayectoria de aplicación en forma de bucle del rayo láser (LB) dentro de la superficie del extremo (24a) del primer alambre plano, para permitir que el cúmulo de material fundido (30) llegue a las superficies laterales (23a, 23b).

REIVINDICACIONES

1. Un método de soldadura por láser para alambres planos, en el cual una primera superficie lateral (23a), en un primer extremo de un primer alambre plano (20a), recubierta con una primera película aislante (21a), en donde la primera superficie lateral (23a) está desprendida de la primera película aislante (21a), y una segunda superficie lateral (23b) en un segundo extremo de un segundo alambre plano (20b), recubierto con una segunda película aislante (21b), en donde la segunda superficie lateral (23b) está desprendida de la segunda película aislante (21b), se unen a tope, y se aplica un rayo láser a una superficie del primer extremo (24a) del primer alambre plano (20a) y a una superficie del segundo extremo (24b) del segundo alambre plano (20b), para soldar entre sí la primera superficie lateral (23a) y la segunda superficie lateral (23b), método de soldadura por láser que comprende:
- 5 aplicar el rayo láser en forma de bucle dentro de la superficie del primer extremo (24a), para formar un cúmulo de material fundido (30) y
- 10 aplicar el rayo láser dentro de la superficie del primer extremo (24a), mientras aumenta gradualmente el diámetro de una trayectoria en forma de bucle del rayo láser, para permitir que el cúmulo de material fundido (30) llegue a la primera superficie lateral (23a) y a la segunda superficie lateral (23b).
- 15 2. El método de soldadura por láser, según la reivindicación 1, en el que la forma del bucle es una forma circular o una forma elíptica.
3. El método de soldadura por láser, según la reivindicación 1, en el que la forma del bucle es una forma rectangular.
4. El método de soldadura por láser, según la reivindicación 1, en el que la forma del bucle es una forma en espiral.
- 20 5. El método de soldadura por láser, según la reivindicación 1, en el que la forma del bucle es una forma elíptica, y un eje mayor de la elipse es paralelo a la primera superficie lateral (23a) y la segunda superficie lateral (23b).
6. El método de soldadura por láser, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que, en la superficie del primer extremo (24a), el rayo láser se aplica solo a una región de la superficie del primer extremo (24a), que está situada en un lado de la primera superficie lateral (23a), con relación a una posición de inicio de la aplicación del rayo láser.
- 25 7. El método de soldadura por láser, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el rayo láser se aplica a la superficie del segundo extremo (24b), a medida que el diámetro de la trayectoria en forma de bucle del rayo láser aumenta gradualmente.
8. El método de soldadura por láser, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende, además:
- 30 aplicar otro rayo láser en forma de bucle dentro de la superficie del segundo extremo (24b) para formar otro cúmulo de material fundido y
- aplicar el otro rayo láser dentro de la superficie del segundo extremo (24b) mientras aumenta gradualmente el diámetro de una trayectoria en forma de bucle del otro rayo láser, para fusionar entre sí el cúmulo de material fundido y el otro cúmulo de material fundido.
9. El método de soldadura por láser, según la reivindicación 8, en el que:
- 35 en la superficie del primer extremo (24a), el rayo láser se aplica solo a una región de la superficie del primer extremo (24a), que está ubicada en un lado de la primera superficie lateral (23a), con respecto a una posición de inicio de aplicación del rayo láser y
- 40 en la superficie del segundo extremo (24b), el otro rayo láser se aplica solo a una región de la superficie del segundo extremo (24b), que está ubicada en un lado de la segunda superficie lateral (23b) con respecto a una posición de inicio de aplicación del otro rayo láser.
10. El método de soldadura por láser, según la reivindicación 8 o 9, en el que:
- el rayo láser se aplica a la superficie del segundo extremo (24b), a medida que el diámetro de la trayectoria en forma de bucle del rayo láser aumenta gradualmente y
- 45 el otro rayo láser se aplica a la superficie del primer extremo (24a), a medida que el diámetro de la trayectoria en forma de bucle del otro rayo láser aumenta gradualmente.
11. El método de soldadura por láser según la reivindicación 8 o 9, en el que el rayo láser se aplica solo a la superficie del primer extremo (24a), y el otro rayo láser se aplica solo a la superficie del segundo extremo (24b).

FIGURA 1

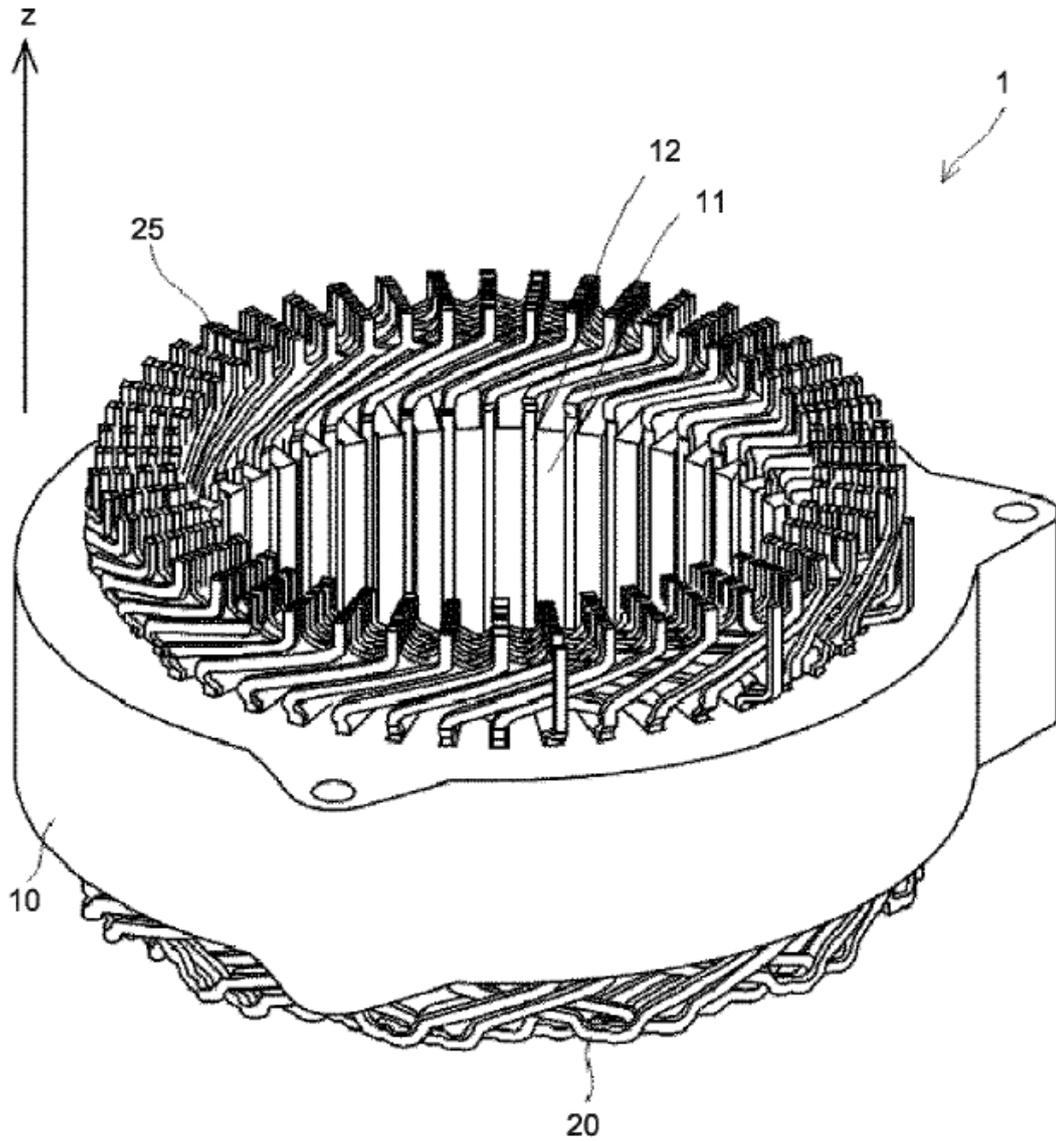


FIGURA 2

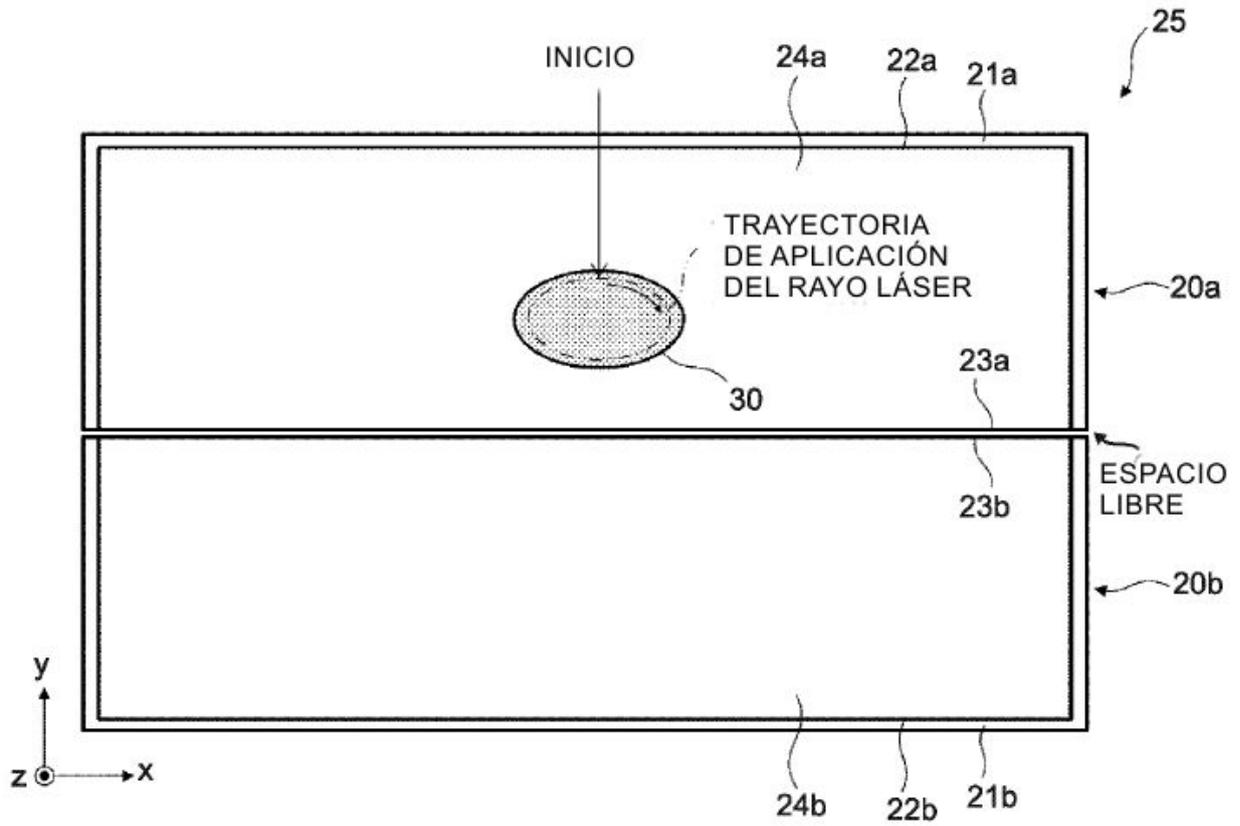


FIGURA 3

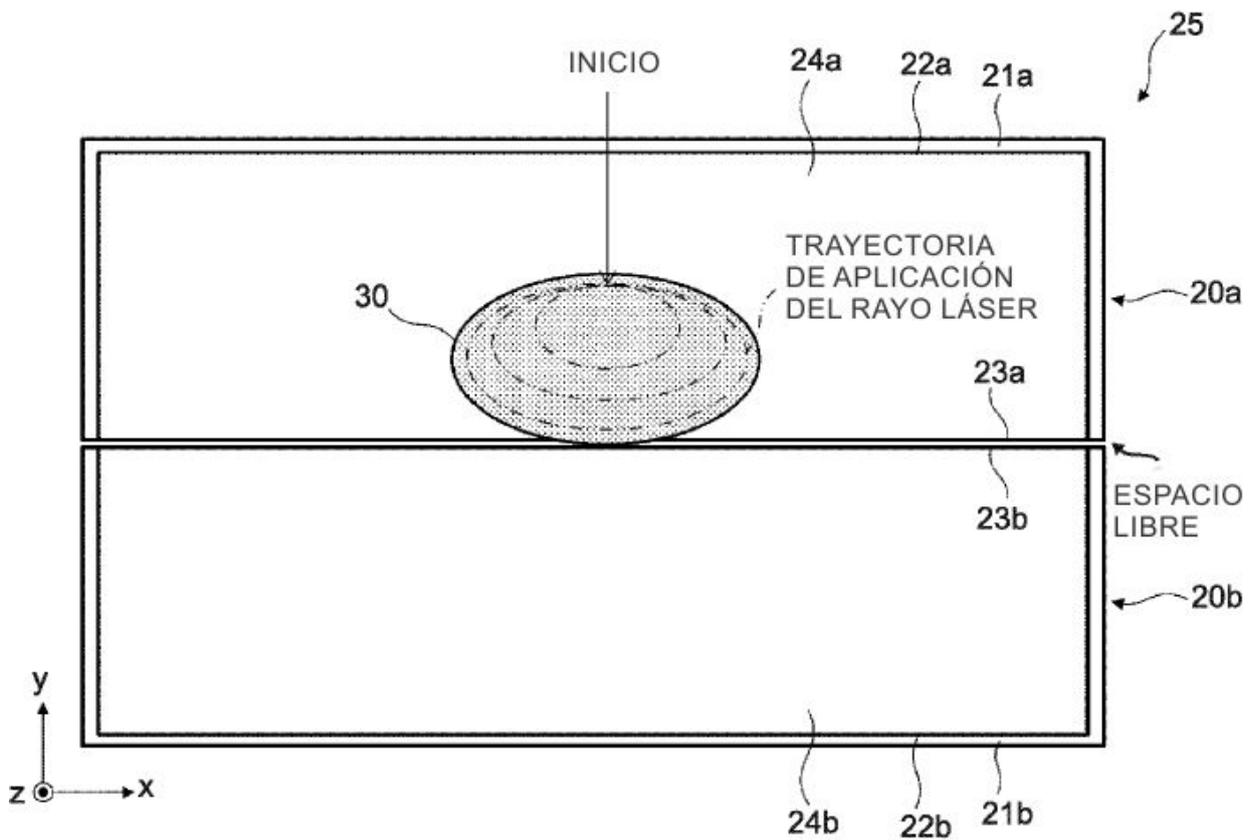


FIGURA 4

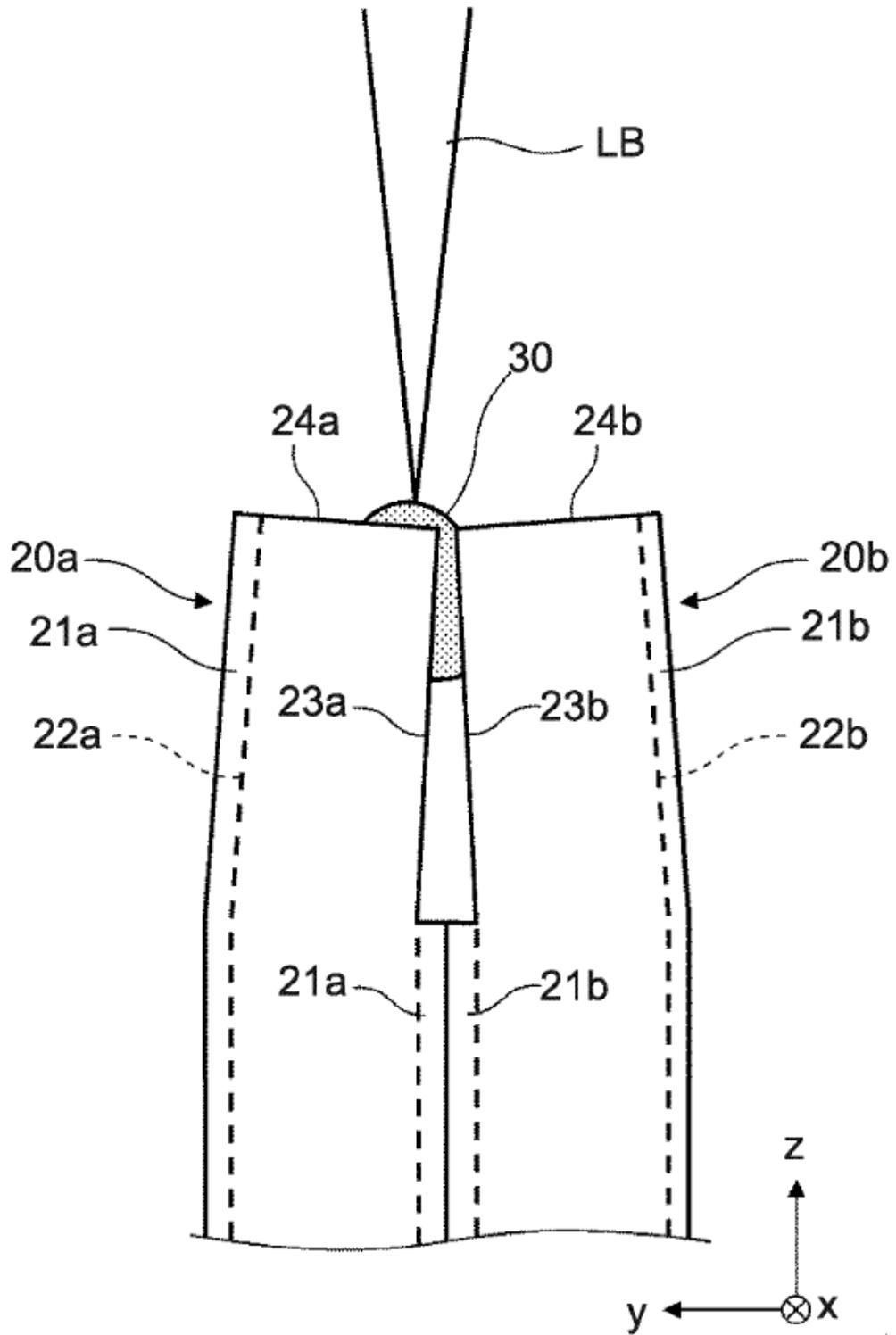


FIGURA 5

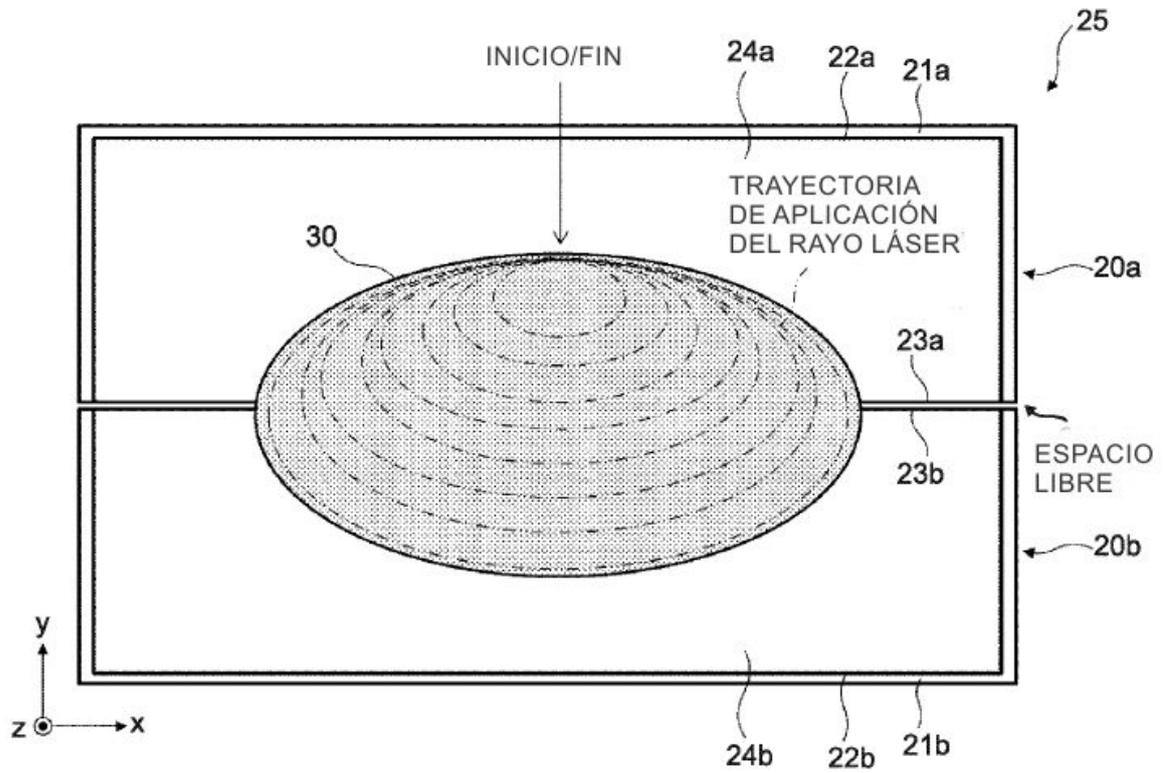


FIGURA 6

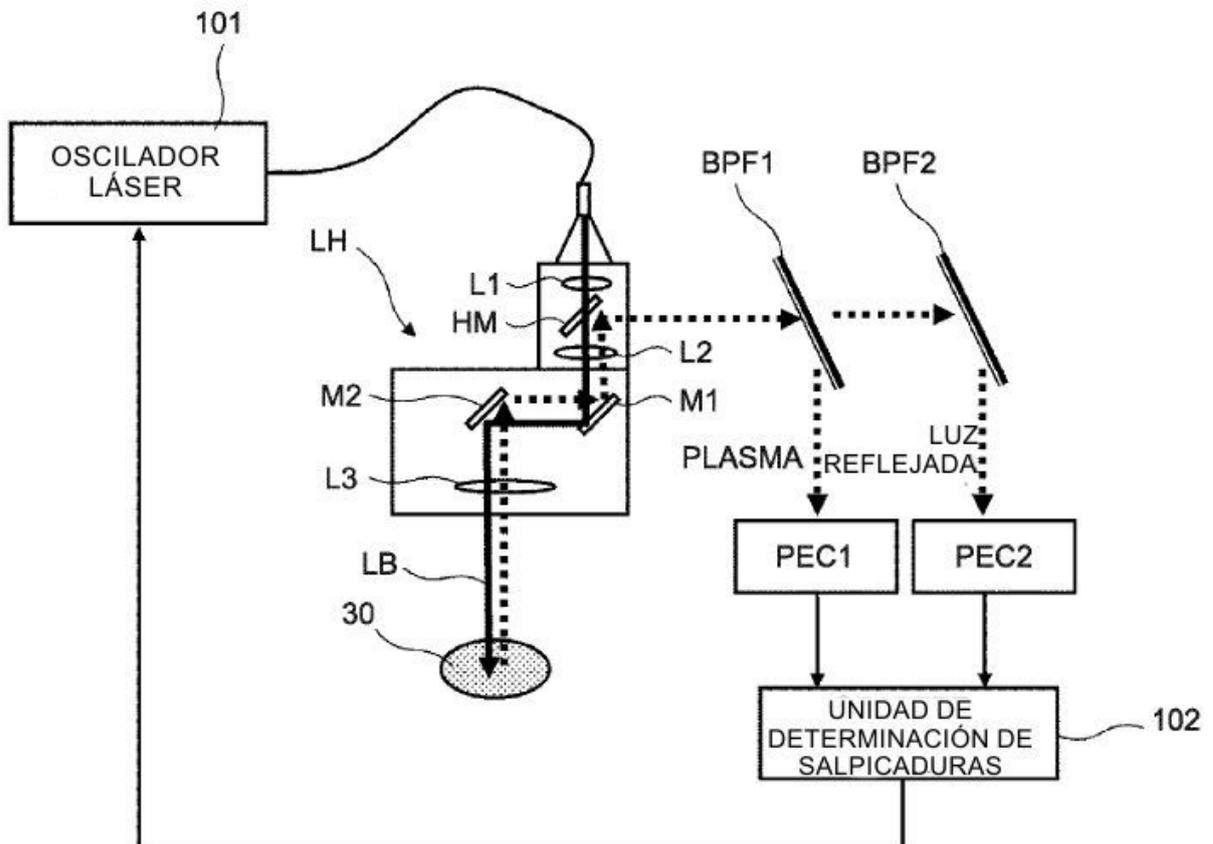


FIGURA 7

GENERACIÓN DE SALPICADURAS

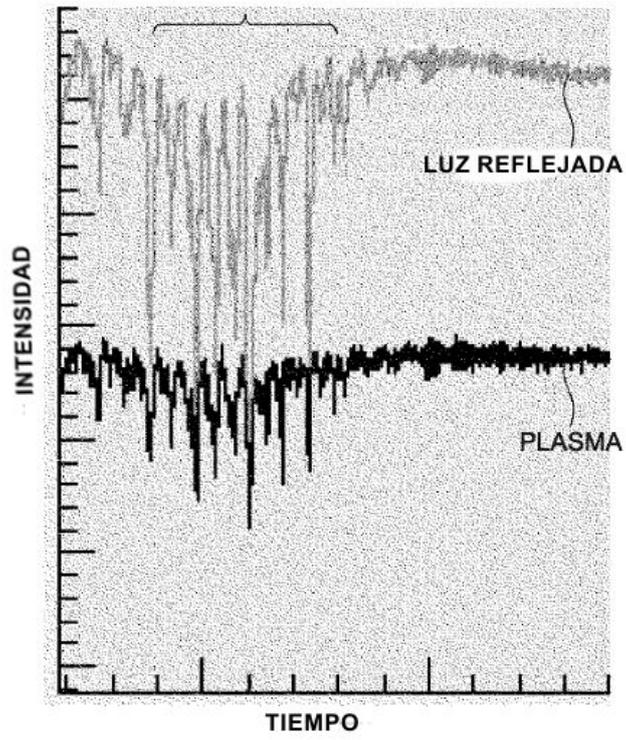


FIGURA 8

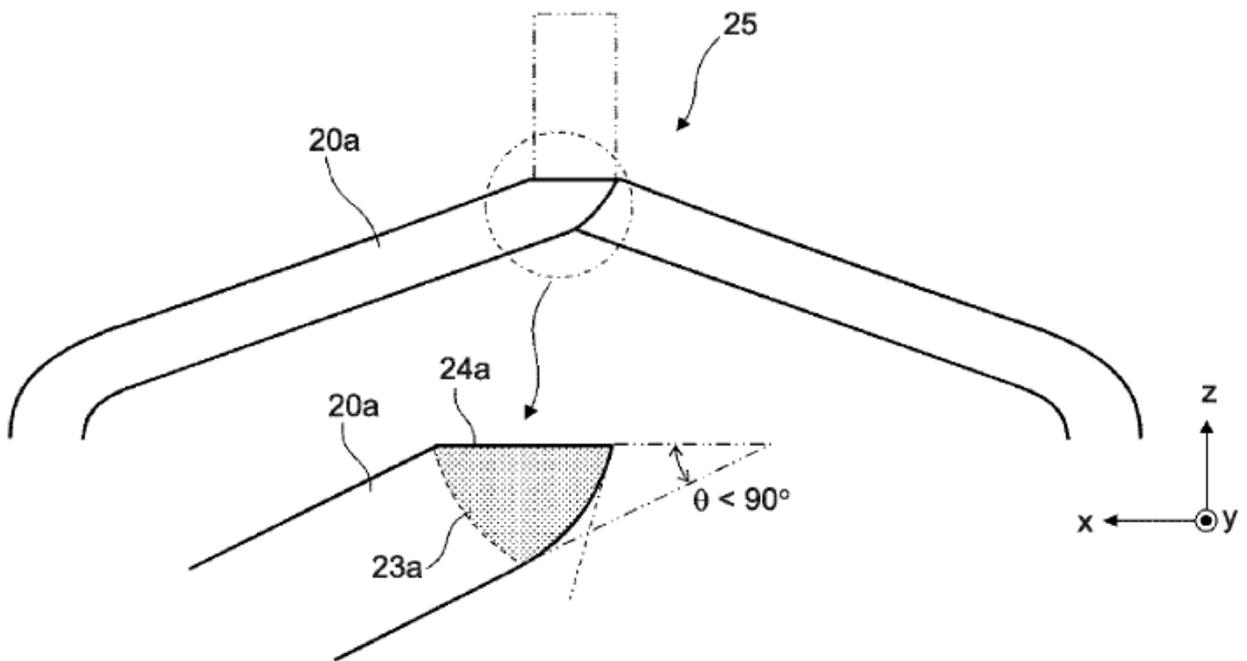


FIGURA 9

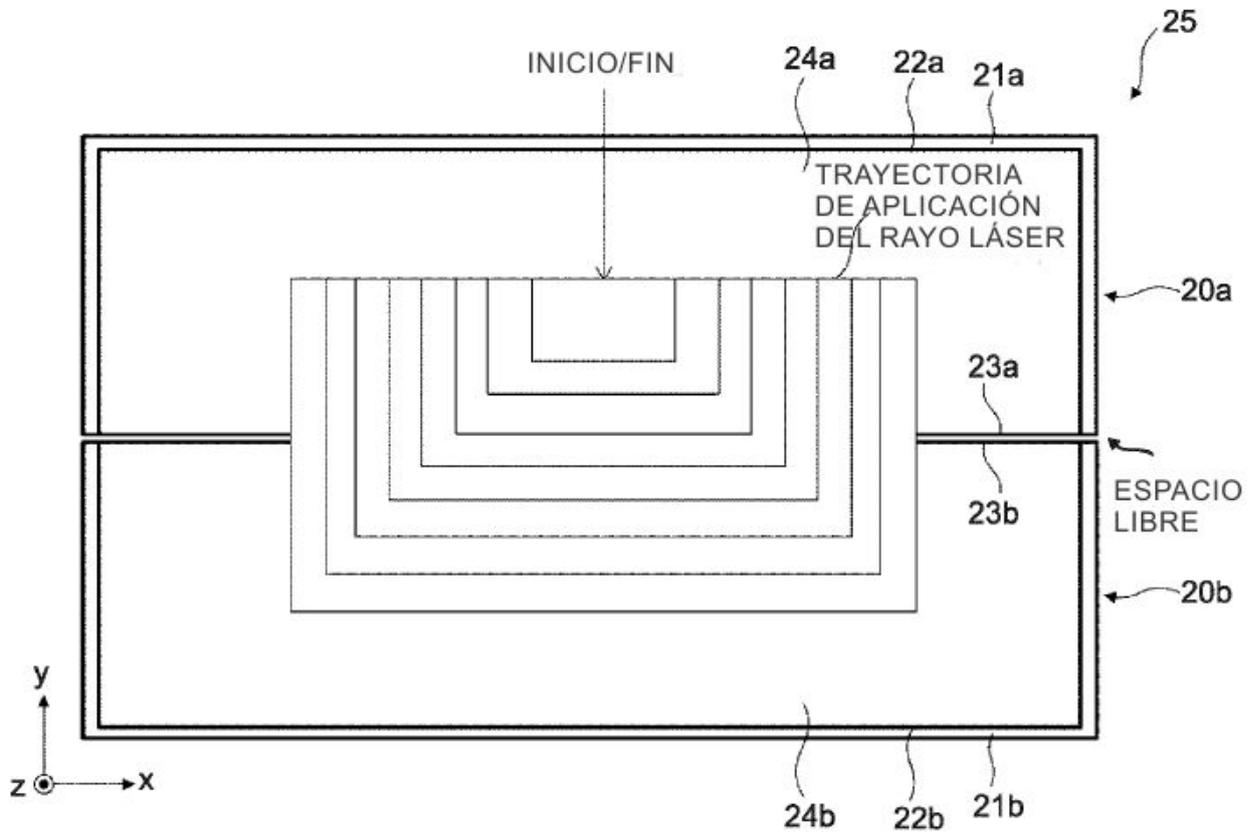


FIGURA 10

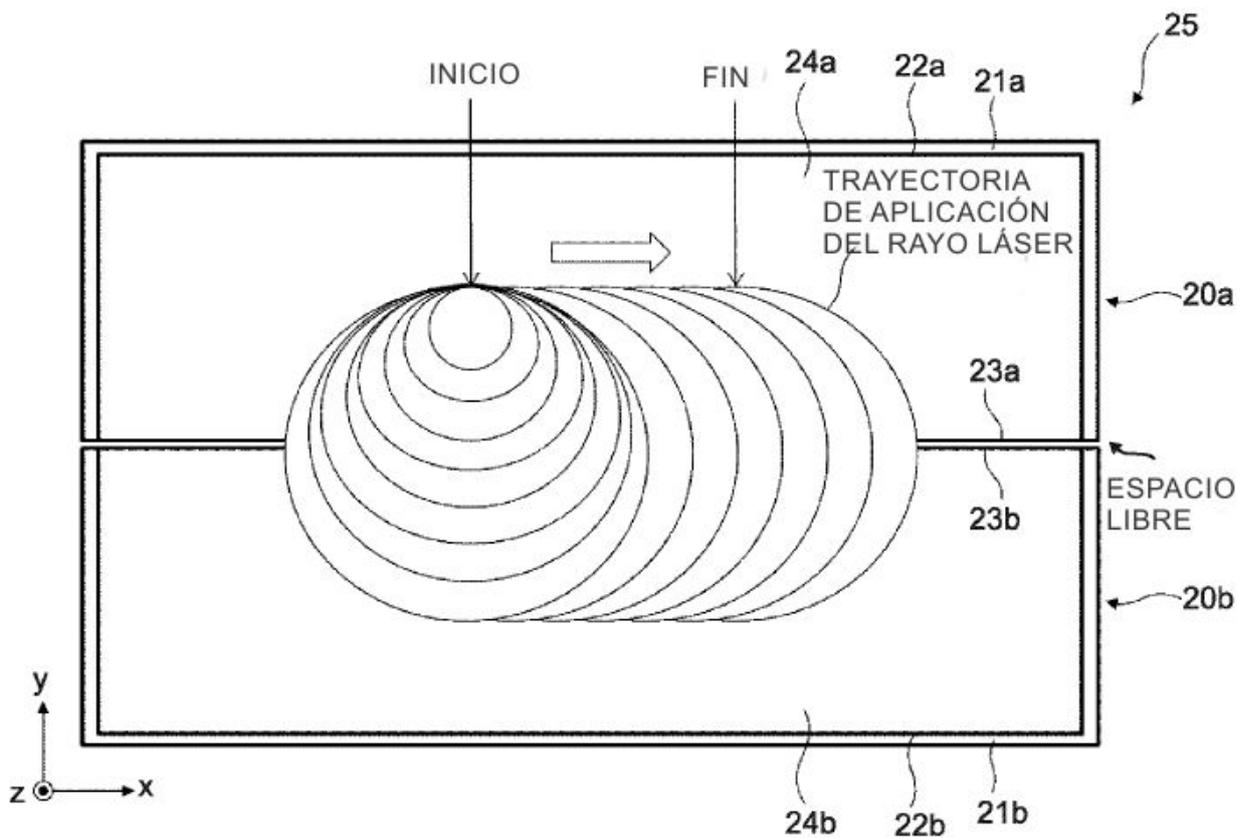


FIGURA 11

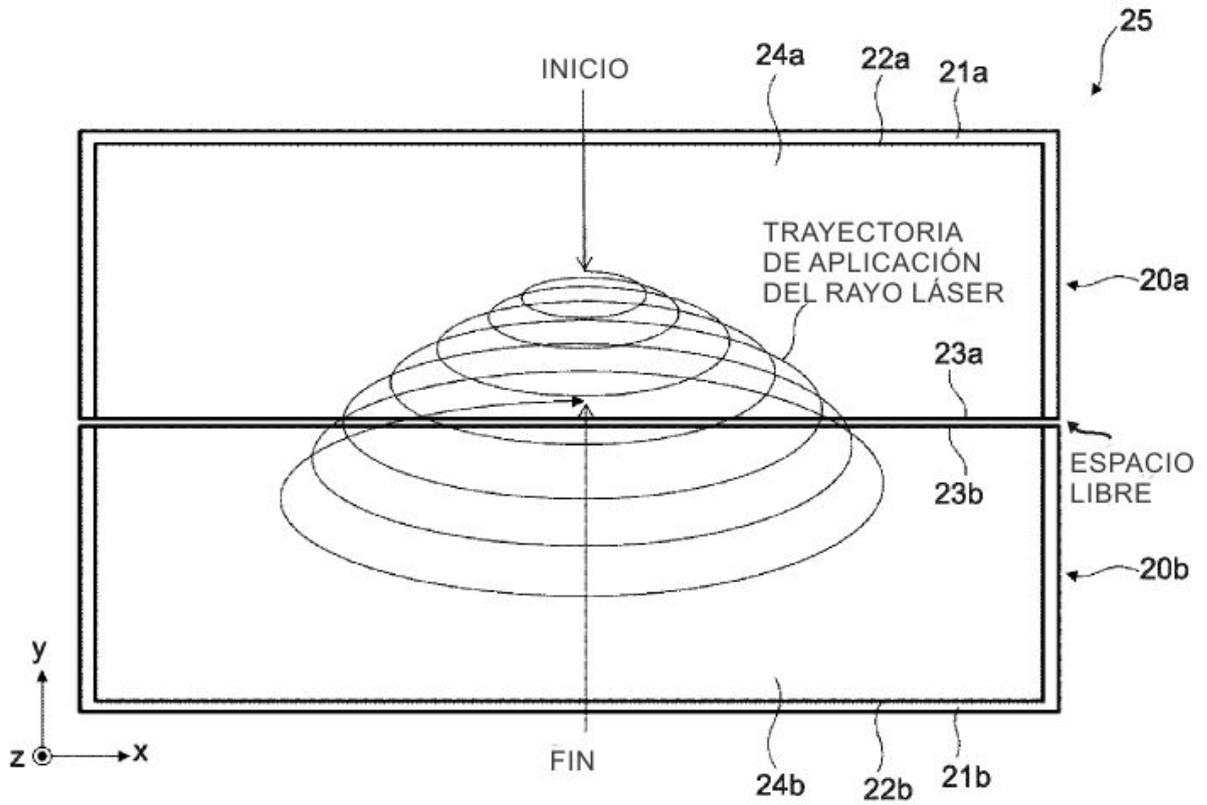


FIGURA 12

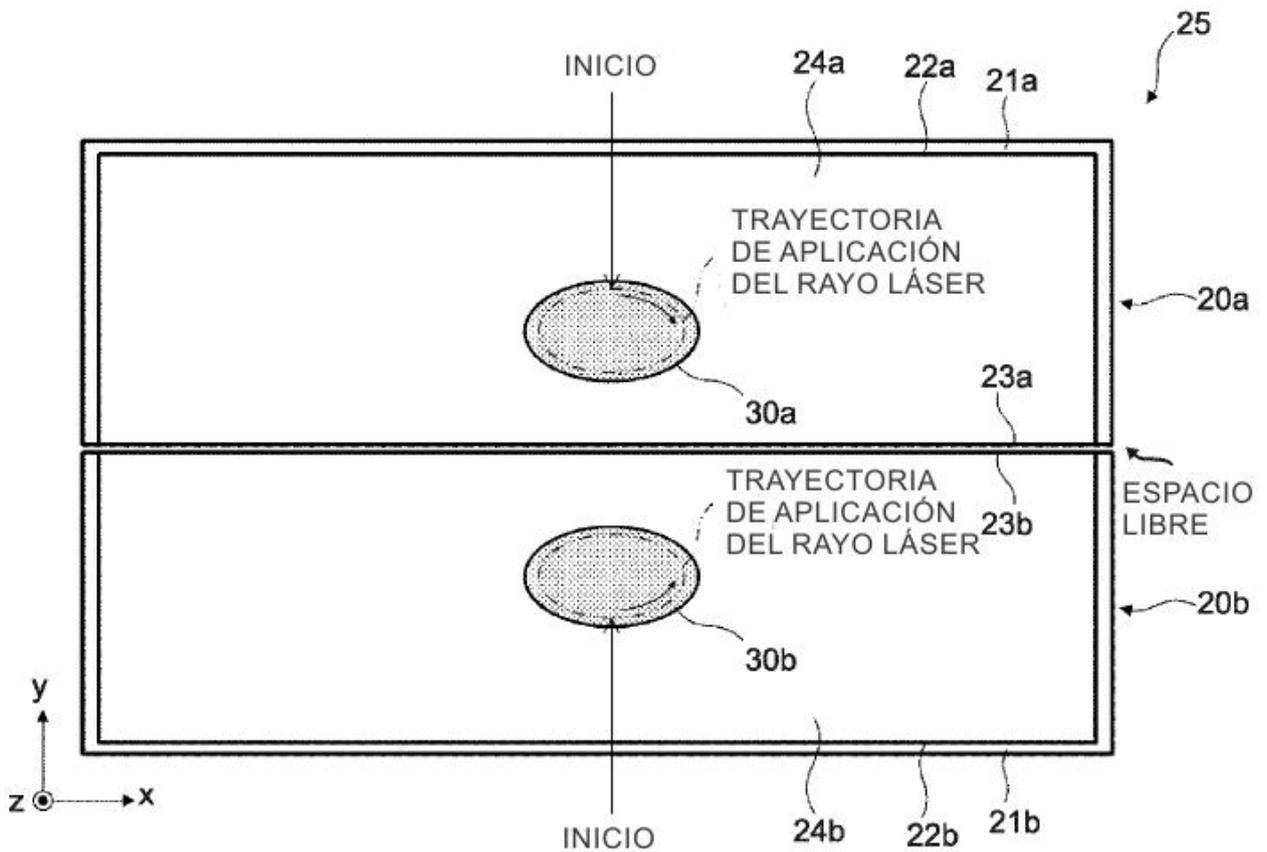


FIGURA 13

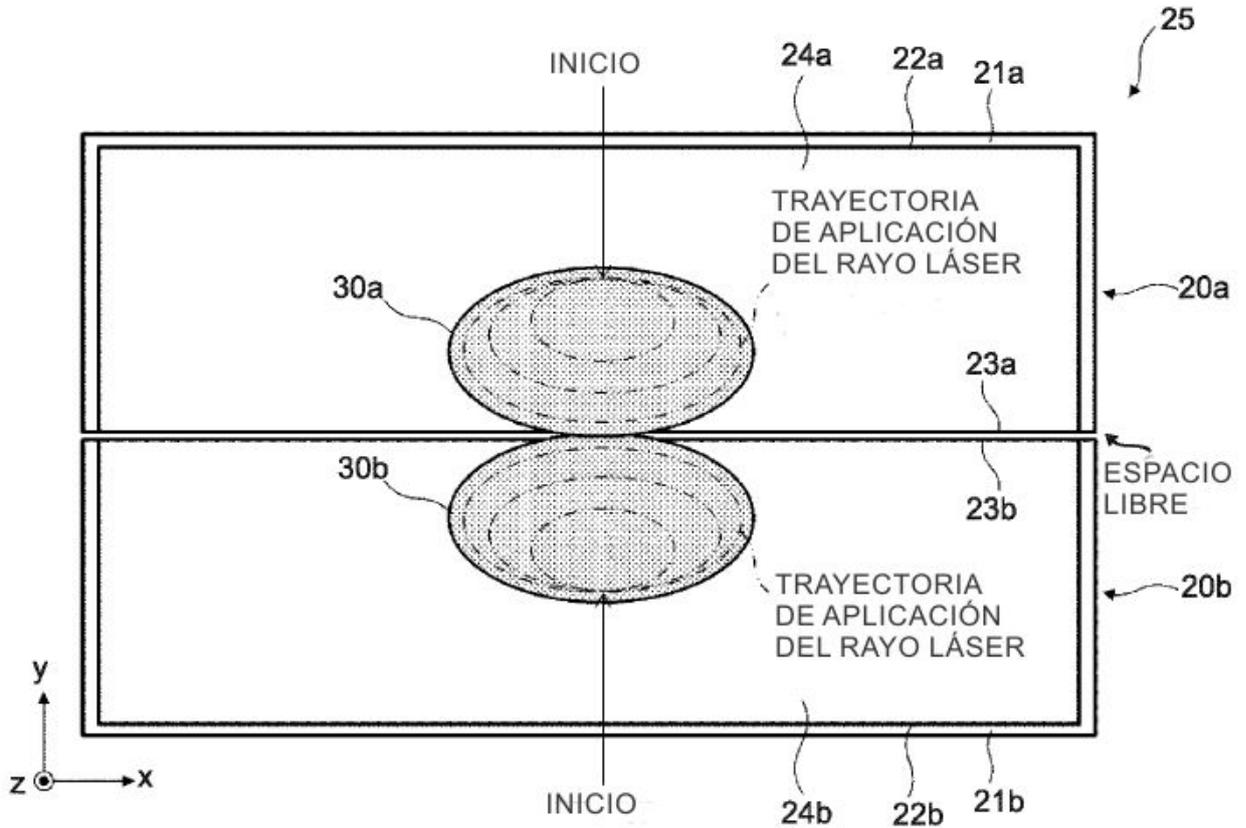


FIGURA 14

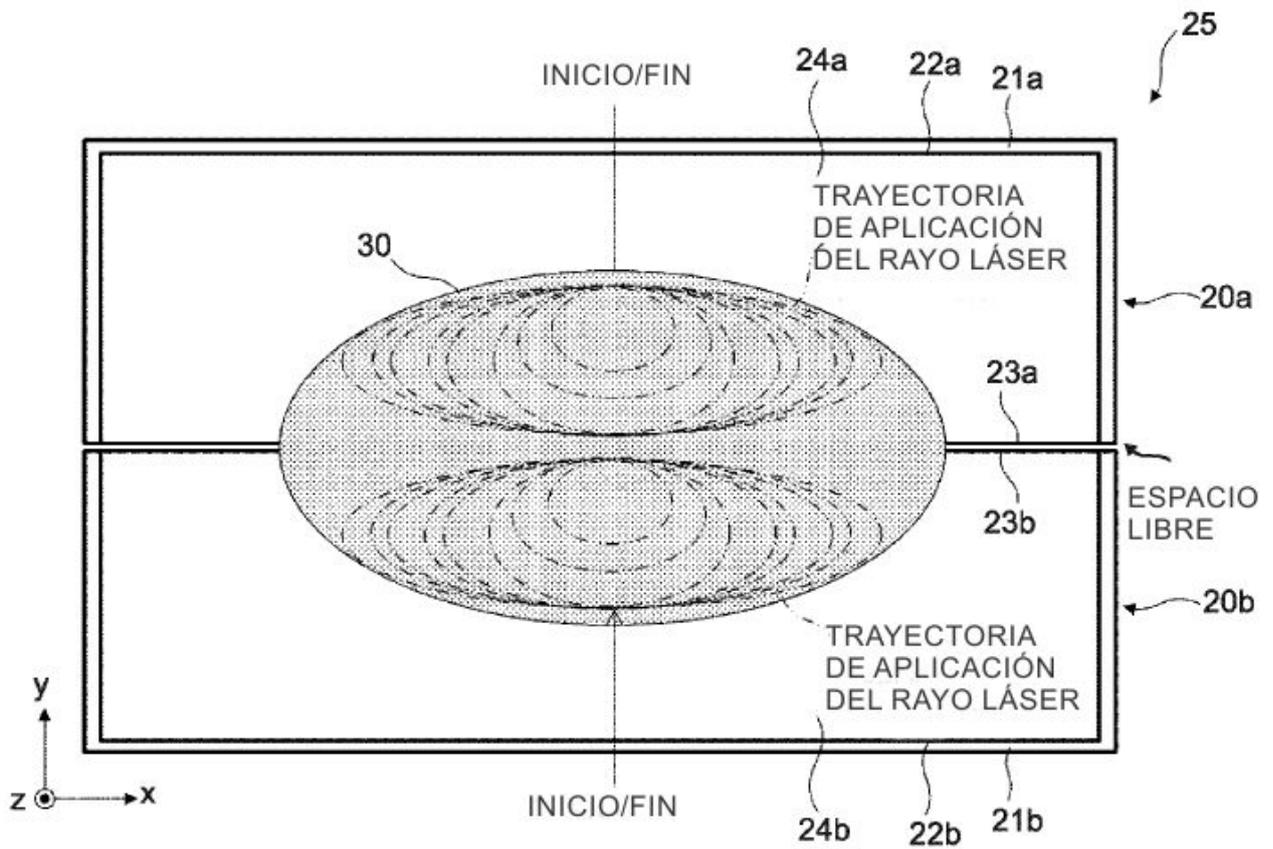


FIGURA 15

	EJEMPLO COMPARATIVO 1	EJEMPLO COMPARATIVO 2	EJEMPLO 1
MÉT. DE APLIC.	<p>INICIO/FIN</p> <p>SUP. DE UNIÓN</p>	<p>INICIO/FIN</p>	<p>INICIO/FIN</p>
ASP. DE LA CUEN.			
SUP. DE UNIÓN			

FIGURA 16

TÉCNICA RELACIONADA

