

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 634**

51 Int. Cl.:

**B23K 26/08** (2014.01)

**B23K 26/22** (2006.01)

**B23K 26/03** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.03.2014 PCT/IB2014/000451**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.10.2014 WO14155191**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2014 E 14717863 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2019 EP 2978560**

54 Título: **Aparatos de inspección de porciones soldadas y métodos de inspección de las mismas**

30 Prioridad:

**29.03.2013 JP 2013073202**

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

**17.10.2019**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KOBAYASHI, HIROOMI;  
FURUKAWA, MASASHI;  
UCHIDA, KEISUKE;  
SHIBATA, YOSHINORI;  
KAWAKITA, ATSUSHI;  
KISHI, HIROAKI;  
AKAMATSU, EIJI y  
IWAMOTO, YUTA**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 727 634 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**

Aparatos de inspección de porciones soldadas y métodos de inspección de las mismas

5 La presente invención se refiere a un aparato de inspección de porciones soldadas y un método de inspección del tipo conocido por el documento US2002/0158053, y se refiere a un aparato de inspección que inspecciona un estado de soldadura de una porción soldada formada en el momento en que una pluralidad de piezas de trabajo se suelda por un rayo láser, por ejemplo, y un método de inspección de este.

10 Cuando dos hojas de acero se colocan una encima de la otra y la soldadura con rayo láser se realiza sobre ellas, se realiza una evaluación de calidad en una porción soldada formada por la soldadura con rayo láser. Como ejemplo de una evaluación de calidad de este tipo en la porción soldada formada por la soldadura con rayo láser, la publicación de solicitud de patente japonesa número 2008-87056 (JP 2008-87056 A) describe una técnica para realizar una evaluación de calidad de la soldadura con rayo láser mediante el uso de la reflexión de la luz de un rayo láser.

15 En un sistema de determinación de la calidad de soldadura por rayo láser descrito en JP 2008-87056 A, un láser YAG se irradia desde un soplete láser, por ejemplo, y la luz de reflexión láser es recibida por los primeros medios de salida de recepción de luz desde un lado hacia arriba diagonalmente hacia delante de la dirección del procedimiento de soldadura. Además, la luz de soldadura que incluye la luz de vapor (pluma) y la luz de reflexión láser es recibida por los segundos medios de salida de recepción de luz en una dirección coaxial a una dirección de radiación del rayo láser. La luz de reflexión láser y la luz de soldadura que se reciben simultáneamente en dos direcciones predeterminadas se convierten en señales eléctricas según sus respectivas intensidades. Este sistema determina una calidad de soldadura en función de las intensidades de señal de las señales eléctricas o los cambios de estas.

20 Según el sistema de determinación de la calidad de soldadura del rayo láser descrito en JP 2008-87056 A, la luz de reflexión láser y la luz de soldadura se reciben simultáneamente en dos direcciones predeterminadas diferentes entre sí y sus respectivas intensidades de señal de recepción de luz se comparan con un umbral establecido adecuadamente. De este modo, es posible determinar la ocurrencia de cualquiera de los siguientes tipos de soldadura deficiente: el encogimiento de la soldadura (relleno inferior) en el que un cordón de soldadura se hunde para enterrar un espacio entre las hojas de acero; soldadura no unida en la que las hojas de acero superior e inferior no se unen debido a un espacio excesivamente grande entre las hojas de acero; soldadura deprimida en la que se presiona un cordón de manera similar debido a un espacio excesivamente grande entre las hojas de acero; y soldadura fundida en la que un cordón desaparece accidentalmente debido a la fluctuación de un equilibrio térmico; y soldadura perforada.

30 Sin embargo, en el sistema de determinación de la calidad de soldadura por rayo láser descrito en JP 2008-87056 A, en un caso donde el soplete láser está separado de las piezas de trabajo (hojas de acero), por ejemplo, las señales eléctricas obtenidas de la luz de reflexión láser recibida y la luz de soldadura son débiles. Por esa razón, la precisión de la determinación de una soldadura deficiente puede disminuir. Particularmente, en la soldadura deprimida en la que se deprime un cordón en la soldadura con rayo láser, disminuyen los cambios en las señales eléctricas que se producen debido a una soldadura deficiente. Esto puede causar un caso en el que la soldadura deficiente en las piezas de trabajo no se puede detectar minuciosamente. Además, se sabe que la luz de vapor debida por la fusión y la evaporación de las piezas de trabajo y la luz de radiación térmica emitida desde un baño de fusión de las piezas de trabajo cambian según la temperatura de la pieza de trabajo, y las señales eléctricas obtenidas de la luz de reflexión del láser recibida y la luz de soldadura y el umbral para determinar la calidad de la soldadura del rayo láser cambian según la temperatura de la pieza de trabajo. Debido a esto, en un caso en el que la temperatura de la pieza de trabajo fluctúa en gran medida en la soldadura con rayo láser, la precisión de la determinación de la soldadura deficiente de las piezas de trabajo puede disminuir aún más.

**Compendio de la invención**

45 La presente invención proporciona un aparato de inspección de porciones soldadas que puede inspeccionar minuciosamente un estado de soldadura de una porción soldada de piezas de trabajo en soldadura remota en la que la soldadura se realiza de manera tal que las piezas de trabajo estén separadas de un soplete láser y un método de inspección para el mismo.

Un primer aspecto de la invención se refiere a un aparato de inspección de porciones soldadas según la reivindicación 1

50 Según el aspecto anterior, el estado de soldadura de la porción soldada de las piezas de trabajo se inspecciona en función del cambio de intensidad del rayo de luz devuelto recibido por la porción receptora de luz en el momento en que el rayo láser de soldadura se irradia a lo largo del lugar de la soldadura o en el momento en que el rayo láser de inspección se irradia a lo largo del lugar de exploración. Por consiguiente, en un caso de soldadura remota en la que la soldadura se realiza de manera que la porción de radiación esté separada de las piezas de trabajo, por ejemplo,

incluso si una señal eléctrica obtenida del rayo de luz devuelto recibido por la porción receptora de luz es débil o incluso si una intensidad del rayo de luz devuelto recibido por la porción receptora de luz cambia según un cambio de la temperatura de la pieza de trabajo, es posible inspeccionar minuciosamente el estado de soldadura de la porción soldada formada en las piezas de trabajo.

5 Según el aspecto anterior, el estado de soldadura de la porción soldada de las piezas de trabajo se inspecciona en función de la periodicidad del cambio de intensidad del rayo de luz devuelto en el momento en que el rayo láser de soldadura se irradia varias veces a lo largo del mismo lugar de soldadura o en el momento en que el rayo láser de inspección se irradia varias veces a lo largo del mismo lugar de exploración. Por consiguiente, incluso si una señal eléctrica obtenida de un rayo de luz devuelto en el momento en que el rayo láser de soldadura se irradia una vez a lo largo del lugar de soldadura o en el momento en que el rayo láser de inspección se irradia una vez a lo largo del lugar de exploración es débil o incluso si la señal eléctrica obtenida del rayo de luz devuelto incluye ruido, es posible restringir una disminución de la precisión de inspección debido al ruido incluido en el rayo de luz devuelto o similar. Como resultado, es posible aumentar la precisión de inspección del estado de soldadura de la porción soldada.

10 Además, en el aspecto anterior, un período de exploración del rayo láser de soldadura en el momento en que el rayo láser de soldadura se irradia a lo largo del mismo lugar de soldadura, o un período de exploración del rayo láser de inspección en el momento en que el rayo láser de inspección se irradia a lo largo del mismo lugar de exploración puede ser el mismo que un período único del cambio de intensidad del rayo de luz devuelto que se obtiene cuando el estado de soldadura de la porción soldada es normal.

15 Un nivel de líquido del baño de fusión formado en las piezas de trabajo por radiación del rayo láser de soldadura vibra a la misma frecuencia que una frecuencia única del baño de fusión. Por lo tanto, incluso si el estado de soldadura de la porción soldada es normal, la intensidad del rayo de luz devuelto recibido por la porción receptora de luz cambia periódicamente. Según el aspecto anterior, el período de exploración del rayo láser de soldadura o el rayo láser de inspección es el mismo que el período único de cambio de intensidad del rayo de luz devuelto que se obtiene cuando el estado de soldadura de la porción soldada es normal. Por consiguiente, es posible especificar fácilmente que el cambio de intensidad periódico del rayo de luz devuelto que se produce debido a la radiación del rayo láser de soldadura, a partir del cambio de intensidad del rayo de luz devuelto recibido por la porción receptora de luz, por lo tanto, haciendo posible especificar minuciosamente el cambio de intensidad del rayo de luz devuelto que se debe a una soldadura deficiente. Esto hace posible aumentar aún más la precisión de inspección del estado de soldadura de la porción soldada de las piezas de trabajo.

20 Tenga en cuenta que el período de exploración del rayo láser de soldadura o el rayo láser de inspección es un tiempo durante el cual el rayo láser de soldadura o el rayo láser de inspección explora un lugar de soldadura o un lugar de exploración que tiene una longitud predeterminada una vez, en un caso donde el rayo láser de soldadura se irradia varias veces a lo largo del mismo lugar de soldadura o el rayo láser de inspección se irradia varias veces a lo largo del mismo lugar de exploración. Es decir, el período de exploración es un tiempo obtenido al dividir la longitud del lugar de soldadura irradiado con el rayo láser de soldadura por una velocidad de exploración del rayo láser de soldadura, o un tiempo obtenido al dividir la longitud del lugar de exploración irradiado con el rayo láser de inspección por una velocidad de exploración del rayo láser de inspección.

25 Además, en el aspecto anterior, la porción de inspección puede inspeccionar el estado de soldadura de la porción soldada de las piezas de trabajo realizando una transformación o diferenciación de Fourier en una intensidad del rayo de luz devuelto.

30 Según el aspecto anterior, la transformada o diferenciación de Fourier se realiza en esa intensidad del rayo de luz devuelto que incluye el cambio periódico de intensidad causado por la radiación del rayo de láser de soldadura. De este modo, es posible especificar fácilmente que el cambio de intensidad periódico del rayo de luz devuelto que es debido a la radiación del rayo de láser de soldadura, a partir del cambio de intensidad del rayo de luz devuelto, por lo tanto, haciendo posible especificar minuciosamente ese cambio de intensidad del rayo de luz devuelto el cual es debido a una soldadura deficiente. Esto hace posible aumentar aún más la precisión de inspección del estado de soldadura de la porción soldada de las piezas de trabajo.

35 Además, un segundo aspecto de la invención se refiere a un método de inspección de la porción soldada según la reivindicación 4.

40 Según el aspecto anterior, el estado de soldadura de la porción soldada de las piezas de trabajo se inspecciona en función del cambio de intensidad del rayo de luz devuelto recibido en el momento en que el rayo láser de soldadura se irradia a lo largo del lugar de soldadura o en el momento en que el rayo láser de inspección se irradia a lo largo del lugar de exploración. Por consiguiente, en un caso de soldadura remota en la que la soldadura se realiza de manera tal que una porción de radiación láser esté espaciada de las piezas de trabajo, por ejemplo, incluso si una

señal eléctrica obtenida de un rayo de luz devuelto es débil o incluso si la intensidad de uno de los rayos de luz devueltos cambian según un cambio de la temperatura de la pieza de trabajo, es posible inspeccionar minuciosamente el estado de soldadura de una porción soldada formada en las piezas de trabajo.

5 Como se entiende por la descripción anterior, los aspectos primero y segundo de la invención tienen una configuración tan simple que en un caso en el que se suelda una pluralidad de piezas de trabajo, se inspecciona el estado de soldadura de una porción soldada de las piezas de trabajo en función del cambio de intensidad del rayo de luz devuelto recibido en el momento en que un rayo láser de soldadura se irradia a lo largo de un lugar de soldadura o en el momento en que se irradia un rayo láser de inspección a lo largo de un lugar de exploración. Por consiguiente, incluso si una señal eléctrica obtenida del rayo de luz devuelto es débil o incluso si una intensidad del rayo de luz devuelto cambia según un cambio de la temperatura de la pieza de trabajo, es posible inspeccionar minuciosamente el estado de soldadura de la porción soldada de las piezas de trabajo.

### Breve descripción de los dibujos

15 Las características, ventajas y el significado técnico e industrial de las realizaciones ejemplares de la invención se describirán a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que números similares indican elementos similares, y en los que:

Figura 1 es un diagrama de configuración global que ilustra esquemáticamente una configuración global de la Realización 1 de un aparato de inspección de porciones soldadas de la presente invención;

Figura 2 es una vista desde arriba para describir una forma de radiación de un rayo de láser de soldadura desde una porción de radiación de soldadura del aparato de inspección como se ilustra en la figura 1;

20 Figura 3 es una vista desde arriba para describir una forma de radiación de un rayo de láser de inspección desde una porción de radiación de inspección del aparato de inspección como se ilustra en la figura 1;

Figura 4 es una vista que ilustra un ejemplo de una intensidad de un rayo de luz devuelto en series de tiempo;

Figura 5A es una vista desde arriba para describir una relación entre un baño de fusión y un punto focal del rayo láser de inspección en un caso donde el estado de soldadura de una porción soldada es normal;

25 Figura 5B es una vista tomada a lo largo de una flecha VB-VB en la figura 5A;

Figura 6A es una vista desde arriba para describir una relación entre el baño de fusión y el punto focal del rayo láser de inspección en un caso donde el estado de soldadura de la porción soldada es deficiente;

Figura 6B es una vista tomada a lo largo de una flecha VIB-VIB en la figura 6A;

30 Figura 7 es una vista que ilustra un ejemplo de una relación entre la frecuencia y la amplitud del rayo de luz devuelto;

Figura 8 es un diagrama de configuración global que ilustra esquemáticamente una configuración global de la Realización 2 del aparato de inspección de porciones soldadas de la presente invención;

Figura 9A es una vista desde arriba que amplía e ilustra una porción soldada de una muestra de inspección según el Ejemplo 1;

35 Figura 9B es una vista tomada a lo largo de una flecha IXB-IXB en la figura 9A;

Figura 9C es una vista que ilustra la intensidad de un rayo de luz devuelto en la muestra de inspección según el Ejemplo 1 en series temporales;

Figura 10A es una vista desde arriba que amplía e ilustra una porción soldada de una muestra de inspección según el Ejemplo 2;

40 Figura 10B es una vista tomada a lo largo de una flecha XB-XB de la figura 10A;

Figura 10C es una vista que ilustra la intensidad de un rayo de luz devuelto en la muestra de inspección según el Ejemplo 2 en series de tiempo;

Figura 11A es una vista desde arriba que amplía e ilustra una porción soldada de una muestra de inspección según el Ejemplo 3;

45 Figura 11B es una vista tomada a lo largo de una flecha XIB-XIB de la figura 11A;

Figura 11C es una vista que ilustra la intensidad de un rayo de luz devuelto en la muestra de inspección según el Ejemplo 3 en series de tiempo;

Figura 12 es una vista que ilustra una relación entre la frecuencia y la amplitud en los haces de luz devueltos de las muestras de inspección según los Ejemplos 1 a 3; y

- 5 Figura 13 es una vista que ilustra otros ejemplos de la relación entre la frecuencia y la amplitud en los haces de luz devueltos de las muestras de inspección según los ejemplos 1 a 3.

### Descripción detallada de las realizaciones

A continuación, se describen realizaciones de un aparato de inspección de porciones soldadas y un método de inspección del mismo según la presente invención, con referencia a los dibujos.

- 10 [Realización 1 del aparato de inspección de porciones soldadas]

Inicialmente se describe la Realización 1 del aparato de inspección de porciones soldadas de la presente invención con referencia a las figuras 1 a 3.

- 15 La figura 1 es un diagrama de configuración global que ilustra esquemáticamente una configuración global de la Realización 1 del aparato de inspección de porciones soldadas de la presente invención. Además, la figura 2 es una vista desde arriba para describir una forma de radiación de un rayo de láser de soldadura a partir de una porción de radiación de soldadura del aparato de inspección como se ilustra en la figura 1, y la figura 3 es una vista desde arriba para describir una forma de radiación de un rayo láser de inspección a partir de una porción de radiación de inspección del aparato de inspección.

- 20 Un aparato 100 de inspección ilustrado en la figura 1 está constituido principalmente por una porción 1 de radiación de soldadura, una porción 5 de radiación de inspección, una porción 2 de recepción de luz, una porción 3 de conversión, un amplificador 4, una porción 6 de inspección y un TRC (tubo de rayos catódicos) 7.

- 25 Para soldar dos piezas de trabajo (por ejemplo, hojas de acero) W1, W2 puestas una encima de la otra o dispuestas ligeramente separadas entre sí, la porción 1 de radiación de soldadura irradia un rayo láser de soldadura (por ejemplo, un láser YAG que tiene una longitud de onda del láser predeterminada) L1 a las dos piezas de trabajo W1, W2. Más específicamente, como se ilustra en la figura 2, la porción 1 de radiación de soldadura gira un punto F1 focal del rayo L1 láser de soldadura varias veces a lo largo de un lugar C11 de soldadura generalmente de forma redonda que tiene un radio R11 establecido en la pieza de trabajo W1, para irradiar el rayo L1 láser de soldadura varias veces en el lugar C11 de soldadura. Posteriormente, la porción 1 de radiación de soldadura mueve el punto F1 focal del rayo L1 láser de soldadura dentro del lugar C11 de soldadura, y gira el punto F1 focal del rayo L1 láser de soldadura varias veces a lo largo de un lugar C12 de soldadura generalmente de forma redonda que tiene un radio R12 que es más pequeño que el radio R11 y que es coaxial al lugar C11 de soldadura, para irradiar el rayo L1 láser de soldadura varias veces en el lugar C12 de soldadura. Al repetir tal paso de radiación del rayo L1 láser de soldadura, se forma una porción soldada generalmente de forma redonda en las piezas de trabajo W1, W2, uniendo así las piezas de trabajo W1, W2 mediante soldadura (también denominada soldadura de tornillo por láser). Tenga en cuenta que un centro C0 del lugar C11 de soldadura o el lugar C12 de soldadura es un centro de soldadura de la porción soldada formada en las piezas de trabajo W1, W2.

- 40 En este caso, mediante la radiación del rayo L1 láser de soldadura desde la porción 1 de radiación de soldadura, se forma un baño Y1 de fusión donde las piezas de trabajo W1, W2 se funden en los lados derecho e izquierdo del rayo L1 láser de soldadura y detrás del rayo L1 láser de soldadura en una dirección de desplazamiento del rayo L1 láser de soldadura. En la Realización 1, dado que el rayo L1 láser de soldadura se irradia a lo largo de los lugares C1, C2 de soldadura generalmente de forma redonda como se describió anteriormente, se forma un baño Y1 de fusión generalmente de forma redonda en las piezas de trabajo W1, W2.

- 45 Como se ilustra en la figura 1, la porción 5 de radiación de inspección irradia un rayo L5 láser de inspección al baño Y1 de fusión en estado de fusión a través de un sistema 8 óptico y la porción 2 de recepción de luz. Más específicamente, como se ilustra en la figura 3, la porción 5 de radiación de inspección gira un punto F5 focal del rayo L5 láser de inspección varias veces a una velocidad generalmente constante a lo largo de un lugar C51 de exploración generalmente de forma redonda que tiene un radio R51 establecido dentro de un borde exterior del baño Y1 de fusión, por lo que como para irradiar el rayo L5 láser de inspección varias veces en el lugar C51 de exploración. Posteriormente, la porción 5 de radiación de inspección mueve el punto F5 focal del rayo L5 láser de inspección dentro del lugar C51 de exploración, y gira el punto F5 focal del rayo L5 láser de inspección varias veces a lo largo de un lugar C52 de exploración generalmente de forma redonda que tiene un radio R52 que es más pequeño que el radio R51 y que es coaxial al lugar C51 de exploración, para irradiar el rayo L5 láser de inspección varias veces en el lugar C52 de exploración. Al repetir tal paso de radiación del rayo láser L5 de inspección, la

porción 5 de radiación de inspección irradia el rayo L5 láser de inspección a todo el baño Y1 de fusión generalmente de forma redonda formado en las piezas de trabajo W1, W2. Tenga en cuenta que, por ejemplo, un centro de los lugares C51, C52 de exploración, se establece en el centro C0 mencionado anteriormente de los lugares C11, C12 de soldadura.

5 Como se ilustra en la figura 1, mientras que el rayo L5 láser de inspección se irradia desde la porción 5 de radiación de inspección hacia el baño Y1 de fusión, la porción 2 receptora de luz recibe un rayo L2 de luz devuelto que incluye la luz de reflexión de la luz L5 láser de inspección que se refleja desde el baño Y1 de fusión de las piezas de trabajo W1, W2, luz de vapor (luz de plasma) debida a la fusión y evaporación de las piezas de trabajo W1, W2, luz de radiación térmica (luz infrarroja) emitida desde el baño Y1 de fusión de las piezas de trabajo W1, W2 y similares.

10 La porción 3 de conversión convierte, en una señal eléctrica, el rayo L2 de luz devuelto recibido por la porción 2 de recepción de luz y condensado a través del sistema 8 óptico y una lente 9 de condensador, y salidas de la señal eléctrica al amplificador 4. El amplificador 4 amplifica una intensidad de señal de la salida de señal eléctrica de la porción 3 de conversión y la transmite a la porción 6 de inspección.

15 La porción 6 de inspección realiza el procesamiento de la señal en la señal eléctrica transmitida desde el amplificador 4, e inspecciona un estado de soldadura de la porción soldada formada en las piezas de trabajo W 1, W2. Más específicamente, cuando el rayo L5 láser de inspección se irradia al baño Y1 de fusión desde la porción 5 de radiación de inspección varias veces a lo largo de los lugares C51, C52 de exploración, la porción 6 de inspección detecta un cambio de intensidad del rayo L2 de luz devuelto recibido por la porción 2 receptora de luz. Entonces, la porción 6 de inspección inspecciona el estado de soldadura de la porción soldada formada en las piezas de trabajo  
20 W1, W2 en función de la periodicidad del cambio de intensidad. Además, la porción 6 de inspección transmite, al TRC 7, una señal que procesa el resultado en la señal eléctrica transmitida desde el amplificador 4. El TRC 7 muestra la señal que procesa el resultado transmitido desde la porción 6 de inspección.

[Realización 1 del método de inspección de la porción soldada]

25 A continuación, se describirá la Realización 1 de un método de inspección de porción soldada de la presente invención mediante el uso del aparato 100 de inspección de porciones soldadas ilustrado en la figura 1, con referencia a las figuras 4 a 7.

30 La figura 4 es una vista que ilustra, en series de tiempo, un ejemplo de esa intensidad del rayo de luz devuelto que se transmite a la porción 6 de inspección del aparato 100 de inspección ilustrado en la figura 1. Además, la figura 5A es una vista desde arriba para describir una relación entre el baño de fusión y el punto focal del rayo láser de inspección en un caso donde el estado de soldadura de la porción soldada es normal, y la figura 5B es una vista tomada a lo largo de una flecha VB-VB de la figura 5A. Además, la figura 6A es una vista desde arriba para describir una relación entre el baño de fusión y el punto focal del rayo láser de inspección en un caso donde el estado de soldadura de la porción soldada es deficiente, y la figura 6B es una vista tomada a lo largo de una flecha VIB-VIB de la figura 6A. Además, la figura 7 es una vista que ilustra un ejemplo de una relación entre la frecuencia y la amplitud del rayo de luz devuelto en el que la porción 6 de inspección realiza el procesamiento de la señal.

35 Como se ilustra en las figuras 5A y 5B, en el caso de que el estado de soldadura de la porción soldada sea normal (en el caso de que las piezas de trabajo W1, W2 estén soldadas normalmente), cuando el punto F5 focal del rayo L5 láser de inspección gire varias veces a lo largo del lugar C51 de exploración de forma generalmente redonda colocado en el baño Y1 de fusión para irradiar el rayo L5 láser de inspección varias veces en el lugar C51 de exploración, se considera que los cambios de intensidad de la luz de reflexión del rayo L5 láser de inspección que se refleja en las piezas de trabajo W1, W2, la luz de vapor, la luz de radiación térmica y similares son relativamente pequeñas. En ese sentido, como se ilustra en una línea discontinua de la figura 4, el cambio de intensidad del rayo L2 de luz devuelto recibido por la porción 2 receptora de luz y transmitido a la porción 6 de inspección a través de la porción 3 de conversión y el amplificador 4 es relativamente pequeño.

45 Por otra parte, como se ilustra en las figuras 6A y 6B, en un caso en el que el estado de soldadura de la porción soldada es deficiente (por ejemplo, en el caso de una soldadura deprimida de una pieza en la que se deprime un cordón de soldadura de una de las piezas de trabajo), cuando el punto F5 focal del rayo L5 láser de inspección gira varias veces a lo largo del lugar C51 de exploración generalmente de forma redonda establecido en el baño Y1 de fusión para irradiar el rayo L5 láser de inspección varias veces en el lugar C51 de exploración, existe una porción X1  
50 de soldadura deficiente en el lugar C51 de exploración del rayo L5 láser de inspección, de modo que la intensidad de esa luz de reflexión del rayo L5 láser de inspección que se refleja de las piezas de trabajo W1, W1 en gran parte cambia en parte del lugar C51 de exploración. En vista de esto, como se ilustra en una línea continua de la figura 4, la intensidad del rayo L2 de luz devuelto recibido por la porción 2 receptora de luz y transmitido a la porción 6 de inspección a través de la porción 3 de conversión y el amplificador 4 cambia en parte de un período de exploración  
55 (por ejemplo, un período durante el cual el rayo L5 láser de inspección gira alrededor del período C5 de exploración

una vez) del rayo L5 láser de inspección, y cambia periódicamente cada período de exploración del rayo L5 láser de inspección.

5 Según el método de inspección de la Realización 1, tal periodicidad del cambio de intensidad del rayo L2 de luz devuelto es detectado por la porción 6 de inspección. De este modo, incluso si la señal eléctrica obtenida desde el rayo L2 de luz devuelto es débil o incluso si la intensidad del rayo L2 de luz devuelto cambia según un cambio de la temperatura de la pieza de trabajo, por ejemplo, es posible inspeccionar si la porción X1 de soldadura deficiente existe o no dentro del borde exterior del baño Y1 de fusión, es decir, si se produce o no una soldadura deficiente en la porción soldada formada en las piezas de trabajo W1, W2. Particularmente, en la Realización 1, el rayo L5 láser de inspección se irradia al baño Y1 de fusión a lo largo de los lugares C51, C52 de exploración generalmente de forma redonda. En vista de esto, es posible inspeccionar si existe o no una porción X1 de soldadura deficiente que se desvía del centro C0 de soldadura dentro del borde exterior del baño Y1 de fusión, o es posible inspeccionar si una porción X1 de soldadura deficiente tiene o no una forma no circular, tal como una forma elíptica o generalmente una forma poligonal existe dentro del borde exterior del baño Y1 de fusión.

15 Además, la transformada de Fourier se realiza en la intensidad (ver Figura 4) del rayo de luz devuelto L2 transmitido a la porción de inspección 6. En este caso, como se ilustra en la figura 7, cuando el estado de soldadura de la porción soldada es normal, no se detecta un pico de amplitud a una frecuencia específica (ver una línea discontinua en la figura 7), y cuando el estado de soldadura de la porción soldada es deficiente, se detectan picos de amplitud a frecuencias específicas (tres frecuencias en la Figura 7) (vea una línea continua en la Figura 7). De este modo, al realizar la transformada de Fourier en la intensidad del rayo de luz devuelto L2, es posible detectar fácilmente el cambio de intensidad del rayo de luz devuelto que se debe a un mal estado de soldadura de la porción soldada. Esto hace posible inspeccionar más minuciosamente si se produce una soldadura deficiente en la porción soldada formada en las piezas de trabajo W1, W2.

25 Aquí, un nivel de líquido del baño Y1 de fusión formado en las piezas de trabajo W1, W2 por radiación del rayo L1 láser de soldadura vibra periódicamente, y el inventor(es) de la presente invención lo encuentran que incluso en un caso donde el estado de la soldadura de la porción soldada es normal, la intensidad del rayo L2 de luz devuelto cambia periódicamente. Es decir, se considera que una de las frecuencias en las que se detectan los picos de amplitud en la figura 7 es una frecuencia única para el cambio de intensidad del rayo L2 de luz devuelto, cuya frecuencia única se obtiene cuando el estado de soldadura de la porción soldada es normal.

30 En vista de esto, cuando el rayo L5 láser de inspección se irradia a lo largo de los lugares C51, C52 de exploración generalmente de forma redonda establecidos en el baño Y1 de fusión, se ajusta una velocidad de exploración del rayo L5 láser de inspección, por ejemplo, que el período de exploración (por ejemplo, un período durante el cual el rayo L5 láser de inspección va alrededor del lugar C51 de exploración o el lugar C52 de exploración una vez) del rayo L5 de inspección láser concuerda con un período único del cambio de intensidad del rayo L2 de luz devuelto. Esto permite que el cambio de intensidad del rayo L2 de luz devuelto transmitido a la porción 6 de inspección que se obtiene cuando el estado de soldadura de la porción soldada es normal, se encuentra en forma de una curva generalmente sinusoidal (una línea de puntos en la figura 4). Entonces, al realizar la transformada de Fourier en esa intensidad del rayo L2 de luz devuelto que se obtiene cuando el estado de soldadura de la porción soldada es normal, es posible especificar una frecuencia única de ese cambio de intensidad del rayo L2 de luz devuelto que se obtiene cuando el estado de soldadura de la porción soldada es normal, a partir de las frecuencias en las que se detectan los picos de amplitud en la figura 7 (una línea de puntos en la figura 7). Tenga en cuenta que también es posible especificar la periodicidad del cambio de intensidad del rayo L2 de luz devuelto mediante la diferenciación de la intensidad del rayo L2 de luz devuelto, en lugar de la transformada de Fourier.

45 Cuando el rayo L5 láser de inspección se irradia a lo largo de los lugares C51, C52 de exploración en ese período único del cambio de intensidad del rayo L2 de luz devuelto que se obtiene cuando el estado de soldadura de la porción soldada de las piezas de trabajo W1, W2 es normal, es posible especificar, a partir de las frecuencias en las que se detectan los picos de amplitud en la figura 7, que la frecuencia única del cambio de intensidad del rayo L2 de luz devuelto que se obtiene cuando el estado de soldadura de la porción soldada es normal, lo que lo hace es posible extraer solo una frecuencia causada debido a un mal estado de soldadura de la porción soldada, por ejemplo. En vista de esto, es posible inspeccionar aún más minuciosamente si la porción X1 de soldadura deficiente existe o no dentro del borde exterior del baño Y1 de fusión, es decir, si la soldadura deficiente ocurre en la porción soldada formada en las piezas de trabajo de trabajo W 1, W2.

55 Además, según la Realización 1, el rayo láser L5 de inspección se irradia a lo largo de los lugares C51, C52 de exploración establecido en el baño Y1 de fusión formado por la radiación del rayo L1 láser de soldadura. Luego, el estado de soldadura de la porción soldada se inspecciona en función del cambio de intensidad del rayo L2 de luz devuelto recibido por la porción 2 receptora de luz en el momento en que el rayo L5 láser de inspección se irradia a lo largo de los lugares C51, C52 de exploración. Por consiguiente, por ejemplo, incluso en un caso en el que cambia la condición de radiación del rayo L1 láser de soldadura o en un caso en que la posición focal del rayo láser de

soldadura está separada de una posición de ocurrencia de la porción X1 de soldadura deficiente, es posible para ajustar apropiadamente una condición de exploración (un lugar de exploración, una velocidad de exploración, y similares) del rayo L5 láser de inspección. Esto hace posible inspeccionar minuciosamente el estado de soldadura de la porción soldada formada en las piezas de trabajo.

5 [Realización 2 del aparato de inspección de porción soldada]

A continuación, se describirá la Realización 2 del aparato de inspección de porciones soldadas de la presente invención con referencia a la figura 8.

La figura 8 es un diagrama de configuración global que ilustra esquemáticamente una configuración global de la Realización 2 del aparato de inspección de porciones soldadas de la presente invención. Un aparato 100A de inspección de la Realización 2 como se ilustra en la figura 8 es diferente del aparato 100 de inspección de la Realización 1 como se ilustra en la figura 1 en la que el estado de soldadura de una porción soldada se inspecciona mediante el uso de la luz de reflexión de un rayo láser de soldadura irradiado desde una porción de radiación de soldadura. La otra configuración es generalmente la misma que el aparato 100 de inspección de la Realización 1. Por consiguiente, los constituyentes similares a los de la Realización 1 tienen los mismos signos de referencia que los de la Realización 1 y se omiten sus descripciones detalladas.

El aparato 100A de inspección ilustrado en la figura está constituido principalmente por una porción 1A de radiación de soldadura, una porción 2A de recepción de luz, una porción 3A de conversión, un amplificador 4A, una porción 6A de inspección y un TRC 7A.

Para soldar dos piezas de trabajo W1, W2 colocadas una encima de la otra o dispuestas ligeramente separadas entre sí, la porción 1A de radiación de soldadura irradia un rayo L1A láser de soldadura a las dos piezas de trabajo W1, W2 a través de un sistema 8A óptico y la porción 2A receptora de luz. Mediante la radiación del rayo L1A láser de soldadura desde la porción 1A de radiación de soldadura, se forma un baño Y1 de fusión donde las piezas de trabajo W1, W2 se funden en los lados derecho e izquierdo del rayo L1A láser de soldadura y detrás del rayo L1A láser de soldadura en una dirección de desplazamiento del rayo L1A láser de soldadura.

La porción 2A de recepción de luz recibe un rayo L2A de luz devuelto que incluye la luz de reflexión de la luz L1A láser de soldadura irradiada desde la porción 1A de radiación de soldadura, la luz de reflexión se refleja desde el baño Y1 de fusión de las piezas de trabajo W1, W2, vapor luz (luz de plasma) debido a la fusión y evaporación de las piezas de trabajo W1, W2, luz de radiación térmica (luz infrarroja) emitida desde el baño Y1 de fusión de las piezas de trabajo W1, W2 y similares.

La porción 3A de conversión convierte, en una señal eléctrica, el rayo L2A de luz devuelto recibido por la porción 2A de recepción de luz y condensado a través del sistema 8A óptico y una lente 9A de condensador, y salidas de la señal eléctrica al amplificador 4A. El amplificador 4A amplifica una intensidad de señal de la salida de la señal eléctrica de la porción 3A de conversión y la transmite a la porción 6A de inspección.

La porción 6A de inspección realiza el procesamiento de la señal en la señal eléctrica transmitida desde el amplificador 4A, e inspecciona un estado de soldadura de la porción soldada formada en las piezas de trabajo W1, W2. Más específicamente, la porción 6A de inspección detecta un cambio de intensidad del rayo L2A de luz devuelto recibido por la porción 2A receptora de luz en el momento en que el rayo L1A láser de soldadura se irradia desde la porción 1A de radiación de soldadura a lo largo de un lugar de soldadura. Entonces, la porción 6A de inspección inspecciona el estado de soldadura de la porción soldada formada en las piezas de trabajo W1, W2 en función de la periodicidad del cambio de intensidad. Además, la porción 6A de inspección transmite, al TRC 7A, un resultado de procesamiento de señal en la señal eléctrica transmitida desde el amplificador 4A. El TRC 7A muestra el resultado del procesamiento de la señal transmitida desde la porción 6A de inspección.

De manera similar a la Realización 1 descrita anteriormente, en un caso en el que el estado de soldadura de la porción soldada es normal, el cambio de intensidad del rayo L2A de luz devuelto recibido por la porción 2A receptora de luz en el momento en que el rayo L1A láser de soldadura se irradia a lo largo del lugar de soldadura es relativamente pequeña, y en un caso donde el estado de soldadura de la porción soldada es deficiente, el cambio de intensidad es relativamente grande. Según la Realización 2, tal porción 6A de inspección detecta una periodicidad del cambio de intensidad del rayo L2A de luz devuelto. De este modo, incluso si la señal eléctrica obtenida del rayo L2A de luz devuelto es débil o incluso si la intensidad del rayo L2A de luz devuelto cambia según un cambio de la temperatura de la pieza de trabajo, por ejemplo, es posible inspeccionar si una porción X1 de soldadura deficiente se forma dentro de un borde exterior del baño Y1 de fusión, es decir, se produzca o no una soldadura deficiente en la porción soldada formada en las piezas de trabajo W1, W2.

Además, de manera similar a la Realización 1, el rayo L1A láser de soldadura se irradia a lo largo del lugar de soldadura en ese período único del cambio de intensidad del rayo L2A de luz devuelto que se obtiene cuando el

estado de soldadura de la porción soldada de las piezas de trabajo W1, W2 es normal. Por consiguiente, es posible especificar la frecuencia única del cambio de intensidad del rayo L2A de luz devuelto que se obtiene cuando el estado de soldadura de la porción soldada es normal, a partir de frecuencias específicas en las que se detectan picos de amplitud al realizar la transformada de Fourier en la intensidad del rayo L2A de luz devuelto, por lo que es posible extraer solo una frecuencia debido a un estado de soldadura deficiente de la porción soldada, por ejemplo. En vista de esto, es posible inspeccionar aún más minuciosamente si la porción X1 de soldadura deficiente existe o no dentro del borde exterior del baño Y1 de fusión, es decir, si la soldadura de la porción soldada sucede o no en la porción soldada formada en las piezas de trabajo W1, W2.

Tenga en cuenta que la Realización 1 descrita anteriormente se refiere a una realización en la que el centro del lugar de exploración del rayo de láser de inspección se establece en el centro del lugar de soldadura del rayo láser de soldadura. Sin embargo, es posible ajustar el centro del lugar de exploración del rayo láser de inspección en una posición apropiada en el baño de fusión formado por la radiación del rayo láser de soldadura.

Además, las realizaciones descritas anteriormente se refieren a una realización en la que el lugar de soldadura del rayo láser de soldadura y el lugar de exploración del rayo láser de inspección tienen generalmente forma redonda. Sin embargo, el lugar de soldadura del rayo láser de soldadura y el lugar de exploración del rayo láser de inspección pueden tener una forma de bucle cerrado, tal como una forma elíptica o una forma poligonal, una forma curva o lineal que tiene una longitud predeterminada, o similar. Además, en el caso de que sea predecible una parte de la porción soldada en la que es fácil que se produzca una soldadura deficiente, es preferible que el lugar de soldadura del rayo láser de soldadura y el lugar de exploración del rayo láser de inspección se establezcan para pasar a través de esa parte.

Además, las realizaciones anteriores se refieren a una realización en la que el rayo láser de soldadura y el rayo láser de inspección se irradian a las piezas de trabajo fijadas a una posición predeterminada. Sin embargo, las posiciones focales del rayo láser de soldadura y el rayo láser de inspección pueden fijarse y la soldadura con rayo láser se puede realizar en las piezas de trabajo mientras las piezas de trabajo se mueven de manera adecuada. Alternativamente, la soldadura con rayo láser se puede realizar en las piezas de trabajo de manera que las piezas de trabajo y las posiciones focales del rayo láser de soldadura y el rayo láser de inspección se muevan entre sí.

[Experimento sobre muestras de inspección para evaluar la relación entre el cambio de intensidad del rayo de luz devuelto y el estado de soldadura de la porción soldada y sus resultados]

El(los) inventor(es) de la presente invención fabricó tres tipos de muestras de inspección (ejemplos 1 a 3) con diferentes estados de soldadura, y realizó la medición de la intensidad de un rayo de luz devuelto desde cada una de las muestras de inspección para evaluar una relación entre un cambio de intensidad del rayo de luz devuelto y un estado de soldadura de una porción soldada del mismo.

<Método de fabricación de la muestra de inspección y método de medición de la intensidad del rayo de luz devuelto de la muestra de inspección>

Inicialmente, lo siguiente describe generalmente un método de fabricación de una muestra de inspección y un método de medición de una intensidad de un rayo de luz devuelto desde una muestra de inspección. Se colocaron dos piezas de trabajo cada una de SCGA440 con un espesor de 0,7 mm una encima de la otra, y se irradió un rayo láser de soldadura (con una salida de 1000 W y una velocidad de exploración de 80 m/min) a las piezas de trabajo a lo largo de un lugar de soldadura generalmente de forma redonda para formar una porción soldada generalmente de forma redonda que tiene un radio de aproximadamente 2,2 mm. Posteriormente, se irradió un rayo láser de inspección (con una salida de 1000 W y a una velocidad de exploración de 80 m/min) para ir alrededor de seis veces a lo largo de un lugar de exploración generalmente de forma redonda que tiene un radio de aproximadamente 1,5 mm para que pase a través de un baño de fusión formado en las piezas de trabajo por radiación del rayo láser de soldadura. Luego, un punto focal del rayo láser de inspección se movió solo unos 0,5 mm, y el rayo láser de inspección se irradió diez veces aproximadamente a lo largo de un lugar de exploración generalmente de forma redonda con un radio de aproximadamente 1,0 mm. Aquí, un rayo de luz devuelto que incluye la luz de reflexión del rayo láser de soldadura que se reflejó desde el baño de fusión de las piezas de trabajo, la luz de vapor causada por la fusión y la evaporación de las piezas de trabajo, la luz de radiación térmica emitida desde el baño de fusión de las piezas de trabajo, y se recibió algo similar, y se recibió un rayo de luz devuelto que incluía la luz de reflexión de la luz láser de inspección que se reflejó en el baño de fusión de las piezas de trabajo, luz de vapor, luz de radiación térmica y similares. El rayo de luz devuelto así recibido se convirtió en una señal eléctrica, y se midió su intensidad de señal. Tenga en cuenta que, en el rayo de luz devuelto, en este experimento se midió particularmente la intensidad de la señal de la luz de vapor (luz de plasma) causada por la fusión y la evaporación de las piezas de trabajo.

<Resultados de la evaluación sobre la relación entre el cambio de intensidad del rayo de luz devuelto y el estado de soldadura de la porción soldada según la muestra de inspección>

5 La figura 9A es una vista desde arriba que amplía e ilustra una porción soldada de la muestra de inspección según el ejemplo 1, la figura 9B es una vista tomada a lo largo de una flecha IXB-IXB en la figura 9A, y la figura 9C es una vista que ilustra la intensidad de un rayo de luz devuelto en la muestra de inspección según el ejemplo 1 en series de tiempo. Además, la figura 10A es una vista desde arriba que amplía e ilustra una porción soldada de la muestra de inspección según el ejemplo 2, la figura 10B es una vista tomada a lo largo de una flecha XB-XB en la figura 10A, y la figura 10C es una vista que ilustra la intensidad de un rayo de luz devuelto en la muestra de inspección según el ejemplo 2 en series de tiempo. Además, la figura 11A es una vista desde arriba que amplía e ilustra una porción soldada de la muestra de inspección según el ejemplo 3, la figura 11B es una vista tomada a lo largo de una flecha XIB-XIB en la figura 11A, y la figura 11C es una vista que ilustra la intensidad de un rayo de luz devuelto de la muestra de inspección según el ejemplo 3 en series de tiempo.

15 Como se ilustra en las figuras 9A a 9C, en la muestra de inspección del ejemplo 1 (un estado de soldadura es normal), no se encontró periodicidad en los cambios de intensidad de los haces de luz devueltos medidos en una zona R1 (0,35 a aproximadamente 0,41 s) en la cual se irradió el rayo láser de soldadura, en una zona R2 (aproximadamente 0,41 a aproximadamente 0,46 s) en la que se irradió el rayo láser de inspección a lo largo del locus de exploración que tiene un radio de aproximadamente 1,5 mm, y en una zona R3 (aproximadamente de 0,46 a aproximadamente 0,51 s) en la que se realizó la inspección el rayo láser se irradió a lo largo del lugar de exploración con un radio de aproximadamente 1,0 mm.

20 Mientras tanto, como se ilustra en las figuras 10A a 10C, en la muestra de inspección del ejemplo 2 (soldadura perforada en la que se fundieron y deprimieron dos piezas de trabajo), se encontraron periodicidades en los cambios de intensidad de los haces de luz devueltos medidos en la zona R1 en la que se irradió el rayo láser de soldadura y en las zonas R2, R3 en las que se irradió el rayo láser de inspección.

25 Además, como se ilustra en las figuras 11A a 11C, en la muestra de inspección del ejemplo 3 (soldadura deprimida de una pieza en la que una de las dos piezas de trabajo se fundió y se deprimió), no se encontró periodicidad en un cambio de intensidad de un rayo de luz devuelto medido en la zona R1 en la que se irradió un rayo láser de soldadura, pero se encontraron periodicidades en los cambios de intensidad de los rayos de luz devueltos medidos en las zonas R2, R3 en las que se irradió el rayo láser de inspección.

30 Además, la figura 12 es una vista que ilustra una relación entre la frecuencia y la amplitud en el momento en que se realizó la transformación rápida de Fourier en una intensidad del rayo de luz devuelta medida en la zona R2 (aproximadamente 0,41 a aproximadamente 0,46 s) en la que se irradió el rayo láser de inspección a la muestra de inspección de según cada uno de los ejemplos 1 a 3.

35 Como se ilustra en la figura 12, en la muestra de inspección del ejemplo 1 (el estado de soldadura es normal), no se encontró un pico de gran amplitud. Sin embargo, en la muestra de inspección del ejemplo 2 (soldadura perforada), se encontraron picos de amplitud grandes en las frecuencias de los múltiplos integrales de aproximadamente 141 Hz, y en la muestra de inspección del ejemplo 3 (soldadura deprimida de una pieza), se encontró un pico de amplitud grande a una frecuencia de unos 141 Hz. Tenga en cuenta que la frecuencia (aproximadamente 141 Hz) a la que se encontraron los picos de amplitud en las muestras de inspección de los ejemplos 2 y 3 generalmente corresponde a una frecuencia de exploración ( $1/(1,5 \text{ mm} \times 2 \times 3,14/(80.000 \text{ mm}/60 \text{ s}))$ Hz) de un rayo láser de inspección con una velocidad de exploración de 80 m/min en el momento en que se irradió el rayo láser de inspección a lo largo del lugar de exploración que tiene un radio de aproximadamente 1,5 mm.

45 A partir de este resultado experimental, se demostró lo siguiente: mediante un método simple y fácil para detectar la periodicidad de un cambio de intensidad de un rayo de luz devuelto que se recibirá en el momento en que se irradia un rayo láser de soldadura a lo largo de un lugar de soldadura o en el momento en que se irradia un rayo láser de inspección a lo largo de un lugar de exploración, es posible inspeccionar minuciosamente un estado de soldadura de una porción soldada que incluye una soldadura deficiente, como el encogimiento soldadura, en la que un cordón de soldadura oculta un espacio entre las piezas de trabajo, soldadura sin unir que piezas de trabajo no están unidas entre sí, una soldadura deprimida en la que se deprime un cordón, una soldadura fundida en la que un cordón desaparece accidentalmente debido a la fluctuación de un equilibrio térmico, una soldadura perforada y similares.

50 Además, el(los) inventor(es) de la presente invención también descubrió que un nivel de líquido de un baño de fusión formado en las piezas de trabajo por radiación del rayo láser de soldadura vibra periódicamente, e incluso en un caso donde el estado de soldadura de la porción soldada es normal, las intensidades de los haces de luz devueltos se miden en la zona R1 en la que se irradia el rayo láser de soldadura y en las zonas R2, R3 en las que se irradia periódicamente el rayo láser de inspección.

5 En vista de esto, el(los) inventor(es) de la presente invención calculó una frecuencia única del baño de fusión en función de una tensión superficial y una densidad de las piezas de trabajo en un estado fundido, una magnitud y un grosor del baño de fusión formado en las piezas de trabajo, etc. La velocidad de exploración del rayo de láser de inspección se ajustó de modo que el período de exploración del rayo de láser según un período único de los cambios de intensidad de los rayos de luz devueltos, que se calcula a partir de la frecuencia única del baño de fusión, y el rayo láser de inspección se irradió a las piezas de trabajo.

10 La figura 13 es una vista que ilustra una relación entre la frecuencia y la amplitud en el momento en que el rayo láser de inspección se irradió al baño de fusión en el ejemplo 1 (el estado de soldadura es normal) en el período único del cambio de intensidad del rayo de luz devuelto y la transformada rápida de Fourier se realizó en la intensidad del rayo de luz devuelto (en particular, la luz de radiación térmica emitida desde el baño de fusión de las piezas de trabajo) medida en la zona R2.

Como se ilustra en la figura 13, incluso en un caso en el que el estado de soldadura de la porción soldada era normal, cuando se realizó la transformada rápida de Fourier en la intensidad del rayo de luz devuelto medido en la zona R2, se encontró un pico de gran amplitud a una frecuencia específica (aproximadamente 195 Hz).

15 A partir de este resultado experimental, cuando el rayo láser de soldadura o el rayo láser de inspección se irradia en ese período único del cambio de intensidad del rayo de luz devuelto que se obtiene cuando el estado de soldadura de la porción soldada es normal, y la transformada rápida de Fourier se realiza en la intensidad del rayo de luz devuelto medido, es posible especificar la frecuencia única (por ejemplo, aproximadamente 195 Hz) del cambio de intensidad del rayo de luz devuelto en el caso en que el estado de soldadura de la porción soldada sea normal.  
20 Como resultado, se demuestra que solo se puede detectar una frecuencia debida a un mal estado de soldadura de la porción soldada y se puede inspeccionar minuciosamente el estado de soldadura de la porción soldada.

25 Por lo tanto, las realizaciones de la presente invención se han descrito con referencia a los dibujos, pero las configuraciones concretas de la presente invención no están limitadas a las realizaciones anteriores. Incluso si hay cambios de diseño o similares dentro de un rango que no se desvía del alcance de las reivindicaciones, se incluyen en la presente invención.

30

**REIVINDICACIONES**

5 1. Un aparato de inspección de porciones soldadas para inspeccionar un estado de soldadura de una porción soldada formada en el momento en que se suelda una pluralidad de piezas de trabajo (W1, W2), comprendiendo el aparato de inspección de porciones soldadas:

una porción de radiación para irradiar un rayo (L1) láser de soldadura a lo largo de un lugar (C11) de soldadura establecido en las piezas de trabajo (W1, W2) para soldar las piezas de trabajo (W1, W2), o un rayo (L5) láser de inspección a lo largo del lugar (C51) de exploración establecido en un baño (Y1) de fusión de las piezas de trabajo (W1, W2) que se funden por el rayo (L1) láser de soldadura;

10 una porción (2) de recepción de luz para recibir un rayo de luz devuelto que incluye, al menos una de la luz de reflexión del rayo (L1) láser de soldadura o el rayo (L5) láser de inspección irradiado por la porción de radiación, la luz de reflexión se refleja desde el baño (Y1) de fusión de las piezas de trabajo (W1, W2), luz de vapor debida a la fusión y evaporación de las piezas de trabajo (W1, W2) y luz de radiación térmica emitida desde el baño (Y1) de fusión de las piezas de trabajo (W1, W2); y

15 una porción (6) de inspección para inspeccionar un estado de soldadura de la porción soldada de las piezas de trabajo (W1, W2) en función de un cambio de intensidad del rayo de luz devuelto recibido por la porción (2) de recepción de luz en el momento en que el rayo (L1) láser de soldadura se irradia a lo largo del lugar (C11) de soldadura o en el momento en que el rayo (L5) láser de inspección se irradia a lo largo del lugar (C51) de exploración, caracterizado porque:

20 la porción de radiación está configurada para irradiar el rayo (L1) láser de soldadura o el rayo (L5) láser de inspección varias veces a lo largo del mismo lugar (C11, C51) de soldadura; y

25 la porción (6) de inspección está configurada para inspeccionar el estado de soldadura de la porción soldada de las piezas de trabajo (W1, W2) en función de la periodicidad del cambio de intensidad del rayo de luz devuelto en el momento en que el rayo (L1) láser de soldadura o el rayo (L5) láser de inspección se irradia a lo largo del mismo lugar (C11, C51) de soldadura.

2. El aparato de inspección de porciones soldadas según la reivindicación 1, en el que:

30 un período de exploración del rayo (L1) láser de soldadura en el momento en que el rayo (L1) láser de soldadura se irradia a lo largo del mismo lugar (C11) de soldadura, o un período de exploración del rayo (L5) láser de inspección en el momento en que el rayo (L5) láser de inspección se irradia a lo largo del mismo lugar (C51) de exploración es igual a un período único del cambio de intensidad del rayo de luz devuelto que se obtiene cuando el estado de soldadura de la porción soldada es normal.

3. El aparato de inspección de la porción soldada según la reivindicación 1 o 2, donde: la porción (6) de inspección está configurada para inspeccionar el estado de soldadura de la porción soldada de las piezas de trabajo (W1, W2) realizando la transformación de Fourier o diferenciación en una intensidad del rayo de luz devuelto.

35 4. Un método de inspección de la porción soldada para inspeccionar un estado de soldadura de una porción soldada formada en el momento en que se suelda una pluralidad de piezas de trabajo (W1, W2), el método de inspección de porciones soldadas que comprende:

40 irradiando un rayo (L1) láser de soldadura a lo largo de un lugar (C11) de soldadura colocado en las piezas de trabajo (W1, W2) para soldar las piezas de trabajo (W1, W2), o irradiando un rayo (L5) láser de inspección a lo largo de un lugar (C51) de exploración colocado en un baño (Y1) de fusión de las piezas de trabajo (W1, W2) que son fundidas por un rayo (L1) láser de soldadura;

45 recibiendo un rayo de luz devuelto que incluye al menos uno de la luz de reflexión del rayo (L1) láser de soldadura o del rayo (L5) láser de inspección que se refleja desde el baño (Y1) de fusión de las piezas de trabajo (W1, W2), luz de vapor debida a la fusión y evaporación de las piezas de trabajo (W1, W2), y luz de radiación térmica emitida desde el baño (Y1) de fusión de las piezas de trabajo (W1, W2); y

inspeccionando un estado de soldadura de la porción soldada de las piezas de trabajo (W1, W2) en función de un cambio de intensidad del rayo de luz devuelto recibido en el momento en que el rayo (L1) láser de soldadura se irradia a lo largo del lugar (C11) de soldadura o en el momento en que el rayo (L5) láser de inspección se irradia a lo largo del lugar (C51) de exploración, caracterizado porque:

50 en la radiación del rayo (L1) láser de soldadura o del rayo (L5) láser de inspección, el rayo (L1) láser de soldadura se irradia varias veces a lo largo del mismo lugar (C11) de soldadura o el rayo (L5) láser de inspección se irradia varias veces. tiempos a lo largo del mismo lugar (C51) de exploración; y

5 en la inspección del estado soldado, el estado de soldadura de la porción soldada de las piezas de trabajo (W1, W2) se inspecciona en función de la periodicidad del cambio de intensidad del rayo de luz devuelto en el momento en que el rayo (L1) láser de soldadura está irradiado a lo largo del mismo lugar (C11) de soldadura o en el momento en que el rayo (L5) láser de inspección se irradia a lo largo del mismo lugar (C51) de exploración; y

5. En el método de inspección de la porción soldada según la reivindicación 4, en el que:

10 en la radiación del rayo (L1) láser de soldadura o el rayo (L5) láser de inspección, el rayo (L1) láser de soldadura se irradia a lo largo del mismo lugar (C11) de soldadura o el rayo (L5) láser de inspección se irradia a lo largo del mismo lugar (C51) de exploración en un período único del cambio de intensidad del rayo de luz devuelto que se obtiene cuando el estado de soldadura de la porción soldada de las piezas de trabajo (W1, W2) es normal.

6. El método de inspección de la porción soldada según la reivindicación 4 o 5, en el que:

15 en la inspección del estado soldado, el estado de soldadura de la porción soldada de las piezas de trabajo (W1, W2) se inspecciona realizando la transformación de Fourier o diferenciación en una intensidad del rayo de luz devuelto.

FIG. 1

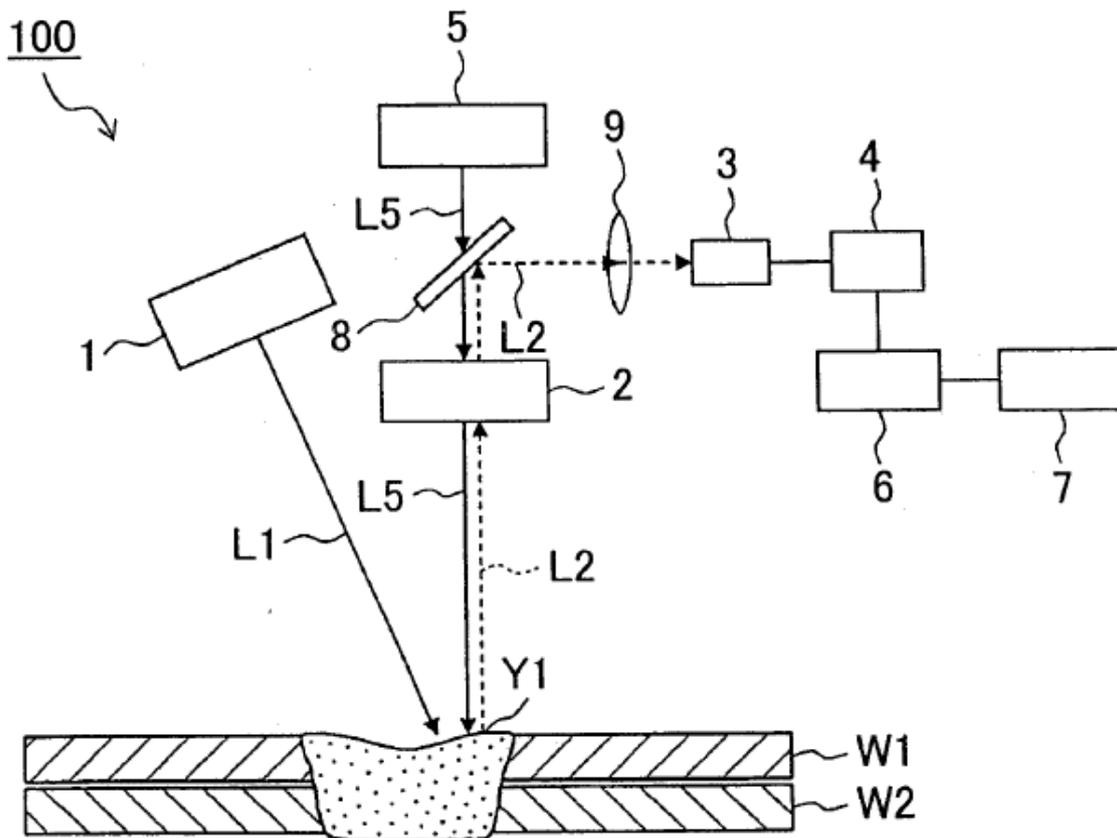


FIG. 2

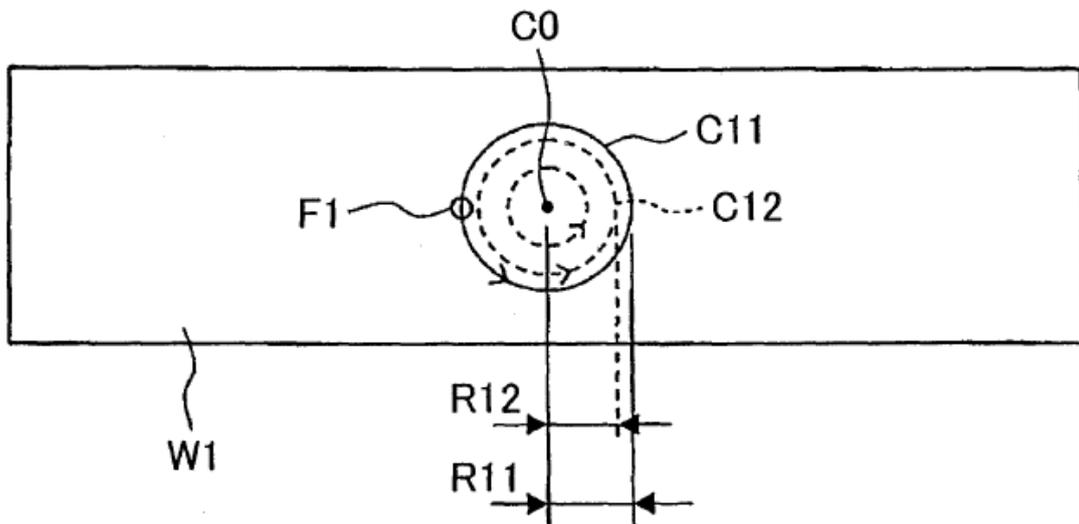


FIG. 3

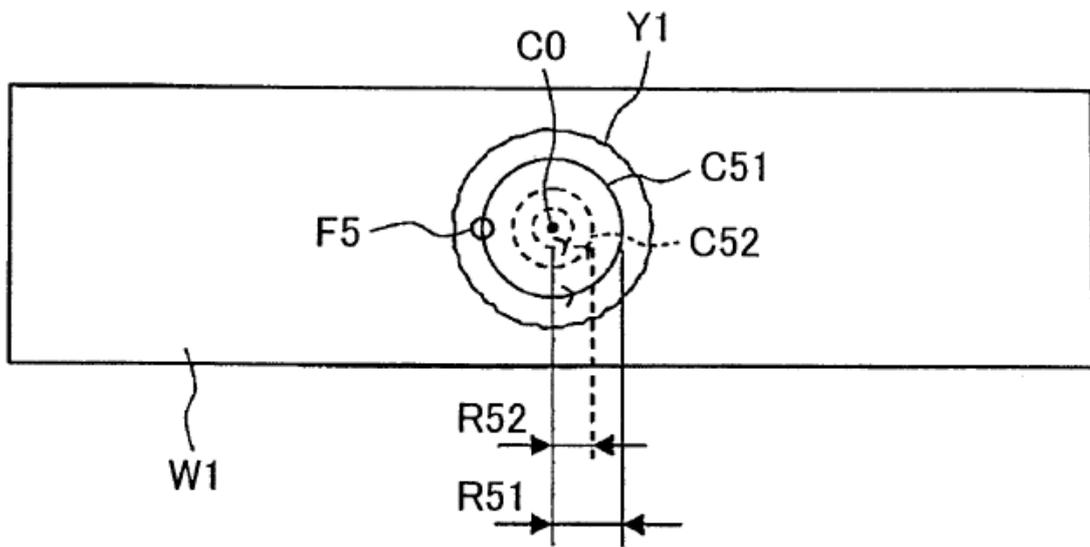


FIG. 4

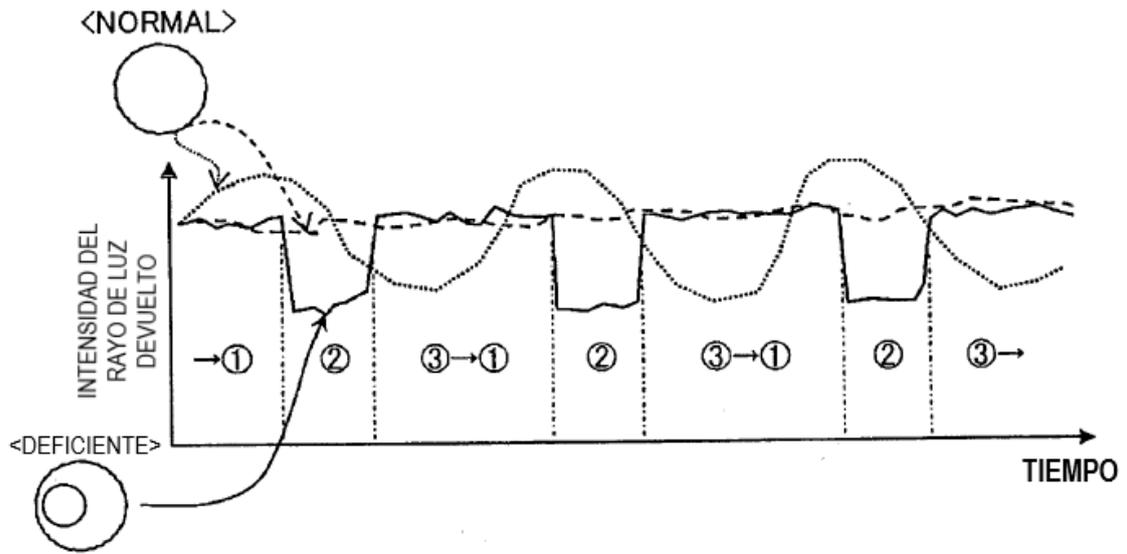


FIG. 5A

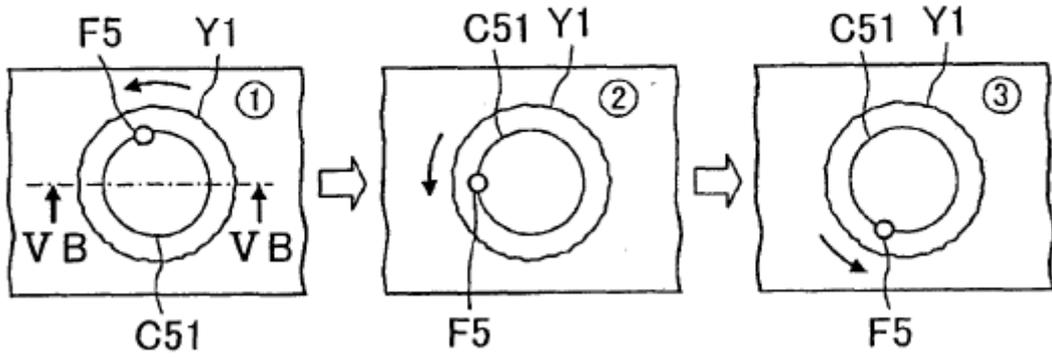


FIG. 5B

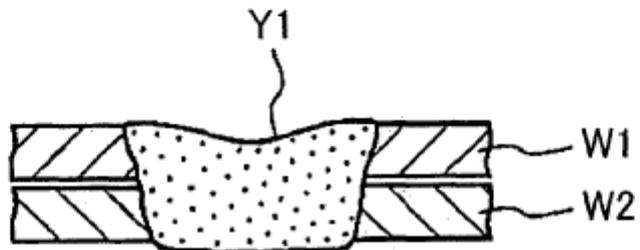


FIG. 6A

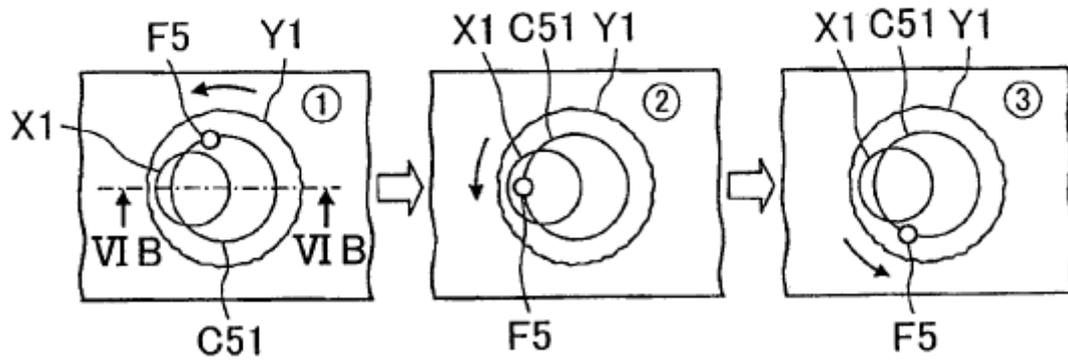


FIG. 6B

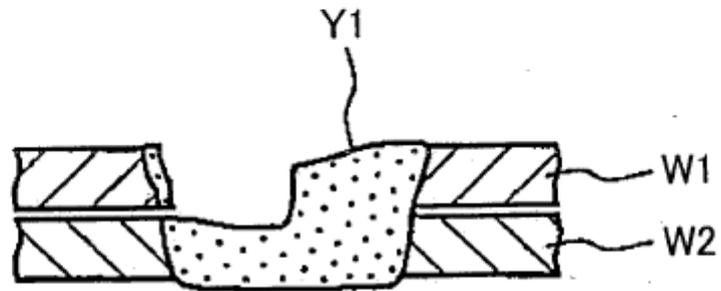


FIG. 7

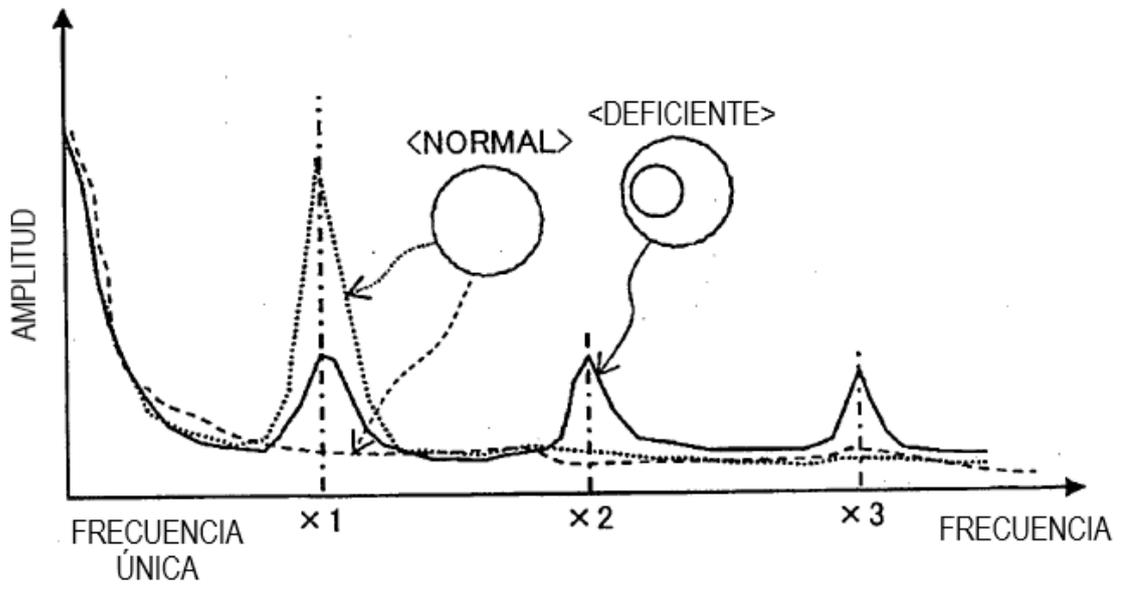


FIG. 8

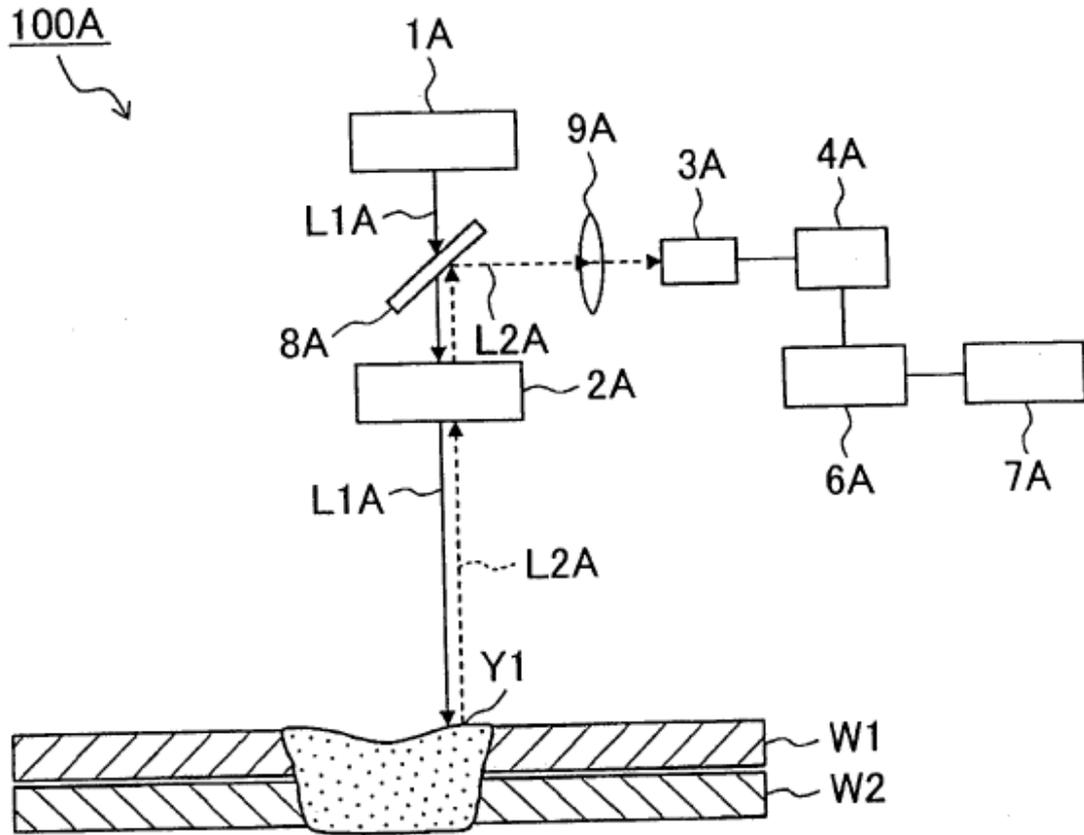


FIG. 9A

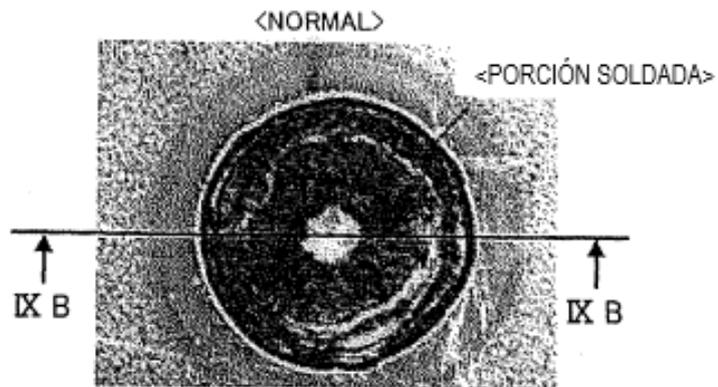


FIG. 9B



FIG. 9C

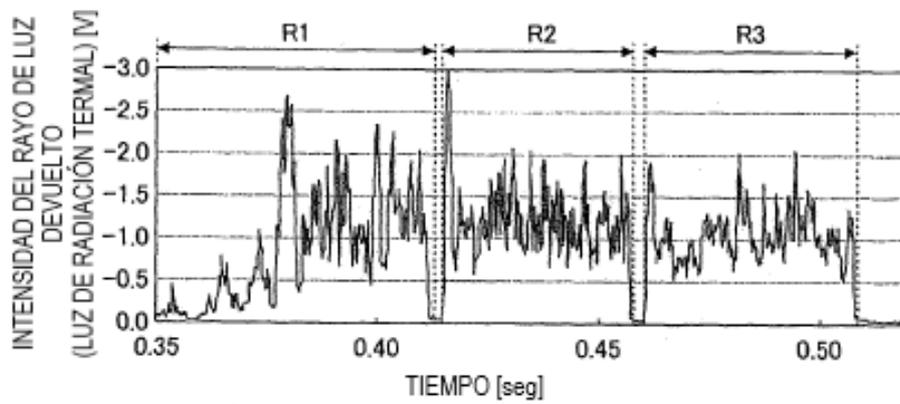


FIG. 10A

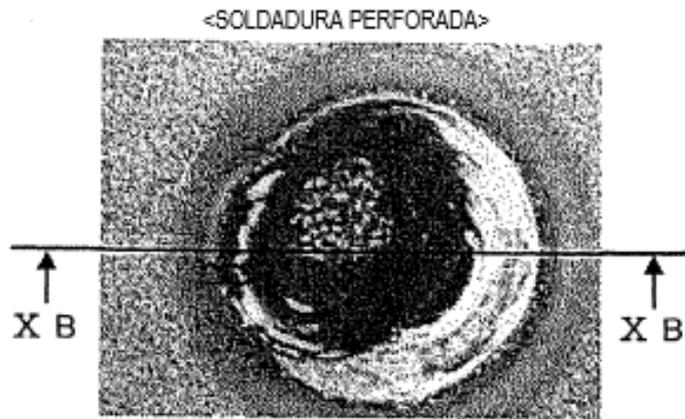


FIG. 10B

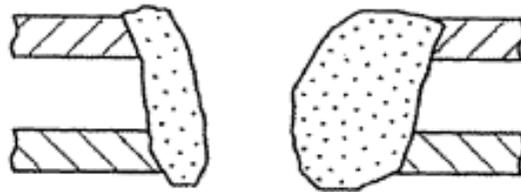


FIG. 10C

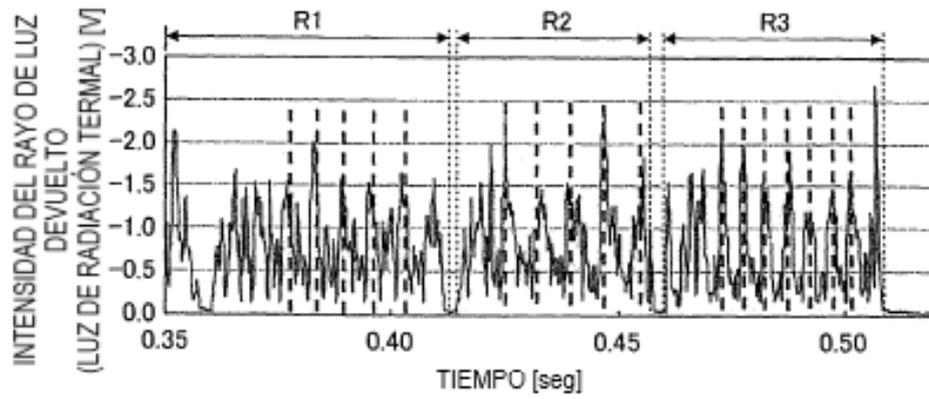


FIG. 11A

<SOLDADURA DEPRIMIDA DE UNA PIEZA>

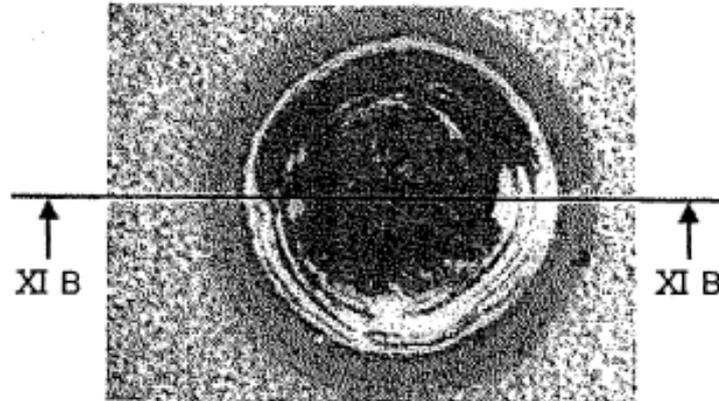


FIG. 11B

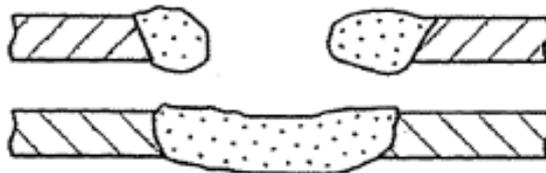


FIG. 11C

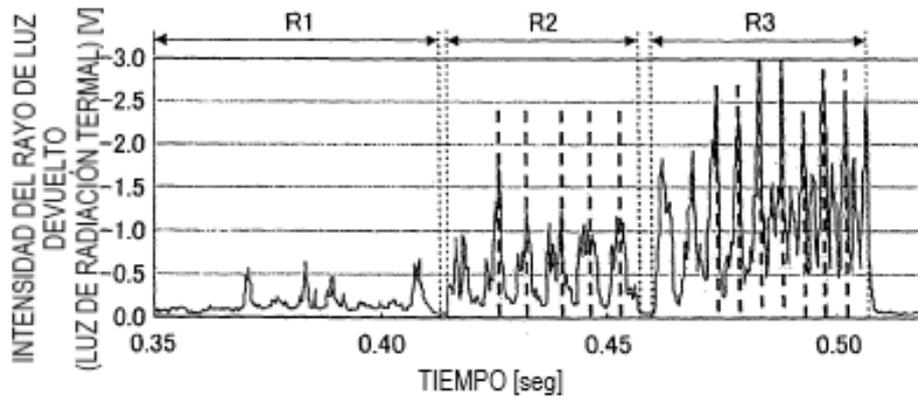


FIG. 12

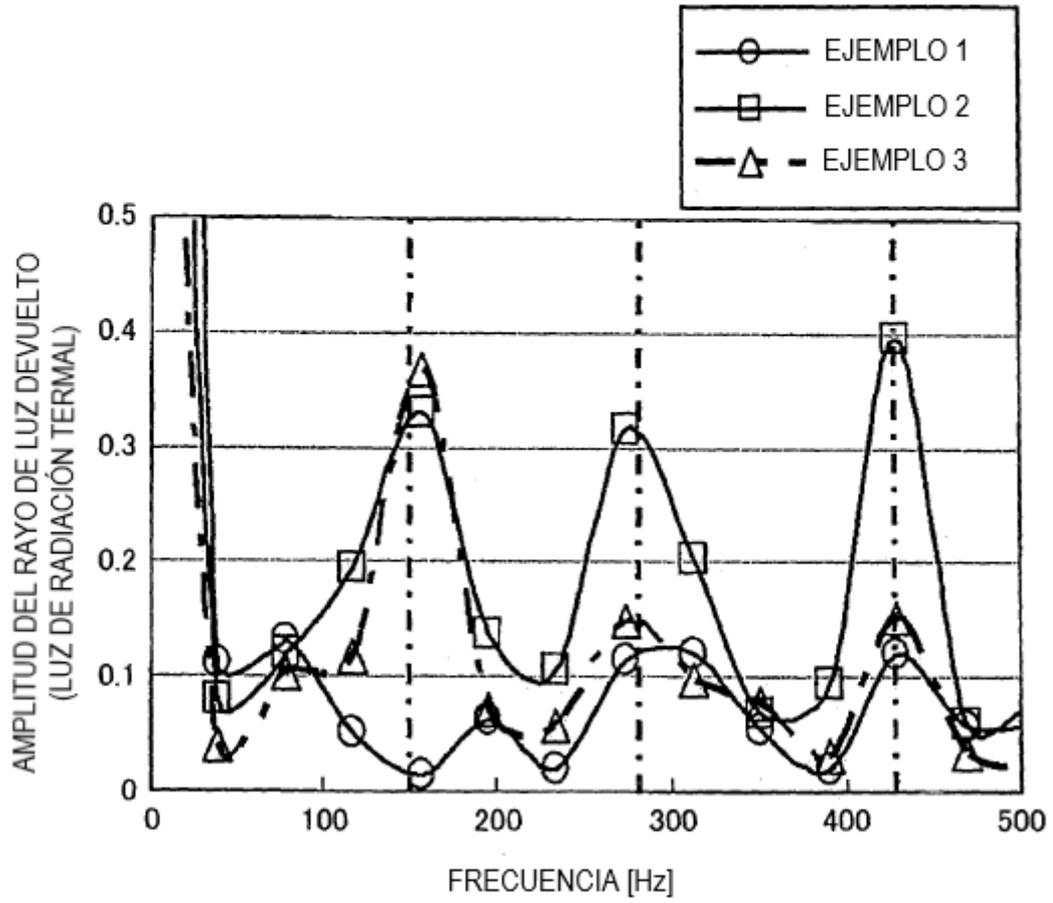


FIG. 13

