

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 938**

51 Int. Cl.:
B23K 26/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07712073 .1**
96 Fecha de presentación: **22.01.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1979124**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.10.2008**

54 Título: **CABEZA DE SOLDADURA CON LÁSER, USO DE ESTA CABEZA DE SOLDADURA CON LÁSER Y PROCEDIMIENTO PARA SOLDADURA POR RADIACIÓN.**

30 Prioridad:
01.02.2006 DE 102006004919

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.01.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.01.2012

73 Titular/es:
**THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG
KAISER-WILHELM-STRASSE 100
47166 DUISBURG, DE**

72 Inventor/es:
**BEHR, Friedrich;
BLUMENSAAT, Erwin;
DORNSCHEIDT, Christian;
KOCH, Martin;
PLHA, Jens;
WISCHMANN, Stefan;
OTT, Lars y
SCHÄFER, Ansgar**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

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).

ES 2 371 938 T3

DESCRIPCIÓN

Cabeza de soldadura con láser, uso de esta cabeza de soldadura con láser y procedimiento para soldadura por radiación

5 La invención se refiere a una cabeza de soldadura con láser según el preámbulo de la reivindicación 1. Además, la presente invención se refiere a un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 10. La publicación para información de solicitud de patente alemana DE 103 35 501 A1 da a conocer una cabeza de soldadura con láser de este tipo y un procedimiento de este tipo.

10 En caso de soldadura* de piezas metálicas usando un haz de soldadura se usan con frecuencia máquinas automáticas de movimiento que garantizan el correspondiente movimiento relativo entre las piezas que van a soldarse y el haz de soldadura para generar el cordón de soldadura deseado. Para generar la densidad de energía necesaria para la generación de un "ojo de cerradura" en caso de soldadura en el modo de soldadura profunda, se enfoca el haz de soldadura por regla general de manera muy intensa de modo que con respecto a las máquinas automáticas de movimiento debe requerirse una precisión de posicionamiento extremadamente alta para garantizar una calidad del cordón de soldadura constante. Por regla general se requieren precisiones de posicionamiento para 15 realizándose el cordón de soldadura como cordón de garganta o de unión a tope. Los sistemas de pórtico cartesianos controlados por CNC cumplen los requisitos de la precisión de posicionamiento, sin embargo necesitan altos costes de inversión. Los robots de múltiples ejes, que en principio son más económicos que los sistemas de pórtico cartesianos, presentan una precisión de repetición de posicionamiento mínima de +/- 0,15 mm debido a vibraciones propias, producidas por la reorientación de sus accionamientos y la blandura de los accionamientos, en determinadas posiciones del eje. Por tanto, la precisión requerida en caso de posicionamiento dinámico del haz de soldadura no puede conseguirse con robots de múltiples ejes.

20 Por el estado de la técnica se conocen cabezas de soldadura con láser que presentan medios adicionales para detectar la posición del cordón de soldadura y para corregir la cabeza de soldadura con láser. De ese modo se conoce por la solicitud de patente alemana DE 103 35 501 A1, determinar en una ventana de avance, que precede a la posición del haz de soldadura, la trayectoria real de la cabeza de soldadura con láser, comparar con los datos teóricos almacenados anteriormente y realizar el avance considerando una correspondiente corrección de la posición del haz de soldadura. Es problemático en esta cabeza de soldadura con láser que debido al cálculo de avance complejo las altas velocidades de soldadura conducen a desviaciones de la trayectoria.

30 La solicitud de patente internacional WO 2005/095043 A1 da a conocer una cabeza de soldadura con láser con medios para detectar la posición teórica de la posición del cordón de soldadura, que determinan a través de un procedimiento de triangulación el perfil de la posición teórica del cordón de soldadura próxima a la actual posición de soldadura ("ojo de cerradura") y colocan continuamente la cabeza de soldadura con láser con respecto a la posición establecida de la posición teórica del cordón de soldadura. Debido a que se considera el avance entre la posición de soldadura y la posición de medición para detectar la posición de la posición teórica del cordón de soldadura, el esfuerzo para calcular la señal de corrección para la cabeza soldadura con láser es también en caso de esta cabeza de soldadura con láser relativamente grande, de modo que sólo se consiguen velocidades de soldadura insuficientes con precisión adecuada, especialmente en caso del mecanizado de radios en trayectorias.

40 Partiendo de esto, la presente invención se basa en el objetivo de poner a disposición una cabeza de soldadura con láser genérica así como un procedimiento para soldar con radiación piezas metálicas con el que pueda realizarse una precisión de posicionamiento dinámica muy alta y simultáneamente velocidades de soldadura altas. Además se propondrá un uso ventajoso de la cabeza de soldadura con láser.

El objetivo deducido anteriormente se soluciona mediante un dispositivo con las características de la reivindicación 1, su uso así como mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 10.

45 Según una primera enseñanza de la presente invención, la cabeza de soldadura con láser genérica está configurada de modo que la distancia de la primera posición de medición que precede a la posición de soldadura del haz de soldadura está seleccionada de modo que la señal de corrección generada sin cálculo de avance y sin considerar el avance de la posición de medición a la posición de soldadura se usa directamente para activar medios para corregir la posición de soldadura del haz de soldadura.

50 Se ha mostrado sorprendentemente que en caso de distancia suficientemente reducida entre la disposición de la primera posición de medición y la posición de soldadura del haz de soldadura o la posición del "ojo de cerradura" del haz de soldadura puede prescindirse de la consideración del avance entre la posición de medición y la posición del haz de soldadura. Mediante esto resulta una velocidad especialmente alta en cuanto a la corrección de la posición del haz de soldadura con respecto a las desviaciones de la posición del haz de soldadura, por ejemplo debido a imprecisiones de posicionamiento o vibraciones propias de un sistema de manipulación o de un robot de múltiples ejes. A pesar del pequeño fallo de desviación residual sistemático, condicionado por el pequeño avance, éste no repercute de manera sorprendente en la posición del cordón mediante el rebasamiento de la tolerancia de posición. Dado que se realiza la transmisión de la señal de corrección inmediatamente tras la determinación de la desviación

de la posición teórica mediante los medios para detectar ópticamente la posición del cordón de soldadura, pueden conseguirse velocidades de soldadura especialmente altas en el intervalo de 10 m/min. incluso en caso de radios de soldadura pequeños, por ejemplo inferiores a 60 mm. No obstante podría mantenerse la precisión necesaria del posicionamiento del haz de soldadura de $\pm 0,15$ mm también en caso de altas velocidades de soldadura.

- 5 Preferentemente, la distancia de la primera posición de medición a la posición de soldadura del haz de soldadura asciende como máximo a 3 mm, preferentemente como máximo a 2 mm. Según el estado de la técnica se realiza la detección óptica de la posición del cordón de soldadura en distancias superiores a la posición de soldadura del haz de soldadura, de modo que debe considerarse siempre el avance. Mediante la distancia según la invención de la primera posición de medición a la posición de soldadura del haz de soldadura puede reducirse según la invención el fallo sistemático en cuanto a que éste ya no repercute en el resultado con respecto al rebasamiento de la tolerancia de posición.

- 15 La dinámica para modificar la posición de soldadura puede mejorarse según una siguiente forma de realización configurada de la cabeza de soldadura con láser según la invención debido a que está previsto al menos un elemento de regulación en la trayectoria del haz de soldadura para modificar la posición del haz de soldadura, que puede activarse mediante la señal de corrección. A diferencia del procedimiento conocido por el estado de la técnica, para activar o mover la cabeza de soldadura con láser continuamente dependiendo de la señal de corrección, un elemento de regulación en la trayectoria del haz de soldadura evita la corrección de la posición del haz de soldadura mediante el movimiento de grandes masas, dado que únicamente debe modificarse el elemento de regulación en su posición. Mediante esto puede aumentarse otra vez esencialmente la velocidad de la corrección y pueden corregirse las vibraciones propias de la manipulación.

- 20 Puede ponerse a disposición un elemento de regulación esencialmente sencillo debido a que como elemento de regulación está previsto al menos un espejo basculante, preferentemente un espejo dicroico. Los espejos basculantes pueden moverse o bascularse de manera casi libre de inercia como elemento de regulación en comparación con toda la cabeza de soldadura con láser, para corregir la posición del haz de soldadura de manera correspondiente a la señal de corrección calculada sin avance. Los espejos dicroicos tienen la ventaja de que reflejan muy bien longitudes de onda por debajo o por encima de un determinado valor y son casi transparentes en respectivamente otra zona de longitudes de onda. La trayectoria del haz de soldadura en la cabeza de soldadura con láser puede usarse entonces también como trayectoria del haz para la detección óptica de la posición del cordón de soldadura. Para ello se selecciona el espejo dicroico de modo que éste es altamente reflectante por ejemplo para la longitud de onda del láser del haz de soldadura y refleja a éste hacia la posición de soldadura o desde la posición de soldadura para el acoplamiento o desde la fuente del haz de soldadura. Otras longitudes de onda pasan el espejo dicroico sin impedimentos y pueden usarse para observar la posición del cordón de soldadura. Simultáneamente puede sujetarse fácilmente la estructura de la cabeza de soldadura con láser según la invención mediante el uso de la trayectoria del haz de soldadura láser.

- 35 Una mejora de la seguridad del proceso en caso de la determinación de la posición del cordón de soldadura se consigue según la invención debido a que como medios para detectar ópticamente la posición están previstos primeros medios de procesamiento de imagen, especialmente una primera cámara CMOS, y un primer proyector de líneas para proyectar una línea de láser que discurre en dirección lateral con respecto al cordón de soldadura en la primera posición de medición, estando previsto en la trayectoria del haz de los primeros medios de procesamiento de imagen un elemento de filtro adaptado a la longitud de onda de la línea de láser. Lógicamente, la línea de láser, que se proyecta en las piezas metálicas que van a soldarse lateralmente al cordón de soldadura, presenta otra longitud de onda que el mismo haz de soldadura. Preferentemente, el elemento de filtro adaptado a la línea de láser es especialmente de lado inclinado, para suprimir lo más posible todas las señales erróneas mediante radiación de otras longitudes de onda aparte de la longitud de onda de la línea de láser de los primeros medios de procesamiento de imagen. La cámara CMOS que va a usarse preferentemente se caracteriza a este respecto por tiempos de reacción especialmente cortos mediante la selección de líneas, de modo que se realiza un correspondiente procesamiento de imagen y una evaluación. Sin embargo es concebible usar también otros medios de procesamiento de imagen, siempre que se consigan las velocidades de evaluación necesarias.

- 50 Ha resultado especialmente ventajoso prever como fuente de luz para el primer proyector de líneas una fuente de láser con una longitud de onda en la zona de infrarrojo cercano, preferentemente con una longitud de onda de 805 nm, presentando el elemento de filtro óptico en la trayectoria del haz de los medios de procesamiento de imagen una transmisión máxima a 805 nm. Como proyectores de líneas se tienen en consideración por ejemplo diodos láser cuyo haz de láser se ensancha por ejemplo a través de una lente cilíndrica en una línea de láser. Preferentemente, el elemento de filtro puede estar diseñado especialmente con lado inclinado. Por ejemplo puede ser transparente únicamente para longitudes de onda en la zona de 805 $\pm$ 5 nm. En la zona de infrarrojo cercano, la intensidad de radiación emitida por el haz de soldadura pero también la intensidad de radiación térmica del cordón de soldadura es relativamente pequeña, de modo que pueden suprimirse muy bien perturbaciones condicionadas por el acoplamiento de radiación del propio proceso de soldadura en forma de luminosidad de vapores metálicos o del cordón de soldadura en caso del uso de los correspondientes elementos de filtro y fuentes de láser. Con ello se garantiza, a pesar de la distancia reducida de la primera posición de medición de la posición de soldadura del haz de soldadura, una alta seguridad del proceso con la determinación de la desviación de la posición del cordón de soldadura mediante los primeros medios de procesamiento de imagen.

Si puede proyectarse la línea de láser con respecto al eje de observación de los primeros medios de procesamiento de imagen en un ángulo predeterminado en la posición de medición, puede usarse el principio de sección luminosa ventajoso para obtener además del desplazamiento lateral también información sobre la desviación vertical de la posición teórica del cordón. Los valores de perfil obtenidos para el cordón de soldadura pueden usarse por consiguiente no sólo para corregir lateralmente la posición de soldadura de la cabeza de soldadura con láser, sino también para corregir la posición de soldadura en dirección vertical. Por ejemplo pueden preverse para la corrección vertical de la posición de soldadura, por ejemplo del foco del haz de soldadura, elementos de regulación adicionales en la trayectoria del haz de soldadura.

Según una siguiente forma de realización perfeccionada de la cabeza de soldadura con láser según la invención están previstos elementos ópticos adicionales, especialmente espejos de desviación, en la trayectoria del haz de los primeros medios de procesamiento de imagen, de modo que la construcción de la cabeza de soldadura con láser según la invención puede realizarse de manera especialmente compacta.

Con medios adicionales para detectar ópticamente una segunda posición de medición en la dirección de soldadura que esté detrás de la posición de soldadura del haz de soldadura, puede realizarse simultáneamente una inspección posterior de la calidad del cordón de soldadura.

El principio de sección luminosa puede usarse según una siguiente forma de realización perfeccionada de la cabeza de soldadura con láser según la invención para determinar la geometría del cordón de soldadura generado, en la que para detectar ópticamente la segunda posición de medición está previsto un segundo proyector de líneas para proyectar una segunda línea de láser en la segunda posición de medición de manera lateral al cordón de soldadura y segundos medios de procesamiento de imagen, especialmente una segunda cámara CMOS, para observar la segunda posición de medición y se proyecta la línea de láser del segundo proyector de líneas con respecto al eje de observación de los medios de procesamiento de imagen en un ángulo predeterminado en la posición de medición y opcionalmente está previsto un elemento de filtro adaptado a la segunda línea de láser en la trayectoria del haz de los segundos medios de procesamiento de imagen.

Sin embargo puede prescindirse entonces de un segundo elemento de filtro y de una trayectoria del haz adicional para los segundos medios de procesamiento de imagen cuando están previstos un primer y un segundo proyector de líneas que emiten una línea de láser con la misma longitud de onda, preferentemente una longitud de onda de 805 nm. En este caso pueden usar ambos medios de procesamiento de imagen la misma trayectoria del haz y el mismo elemento de filtro. Si se representan por ejemplo la primera y la segunda posición de medición en dos sitios distintos en un plano de imagen de la trayectoria del haz, los medios de procesamiento de imagen pueden recoger separadamente las señales de medición de las distintas posiciones de medición únicamente mediante una disposición adyacente en el plano de imagen en la trayectoria del haz. Sin embargo puede preverse también sólo un medio de procesamiento de imagen, cuyas zonas de medición individuales asignadas a las posiciones de medición pueden seleccionarse o evaluarse por separado.

Preferentemente está previsto un acoplamiento de fibras en la cabeza de soldadura con láser para acoplar el haz de soldadura, de modo que en la propia cabeza de soldadura con láser no está dispuesta ninguna fuente de láser y ésta puede configurarse de manera sencilla. Sin embargo también es concebible sin más fijar fuentes de láser, por ejemplo láser de diodos, en la cabeza de soldadura con láser y prescindir de un acoplamiento de fibras del haz de soldadura.

Según una segunda enseñanza de la presente invención se soluciona el objetivo mostrado anteriormente mediante el uso de una cabeza de soldadura con láser según la invención con un sistema de manipulación, especialmente un robot de múltiples ejes con brazo articulado para soldar piezas metálicas, especialmente para soldar "engineered-blanks". Por un lado, mediante el uso de la cabeza de soldadura con láser según la invención, se aumenta claramente la precisión de posición dinámica del cordón de soldadura en caso de piezas metálicas que van a soldarse, por otro lado, mediante el uso, se permite la incorporación de robots de múltiples ejes con brazo articulado económicos. Esto es especialmente ventajoso en caso de soldadura de "piezas en bruto sometidas a ingeniería". Las "piezas en bruto sometidas a ingeniería" son piezas metálicas que se fabrican mediante soldadura con otras piezas metálicas o chapas para dar piezas semiacabadas adecuadas para la carga, en las que el posicionamiento exacto del cordón de soldadura en cuanto a la capacidad de carga de las "piezas en bruto sometidas a ingeniería" desempeña un papel decisivo. Aunque los radios de soldadura ascienden parcialmente a menos de 60 mm y se requiere una precisión del posicionamiento del cordón de soldadura de +/- 0,15 mm, el uso según la invención de la cabeza de soldadura con láser permite una fabricación económica y rápida de las "piezas en bruto sometidas a ingeniería" con alta calidad.

Según una tercera enseñanza de la presente invención se soluciona el objetivo mostrado anteriormente mediante un procedimiento según la reivindicación 10.

Tal como se mostró ya anteriormente, se consigue mediante la distancia reducida entre la primera posición de medición y la posición de soldadura del haz de soldadura sorprendentemente que pueda desestimarse el avance de la primera posición de medición a la posición del haz de soldadura en caso del cálculo de corrección. En consecuencia se pone a disposición un cálculo especialmente fácil y rápido de la desviación del cordón de soldadura

desde una posición teórica. Mediante la consideración casi instantánea ("casi a tiempo real") de la posición del cordón de soldadura pueden corregirse vibraciones propias del sistema de manipulación e imprecisiones en caso del posicionamiento de la cabeza de soldadura con láser también a altas velocidades de soldadura superiores a 10 m/min.

- 5 Preferentemente, la distancia de la primera posición de medición de la posición del haz de soldadura asciende como máximo a 3 mm, preferentemente como máximo a 2 mm. La posición del haz de soldadura determina el sitio de la introducción del "ojo de cerradura", que se forma por regla general en caso de soldar piezas metálicas. A pesar del avance de como máximo 3 mm, preferentemente como máximo de 2 mm, puede despreciarse, sin embargo, sorprendentemente el fallo sistemático que se produce no considerando el avance y puede usarse una corrección
- 10 rápida, inmediata, especialmente sin cálculo de avance de la posición de soldadura del haz de soldadura para garantizar una precisión del cordón de soldadura de +/- 0,15 mm.

- Para permitir una corrección lo más rápida posible de la posición del haz de soldadura con respecto al cordón de soldadura se activa al menos un elemento de regulación en la trayectoria del haz del haz de soldadura de la cabeza de soldadura con láser al menos usando la señal de corrección según una siguiente configuración del procedimiento según la invención. Con ello se minimiza el movimiento de masas inertes que en caso de la modificación de la
- 15 posición del haz de soldadura podría conducir a imprecisiones adicionales.

- Según una configuración especialmente sencilla del procedimiento según la invención se activa como elemento de regulación un espejo basculante, especialmente un espejo dicróico. Tal como se expuso anteriormente, un espejo dicróico cumple por un lado para determinadas longitudes de onda la función de un espejo, por ejemplo en la zona
- 20 de la longitud de onda del haz de soldadura. Por otro lado, el espejo dicróico puede ser esencialmente transparente para las longitudes de onda que se usan por ejemplo para determinar la posición del cordón de soldadura. Mediante el movimiento basculante del espejo dicróico puede girarse el haz de soldadura hacia una posición cualquiera, preferentemente de manera lateral al cordón de soldadura, sin modificar la trayectoria del haz de la detección óptica. Simultáneamente, el filtro dicróico puede servir para separar la luminosidad del proceso en la trayectoria del haz del
- 25 haz de soldadura y entonces en la trayectoria del haz de los primeros medios de observación. Sin embargo también es concebible que a través de uno o varios elementos de control o espejos se desplace el punto focal del haz de láser de manera vertical al cordón de soldadura inmediatamente dependiendo de la señal de corrección.

- Una seguridad del proceso especialmente alta se consigue según una siguiente forma de realización ventajosa del procedimiento según la invención debido a que un primer proyector de líneas proyecta una línea de láser en la
- 30 primera proyección de medición y un primer medio de procesamiento de imagen, especialmente una primera cámara CMOS, evalúa ópticamente la primera posición de medición, filtrando un elemento de filtro dispuesto en la trayectoria de láser de los medios de procesamiento de imagen y adaptado a la línea de láser la señal óptica de la primera posición de medición. Mediante la combinación de la línea de láser en relación con el elemento de filtro
- 35 adicional puede adaptarse la señal óptica desde la posición de medición muy bien hacia un intervalo de longitudes de onda extremadamente estrecho, concretamente al de la línea de láser. Según esto se consigue que la señal de medición de los primeros medios de procesamiento de imagen presente una proporción señal/ruido especialmente buena.

- Preferentemente se proyecta la primera línea de láser en un ángulo con respecto al eje de observación de los primeros medios de procesamiento de imagen en la primera posición de medición y se realiza la evaluación de la
- 40 primera posición de medición mediante los medios de procesamiento de imagen según el principio de sección luminosa. La línea de láser no se proyecta, por tanto, de manera coaxial en la primera posición de medición. Tal como ya se describió, puede determinarse a través del principio de sección luminosa con ayuda de procedimientos de triangulación junto con la desviación lateral simultáneamente, de manera correspondiente a una medición de perfil, la desviación de la posición teórica de la posición del cordón de soldadura en dirección vertical, de modo que
- 45 la posición de soldadura del haz de soldadura también puede adaptarse a desviaciones en dirección vertical con respecto al cordón de soldadura. Además puede determinarse, a partir del perfil de manera y modo especialmente fáciles mediante el procedimiento de procesamiento de imagen, la posición del cordón de soldadura exacta y debido a ello puede calcularse la desviación desde la posición teórica fácilmente. Debido al esfuerzo de cálculo reducido en total se aumenta la velocidad de corrección adicionalmente.

- 50 Si el proyector de líneas emite una línea de láser con una longitud de onda en la zona de infrarrojo cercano, especialmente con una longitud de onda de 805 nm, puede aumentarse adicionalmente la seguridad del proceso en caso de la determinación de la posición del cordón de soldadura, dado que en este intervalo de longitudes de onda con ayuda de un filtro de bordes ni el propio haz de soldadura, ni la radiación térmica emitida por el cordón de soldadura o la luminosidad de vapores metálicos generan señales de perturbación intensas en los medios de
- 55 procesamiento de imagen. Esto es especialmente ventajoso en caso de distancias reducidas entre la posición de soldadura del haz de soldadura y la primera posición de medición.

La comprobación de la calidad del segundo cordón de soldadura puede realizarse finalmente realizando en una segunda posición de medición en la dirección de soldadura que sigue a la posición de soldadura del haz de soldadura una detección óptica del cordón de soldadura generado.

Preferentemente, para detectar ópticamente el cordón de soldadura generado, un segundo proyector de líneas proyecta una línea de láser lateralmente al cordón de soldadura en la segunda posición de medición, proyectándose la línea de láser en un ángulo con respecto al eje de observación de segundos medios de procesamiento de imagen, especialmente de una segunda cámara CMOS en la segunda posición de medición y usándose el principio de sección luminosa para evaluar la medición en la segunda posición de medición. El procedimiento según la invención integra no sólo una corrección especialmente rápida y exacta de la posición de soldadura con un control de calidad del cordón de soldadura, sino que permite también una construcción compacta de la cabeza de soldadura con láser, especialmente cuando se realiza la medición en la segunda posición de medición con una línea de láser de igual longitud de onda que en la primera posición de medición.

Hay ahora una multiplicidad de posibilidades de configurar y perfeccionar la cabeza de soldadura con láser según la invención así como el procedimiento según la invención para soldar piezas metálicas. Para ello se remite a las reivindicaciones subordinadas a las reivindicaciones 1 y 14. Por otro lado se remite a la descripción de un ejemplo de realización de una cabeza de soldadura con láser según la invención en relación con el dibujo. El dibujo muestra en

la figura 1 en una vista en sección esquemática, las trayectorias del haz de un ejemplo de realización de la cabeza de soldadura con láser según la invención y

la figura 2 en un diagrama, las desviaciones residuales sistemáticas medidas con el ejemplo de realización de la figura 1 en función de la distancia de la primera posición de medición a la posición de soldadura.

En la figura 1 está representada esquemáticamente en primer lugar la trayectoria del haz 2 del haz de soldadura de un ejemplo de realización de la cabeza de soldadura con láser 1 según la invención. El haz de soldadura 2 se acopla preferentemente a través de un acoplamiento de fibras 3 en la cabeza de soldadura con láser. Mediante los elementos ópticos 4 se enfoca el haz de soldadura 2 en las piezas metálicas 5 que van a soldarse. El enfoque origina entonces en la mayoría de los casos la formación de un "ojo de cerradura" no representado mediante el plasma láser que se forma, que genera entonces el cordón de soldadura y con ello indica la posición de soldadura del haz de soldadura 2. Las piezas metálicas 5 que van a soldarse se mueven con respecto a la cabeza de soldadura con láser 1 en la dirección indicada por la flecha 6. En el ejemplo de realización representado de una cabeza de soldadura con láser 1 según la invención está previsto en la trayectoria del haz del haz de soldadura 2 un espejo dicroico 7 que como elemento de regulación puede realizar movimientos basculantes. El eje basculante del espejo dicroico 7 puede encontrarse por ejemplo de manera paralela al plano del dibujo, de modo que mediante la activación del espejo dicroico 7 puede modificarse la posición de soldadura 8 del haz de soldadura de manera perpendicular al plano del dibujo, es decir lateralmente a la dirección de soldadura 6. De manera precedente en la dirección de soldadura 6 está prevista una primera posición de medición 9 en la que un proyector de líneas 10 proyecta una línea de láser 11 en el ángulo con respecto al eje de observación de medios de procesamiento de imagen 12 lateralmente al cordón de soldadura. Con los medios de observación 12, que pueden realizarse por ejemplo mediante una cámara CMOS, puede observarse ahora, según el principio de sección luminosa, el perfil del cordón de soldadura antes de la soldadura, dado que el espejo dicroico 7 es permeable para la longitud de onda de la línea de láser emitida por el proyector de líneas. De manera correspondiente a la trayectoria del haz 13 dibujada se mide la imagen de la línea de láser 11 proyectada en el cordón de soldadura por el medio de procesamiento de imagen 12. Debido a que está previsto no sólo el espejo dicroico 7, sino también un elemento de filtro 14 adicional en la trayectoria del haz de los medios de procesamiento de imagen 12, se suprimen todas las perturbaciones originadas mediante el propio haz de soldadura 2, mediante proyecciones metálicas, la radiación térmica del cordón de soldadura o la luminosidad de vapores metálicos a través del "ojo de cerradura" y se evalúan ópticamente únicamente la línea de láser y con ello el perfil medido del cordón de soldadura. Las proyecciones de soldadura iluminadas por las líneas (160 piezas/s) conducen a aproximadamente un 2% de fallos de puntos de medición, que pueden "excluirse" como valor extraño de un algoritmo, por ejemplo por consulta sí/no.

Mediante el uso de procedimientos de triangulación puede determinarse según el principio de sección luminosa la posición del cordón de soldadura en la primera posición de medición 9 de manera exacta y con alta velocidad. A partir de la desviación medida de la posición actual del cordón de soldadura con respecto a una posición teórica se emite según la invención una señal de corrección inmediatamente, especialmente sin considerar el avance de la posición de medición 9 a la posición de soldadura 8 para la corrección por ejemplo al espejo 7 basculante. Éste realiza entonces la corrección de la posición de soldadura 8 del haz de soldadura 2 mediante una modificación correspondiente de su posición. La dinámica del espejo 7 basculante está diseñada a este respecto de modo que la posición del haz de soldadura 2 puede corregirse dentro del tiempo de avance restante.

El espejo 15 adicional puede preverse para permitir adicionalmente una construcción más compacta de la cabeza de soldadura con láser 1 según la invención. Debido a las diversas posibilidades de uso, por ejemplo con respecto a la soldadura de cordones de garganta, el tamaño de la cabeza de soldadura con láser 1 puede adquirir también un significado práctico.

Para controlar el cordón de soldadura generado está previsto ahora un proyector de líneas 16 adicional en el ejemplo de realización representado, que proyecta a su vez, en un ángulo con respecto al eje de observación de los medios de procesamiento de imagen 12, una línea de láser 17 en el cordón de soldadura lateralmente a la dirección

de soldadura 6 en una segunda posición de medición 18. Dado que la primera y la segunda posición de medición pueden separarse una de la otra sin más en la trayectoria del haz, está prevista preferentemente en el medio de procesamiento de imagen 12 para cada posición de medición una cámara CMOS u otro sensor óptico plano para la evaluación óptica, que no están representados en la figura 1 por motivos de simplicidad.

- 5 Mediante el uso de dos cámaras CMOS distintas para cada posición de medición 9, 18 pueden usarse cámaras CMOS más pequeñas con un número de píxeles más bajo, que pueden seleccionarse independientemente una de la otra. En caso de igual precisión de medición puede aumentarse entonces la dinámica de la corrección de la posición de soldadura debido al tiempo de medición o selección más bajo de las cámaras CMOS para determinar la desviación del cordón de soldadura desde la posición teórica. Sin embargo puede ser concebible también dividir una
10 única cámara CMOS en dos segmentos distintos que se evalúan por separado.

Debido a que no se realiza un cálculo del avance de la primera posición de medición 9 para corregir la posición de soldadura 8 según la invención, puede conseguirse una dinámica especialmente alta del seguimiento del cordón, pudiéndose alcanzar simultáneamente velocidades de soldadura altas superiores a 10 m/min. Debido a la rápida corrección, la cabeza de soldadura con láser 1 según la invención puede compensar vibraciones propias de un robot de múltiples ejes e imprecisiones de posicionamiento.
15

Debido al esfuerzo de cálculo reducido en caso de la cabeza de soldadura con láser 1 según la invención es también concebible dotar ésta de medios adicionales, que midan de manera precedente y más intensa para detectar la posición del cordón de soldadura, que no están representados en la figura 1, para permitir una determinación de la posición en dos etapas de la posición de soldadura 8.

- 20 Es ventajosa entonces la alta precisión del seguimiento del cordón de soldadura de la cabeza de soldadura con láser 1 según la invención especialmente cuando se producen radios de cordón de soldadura inferiores a 60 mm. Debido al procedimiento de medición robusto para el seguimiento del cordón y la rápida corrección pueden soldarse radios pequeños de este tipo con la cabeza de soldadura con láser 1 según la invención sin más usando un robot de múltiples ejes.

- 25 En el diagrama de la figura 2 está representada una determinación del fallo de desviación residual, que se genera sistemáticamente despreciando el avance en función de la distancia de la primera posición de medición de la propia posición de soldadura.

Para la medición de la desviación residual de la figura 2 se usó por ejemplo un proyector de líneas 10, que emite una línea de láser 11 con una longitud de onda de 805 nm en caso de una dimensión de línea de 6 x 0,05 mm. La resolución del medio de procesamiento de imagen 12 óptico, una cámara CMOS, ascendía en la dirección z como en la x a 20 µm. Adicionalmente se usó un elemento de filtro 14 de lado inclinado con una ventana de transmisión en caso de una longitud de onda de 805 +/- 5 nm en la trayectoria del haz del medio de procesamiento de imagen.
30

La desviación residual ascendía en caso de un avance de 2 mm, es decir en caso de una distancia de la posición de medición 9 de la posición de soldadura 8 de 2 mm, únicamente a 0,035 mm y con ello claramente por debajo del límite de precisión requerido. En el intervalo de avance de 0,25 mm se aproxima la desviación residual al límite de resolución, de modo que ya no puede registrarse éste. Los resultados representados en la figura 2 en cuanto a la desviación residual, es decir del error sistemático despreciando el avance, se han medido en caso de un avance del cordón con un radio de 60 mm con velocidad de soldadura superior a 10 m/min. A partir de esto se manifiesta que las precisiones en caso de recorrido más o menos recto del cordón de soldadura mediante el procedimiento según la invención o usando la cabeza de soldadura según la invención pueden ser aún claramente superiores.
35
40

REIVINDICACIONES

1. Cabeza de soldadura con láser (1) para soldar piezas metálicas con al menos una trayectoria del haz para un haz de soldadura (2) y medios para detectar ópticamente la posición del cordón de soldadura en una primera posición de medición (9), en la que los medios para detectar ópticamente la posición del cordón de soldadura permiten una
5 disposición de la primera posición de medición (9) al menos en la dirección de soldadura (6) que precede a la posición de soldadura (8) del haz de soldadura (2) y al menos en función de una desviación lateral del cordón de soldadura con respecto a una posición teórica generan una señal de corrección para corregir la posición de soldadura (8) del haz de soldadura (2), en la que está previsto al menos un elemento de regulación (7) en la trayectoria del haz del haz de soldadura (2) para modificar la posición del haz de soldadura, que puede activarse
10 mediante la señal de corrección y en la que como elemento de regulación está previsto al menos un espejo basculante (7), preferentemente un espejo dicroico, **caracterizada porque** la distancia de la primera posición de medición (9) que precede a la posición de soldadura (8) del haz de soldadura (2) está seleccionada de modo que la señal de corrección generada sin cálculo de avance y sin considerar el avance de la posición de medición respecto a la posición de soldadura se usa directamente para activar medios (7) para corregir la posición de soldadura (8) del
15 haz de soldadura (2) y como medios para detectar ópticamente la posición están previstos primeros medios de procesamiento de imagen (12) y un primer proyector de líneas (10) para proyectar una línea de láser (11), que discurre en dirección lateral al cordón de soldadura, en la primera posición de medición (9), estando previsto en la trayectoria del haz (13) de los primeros medios de procesamiento de imagen un elemento de filtro (14) adaptado a la longitud de onda de la línea de láser y emitiendo el proyector de líneas una línea de láser con una longitud de onda
20 en la zona de infrarrojo cercano.
2. Cabeza de soldadura con láser según la reivindicación 1, **caracterizada porque** la distancia de la primera posición de medición (9) a la posición de soldadura (8) del haz de soldadura (2) asciende como máximo a 3 mm, preferentemente como máximo a 2 mm.
3. Cabeza de soldadura con láser según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada porque** como primer medio de
25 procesamiento de imagen (12) está prevista una cámara CMOS.
4. Cabeza de soldadura con láser según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** como fuente de luz para el primer proyector de líneas (10) está prevista una fuente láser con una longitud de onda de 805 nm y el elemento de filtro (14) óptico en la trayectoria del haz (13) de los primeros medios de procesamiento de imagen (12) presenta una transmisión máxima a una longitud de onda de 805 nm.
5. Cabeza de soldadura con láser según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque** la línea de láser (11) puede proyectarse con respecto al eje de observación (19) de los primeros medios de procesamiento de imagen (12) en un ángulo predeterminado en la primera posición de medición (9).
30
6. Cabeza de soldadura con láser según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada porque** están previstos medios adicionales para detectar ópticamente una segunda posición de medición (18) en la dirección de soldadura que está detrás de la posición de soldadura del haz de soldadura (2).
35
7. Cabeza de soldadura con láser según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada porque** para detectar ópticamente la segunda posición de medición (18) está previsto un segundo proyector de líneas (16) para proyectar una segunda línea de láser (17) en la segunda posición de medición y segundos medios de procesamiento de imagen, especialmente una segunda cámara CMOS, para observar la segunda posición de medición (18), se
40 proyecta la línea de láser (17) del segundo proyector de líneas (16) con respecto al eje de observación de los segundos medios de procesamiento de imagen en un ángulo predeterminado en la posición de medición y opcionalmente está previsto un elemento de filtro adaptado a la segunda línea de láser en la trayectoria del haz (12) de los segundos medios de procesamiento de imagen.
8. Cabeza de soldadura con láser según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada porque** están previstos un
45 primer y un segundo proyector de líneas (10, 15) que emiten una línea de láser con la misma longitud de onda, preferentemente con una longitud de onda de 805 nm.
9. Uso de una cabeza de soldadura con láser según una de las reivindicaciones 1 a 8 con un sistema de manipulación, especialmente un robot de múltiples ejes con brazo articulado, para soldar piezas metálicas, especialmente para soldar "engineered-blanks".
50
10. Procedimiento para soldar con radiación piezas metálicas, especialmente usando una cabeza de soldadura con láser según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que se determina la posición del cordón de soldadura usando
55 medios de detección ópticos en una primera posición de medición que precede a la posición de soldadura del haz de soldadura y en función de la desviación de la posición del cordón de soldadura con respecto a una posición teórica se genera una señal de corrección, activándose al menos un elemento de regulación en la trayectoria del haz del haz de soldadura de la cabeza de soldadura con láser al menos usando la señal de corrección y activándose como elemento de regulación un espejo basculante, especialmente un espejo dicroico, **caracterizado porque** la distancia de la primera posición de medición de la posición del haz de soldadura se selecciona de modo que la señal de corrección sin cálculo de avance y sin considerar el avance de la posición de medición respecto a la posición de

- 5 soldadura se usa directamente para activar medios para corregir la posición de soldadura del haz de soldadura, un primer proyector de líneas proyecta una línea de láser en dirección lateral al cordón de soldadura en la primera posición de medición y primeros medios de procesamiento de imagen evalúan ópticamente la primera posición de medición, filtrando un elemento de filtro, dispuesto en la trayectoria del haz de los medios de procesamiento de imagen y adaptado a la longitud de onda de la línea de láser, la señal de medición óptica de la primera posición de medición y emitiendo el proyector de líneas una línea de láser con una longitud de onda en la zona de infrarrojo cercano.
- 10 11. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado porque** la distancia de la primera posición de medición de la posición del haz de soldadura asciende como máximo a 3 mm, preferentemente como máximo a 2 mm.
- 10 12. Procedimiento según la reivindicación 10 ó 11, **caracterizado porque** como primeros medios de procesamiento de imagen una primera cámara CMOS evalúa ópticamente la primera posición de medición.
- 15 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado porque** la primera línea de láser se proyecta en un ángulo con respecto al eje de observación de los primeros medios de procesamiento de imagen en la primera posición de medición y la evaluación de la primera posición de medición se realiza mediante los medios de procesamiento de imagen según el principio de sección luminosa.
- 15 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado porque** en una segunda posición de medición en la dirección de soldadura que sigue detrás con respecto a la posición de soldadura del haz de soldadura se realiza una detección óptica del cordón de soldadura generado.
- 20 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 a 14, **caracterizado porque** para detectar ópticamente el cordón de soldadura generado, un segundo proyector de líneas proyecta una línea de láser en la segunda posición de medición, proyectándose la línea de láser en un ángulo con respecto al eje de observación de segundos medios de procesamiento de imagen, especialmente una segunda cámara CMOS, en la segunda posición de medición y usándose el principio de sección luminosa para evaluar la medición en la segunda posición de medición.

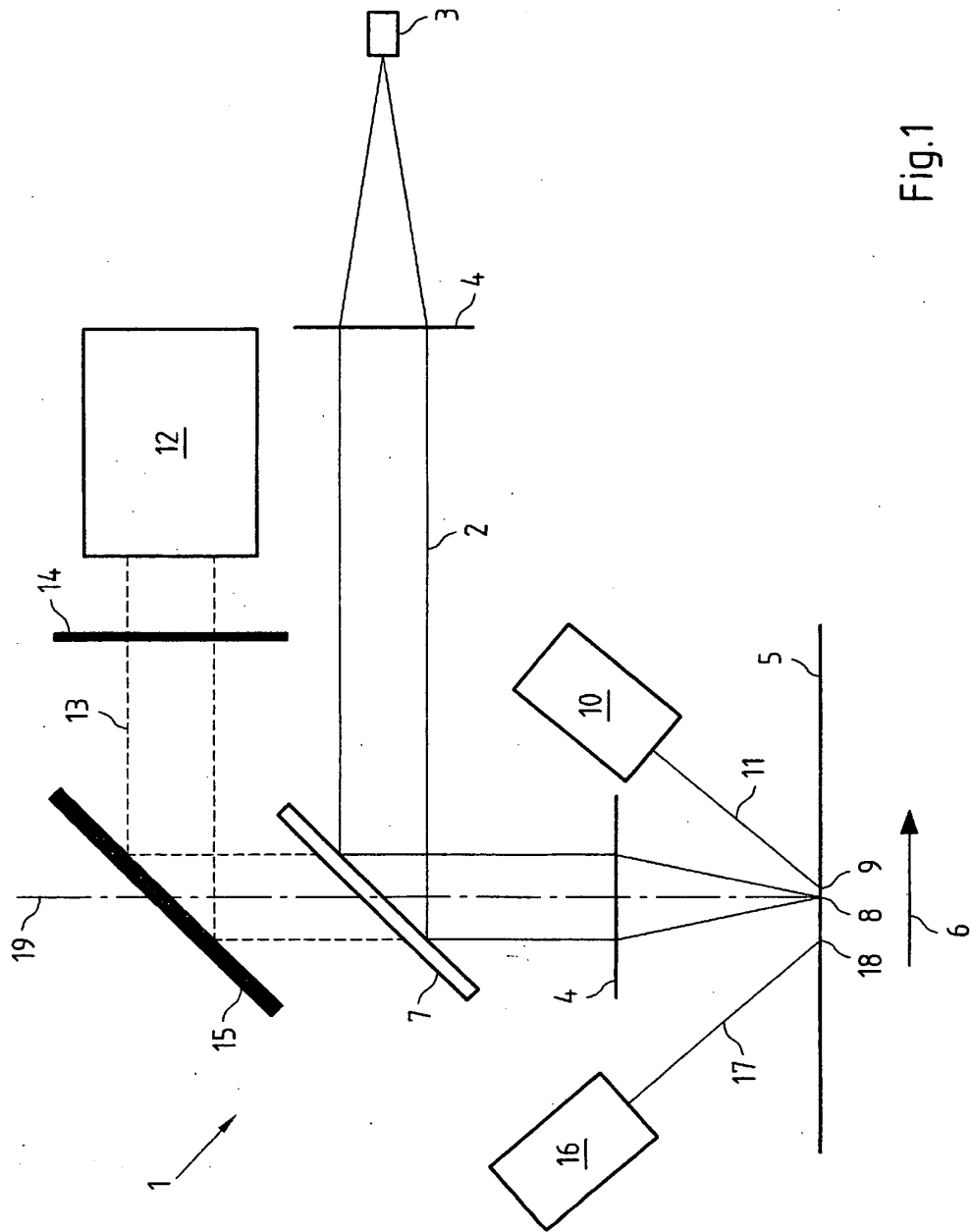


Fig.1

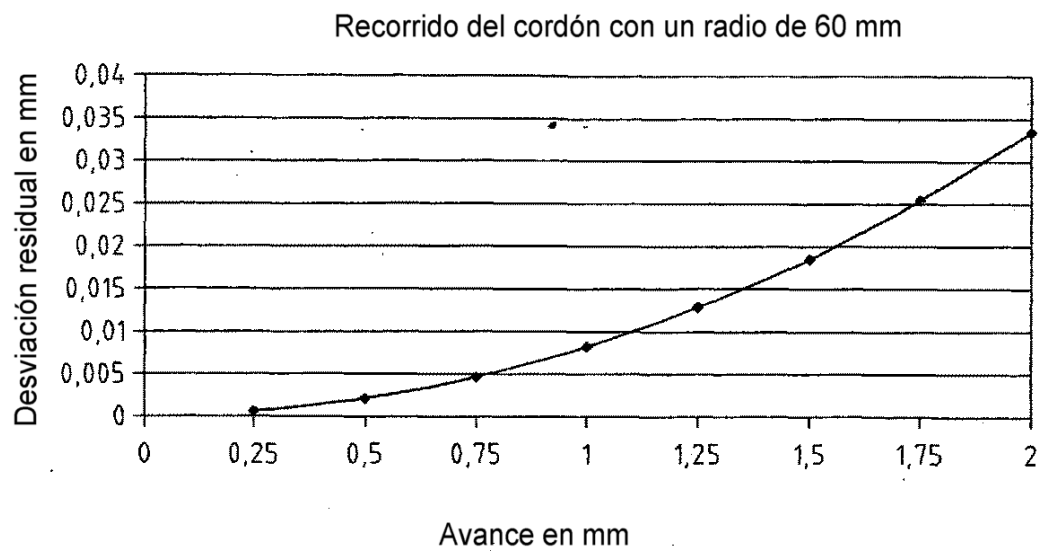


Fig.2