

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 712 180**

51 Int. Cl.:

B23K 26/04 (2014.01)

B23K 26/08 (2014.01)

B25J 9/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.07.2014 PCT/EP2014/001944**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.03.2015 WO15028110**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.07.2014 E 14741526 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2018 EP 3038786**

54 Título: **Procedimiento para determinar desviaciones de una situación actual de un cabezal de manipulación láser de su posición esperada, así como máquina de manipulación láser para realizar el procedimiento**

30 Prioridad:
28.08.2013 DE 102013217126

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.05.2019

73 Titular/es:
**TRUMPF LASER- UND SYSTEMTECHNIK GMBH
(100.0%)
Johann-Maus-Str. 2
71254 Ditzingen, DE**

72 Inventor/es:
**HAGENLOCHER, TOBIAS y
WADEHN, WOLF**

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 712 180 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

Procedimiento para determinar desviaciones de una situación actual de un cabezal de manipulación láser de su posición esperada, así como máquina de manipulación láser para realizar el procedimiento

5 La invención se refiere a un procedimiento para determinar si una situación actual de un cabezal de manipulación láser, de una máquina de manipulación láser, alojado móvil a lo largo de varios ejes de movimiento corresponde a una posición esperada del cabezal de manipulación láser o se desvía de ella, así como un producto de programa informático y una máquina de manipulación láser para realizar un procedimiento de este tipo.

10 Un procedimiento de este tipo es conocido, por ejemplo, por el documento US 5.400.638, el cual forma la base para la cláusula precharacterizante de las reivindicaciones 1 y 15. En esto, se describe un sistema de calibración en el que un robot por medio de una cámara y de un sensor de distancia, se aproxima y mide una pieza de referencia en diferentes puntos de medición, estando la pieza de referencia dispuesta en un cuerpo base del robot. De esta manera, es posible determinar variaciones dependientes de la temperatura de la longitud del brazo del robot y, a continuación, compensarlas. En el caso del robot, pero también en otras máquinas de manipulación conocidas como p. ej. máquinas de manipulación láser, la pieza de referencia representa, sin embargo, un contorno de interferencia en el respectivo espacio de manipulación que puede conducir a colisiones. Además, el ajuste de la pieza de referencia en la situación correcta con el propósito de la medición previamente descrita, es costoso temporal y técnicamente. Además, es problemático que una desviación sujeta a colisión, sin embargo, comparativamente pequeña, no siempre se pueda reconocer con el ojo humano. Desalineaciones de este tipo conducen, no obstante, en consecuencia a piezas de trabajo producidas defectuosas, es decir, a un deshecho costoso.

20 Por el documento WO 2012/130666 A1 es conocido utilizar láminas perforadas para la medición de un rayo láser desplazable, detrás de las cuales están dispuestos detectores. Además, por el documento DE 199 63 010 A1 es conocido determinar mediante luz reflejada una desviación actual-esperada de la posición de una estructura, que se encuentra en una pieza de trabajo, con respecto al cabezal de manipulación láser.

25 Por último, por el documento DE 10 2007 013623 A1 es conocido el ajuste de un rayo láser con respecto a un orificio de paso en un chorro láser utilizando radiación reflejada.

30 La presente invención tiene, por lo tanto, la misión subyacente de especificar un procedimiento mencionado al principio, así como un producto de programa informático y una máquina de manipulación láser para la realización de este procedimiento, que supere las desventajas del estado de la técnica. En particular, mediante el procedimiento de acuerdo con la invención y la máquina de manipulación láser de acuerdo con la invención, se debe prescindir de medios temporalmente costosos y caros y técnicamente costosos.

Esta misión se resuelve mediante un procedimiento del tipo mencionado al principio, que comprende los siguientes pasos de procedimiento:

35 a) elegir al menos dos posiciones de manipulación diferentes del cabezal de manipulación láser, en las que el rayo láser emitido por el cabezal de manipulación láser está dirigido sobre la misma posición esperada de una pieza de trabajo fijada en la máquina de manipulación láser;

b) mover el cabezal de manipulación láser a la primera posición de manipulación seleccionada e incorporar un orificio de paso en la posición esperada, o alrededor de la posición esperada de la pieza de trabajo, por medio del rayo láser en la pieza de trabajo; y

40 c) mover el cabezal de manipulación láser a otra segunda posición de manipulación seleccionada y detectar radiación, que se genera mediante una interacción entre el rayo láser y la pieza de trabajo, en donde la posición actual del cabezal de manipulación láser se desvía de su posición esperada por menos de una cantidad dependiente de la dimensión del orificio de paso y de las dos posiciones de manipulación del cabezal de manipulación láser, cuando no se detecta radiación, o se desvía por más de esta cantidad cuando se detecta radiación.

45 De acuerdo con la invención, se puede comparar de manera sencilla, muy rápida y efectiva, la posición actual del cabezal de manipulación láser con su posición esperada en cada una de las fases de la manipulación de la pieza de trabajo, o en cada una de las fases de la disposición de la máquina de manipulación láser. Por lo tanto, se puede comprobar si existe una desviación geométrica no deseada y, con ello, tomarse una determinación si la disposición de la máquina ha tenido lugar sin errores (hasta ahora), si se puede reanudar la manipulación de las piezas de trabajo o si se debería iniciar una contramedida. Mediante al procedimiento de acuerdo con la invención, se puede comprobar de manera sencilla, rápida y efectiva una calibración geométrica del cabezal de manipulación láser, en particular, realizada anteriormente y, por lo general costosa. En particular, esto permite una comprobación de si los valores numéricos de desplazamiento, asignados en un control CN de la máquina de manipulación láser, de la cadena cinemática para el posicionamiento del cabezal de manipulación láser en el espacio, corresponden a los valores mecánicos de desplazamiento reales. Se puede prescindir, en primer lugar, de manipular una primera pieza de trabajo y, a continuación, consultar su exactitud de producción para el control indirecto de la calibración. El procedimiento de acuerdo con la invención, permite la comprobación de la calibración del cabezal de manipulación

láser o bien de los componentes de la cadena cinemática acoplados móviles y que manipulan el cabezal de manipulación láser durante la manipulación de la pieza de trabajo.

5 En la primera posición de manipulación del cabezal de manipulación láser, se punza el orificio de paso como agujero puntual, bien en la posición esperada de la pieza de trabajo, o bien recortado de la pieza de trabajo alrededor de la posición esperada de la pieza de trabajo. A diferencia con el primer caso, en el que el diámetro del orificio de paso corresponde al diámetro del rayo láser, en el último caso las dimensiones del orificio de paso son mayores que el diámetro del rayo láser. Preferiblemente, el orificio de paso se incorpora en una sección de la pieza de trabajo, que se separa como desecho durante una manipulación de la pieza de trabajo.

10 En la segunda posición de manipulación del cabezal de manipulación láser, se detecta la radiación de proceso, que se genera mediante interacción entre el rayo láser y la pieza de trabajo. Cuando el rayo láser pasa a través del orificio de paso y, por lo tanto, no se genera una radiación de proceso, la posición actual del rayo láser en la pieza de trabajo se desvía de su posición esperada, como máximo por la dimensión del orificio de paso y, en consecuencia, la posición actual del cabezal de manipulación láser se desvía de su posición esperada como máximo por una cantidad dependiente de la dimensión del orificio de paso y de las dos posiciones de manipulación del cabezal de manipulación láser. En el caso del agujero puntual, la posición actual del cabezal de manipulación láser coincide exactamente con su posición esperada. Cuando el rayo láser, en cambio, no incide a través del orificio de paso, sino sobre el material de la pieza de trabajo y, por lo tanto, se genera radiación de proceso, la posición actual del rayo láser en la pieza de trabajo se desvía de la posición esperada al menos en la dimensión del orificio de paso y, en consecuencia, la posición actual del cabezal de manipulación láser se desvía de su posición esperada al menos en la cantidad dependiente de la dimensión del orificio de paso y de las dos posiciones de manipulación del cabezal de manipulación láser.

15

20

El proceso de acuerdo con la invención realiza de forma ventajosa a un ritmo predeterminado, es decir, por ejemplo, después de cada quinta, décima o vigésima pieza de trabajo de una serie de piezas de trabajo, de piezas de trabajo trabajadas una tras otra.

25 En la segunda posición de manipulación, se debe diferenciar al menos una posición axial de los ejes de movimiento que mueven el cabezal láser de la máquina de manipulación láser desde la respectiva posición axial a la primera posición de manipulación. De manera particularmente preferida, el cabezal de manipulación láser en el paso c) se mueve a lo largo de al menos un eje de movimiento no utilizado al incorporar el orificio de paso, es decir, se pivota al menos en torno a un eje de movimiento no utilizado y/o se desplaza a lo largo de al menos un eje de movimiento no utilizado. Por ejemplo, el orificio de paso se puede recortar de la pieza de trabajo mediante desplazamiento del cabezal de manipulación láser en dirección X e Y y, a continuación, se puede mover el cabezal de manipulación láser en el paso c) mediante un giro de 180° en la dirección de radiación (eje C) desde la primera a la segunda posición de manipulación. Alternativamente, el rayo láser en la segunda posición de manipulación puede, por ejemplo, incidir también desde la misma dirección y bajo el mismo ángulo que en la primera posición de manipulación sobre la posición esperada, cuando el cabezal de manipulación láser está desplazado a la segunda posición de manipulación con respecto a la primera posición de manipulación en dirección de radiación (eje Z) y/o está retorcido alrededor del eje del rayo láser.

30

35

Preferiblemente, en el paso b) el rayo láser emitido por el cabezal de manipulación láser para incorporar el orificio de paso incide, esencialmente, en ángulo recto sobre la superficie de la pieza de trabajo. De forma ventajosa, el rayo láser incide en ángulo recto sobre la superficie de la pieza de trabajo dispuesta horizontal, para que el material de trabajo recortado, por ejemplo, un tapón punzonado circular, pueda caer hacia abajo fuera del orificio de paso.

40

Preferiblemente, además para el caso en el que se determina una posición actual desviada, se realiza una calibración geométrica del cabezal de manipulación láser. Por lo tanto, se evita que, por ejemplo, mediante una calibración incorrecta precedida o colisión, se produzcan piezas de trabajo manipuladas imprecisas. La calibración tiene lugar, de manera preferida, automáticamente. Alternativamente, una alarma también puede indicar al personal de mantenimiento sobre la desviación de la posición actual de la esperada, o se puede parar una manipulación de pieza de trabajo ya comenzada.

45

En una variante de calibración preferida, para el caso en el que en el paso c) se detecte radiación, el cabezal de manipulación láser con rayo láser radiado continuo o pulsado se mueve desde la segunda posición de manipulación con respecto a la pieza de trabajo, hasta que en una tercera posición de manipulación del cabezal de manipulación láser ya no se detecte radiación, debido a que el rayo láser pasa a través del orificio de paso. A partir del desplazamiento entre la segunda y la tercera posición de manipulación, se puede determinar una desviación de la posición actual del cabezal de manipulación láser de su posición esperada al menos de forma aproximada. Adicionalmente, también es posible que el cabezal de manipulación láser con rayo láser radiado continuo o pulsado se mueva desde su tercera posición de manipulación con respecto a la pieza de trabajo y, en este caso, por medio de las transiciones entre radiación detectada y no detectada se detectan las posiciones actuales de puntos de borde del orificio de paso, que se determina por medio las posiciones actuales de los puntos de borde, la posición actual y/o el contorno actual del orificio de paso y que, a partir del desplazamiento entre posición actual y la esperada del orificio de paso y/o a partir de la desviación entre el contorno actual y el esperado del orificio de paso, se determina,

50

55

al menos de manera aproximada, una desviación de la posición actual del cabezal de manipulación láser de su posición esperada.

Otra variante de calibración preferida prevé que, para el caso en el que no se detecte radiación en el paso c), el cabezal de manipulación láser con rayo láser radiado continuo o pulsado se mueva con respecto a la pieza de trabajo y, en este caso, por medio de las transiciones de radiación detectada y no detectada, se detecten las posiciones actuales de puntos de borde del orificio de paso, que se determina por medio de las posiciones actuales de los puntos de borde la posición actual y/o el contorno actual del orificio de paso y que, a partir del desplazamiento entre la posición actual y la esperada del orificio de paso y/o a partir de la desviación entre el contorno actual y el esperado del orificio de paso, se determina, al menos de manera aproximada, una desviación de la posición actual del cabezal de manipulación láser de su posición esperada.

En ambas variantes de calibración es ventajoso para el hallazgo o para la rápida detección de borde del orificio de paso, cuando el rayo láser se mueve con respecto a la pieza de trabajo a lo largo de un patrón de movimiento predeterminado, en particular un patrón de movimiento en forma de meandro. Para el caso en el que el rayo láser se radia pulsado con plena potencia de corte, las posiciones esperadas de los pulso de láser radiados individuales del rayo láser radiado pulsado no se deberían solapar espacialmente en la pieza de trabajo, ya que, de lo contrario, es decir con pulsos de láser adyacentes solapados espacialmente en la pieza de trabajo, el borde de la pieza de trabajo se desgasta adicionalmente con cada pulso láser, sin que se genere suficiente luz para la detección de la interacción. En este caso, de manera ventajosa, preferiblemente, el rayo láser se mueve con respecto a la pieza de trabajo, de tal manera que las posiciones esperadas de los pulsos láser del contorno esperado no se aproximen en ángulo recto al orificio de paso, sino bajo un ángulo lo más plano posible. Mediante esta medida se puede asegurar que cada pulso láser incida sobre un material de la pieza de trabajo no trabajado previamente por el pulso láser anterior.

La misión se resuelve, además, mediante una máquina de manipulación láser para realizar el procedimiento de acuerdo con la invención, que comprende un cabezal de manipulación láser alojado móvil para la manipulación de piezas de trabajo por medio de un rayo láser, un dispositivo de control que está programado para mover el cabezal de manipulación láser a la primera posición de manipulación e incorporar el orificio de paso en la posición esperada, o alrededor de la posición esperada de la pieza de trabajo por medio del rayo láser en la pieza de trabajo y, a continuación, mover el cabezal de manipulación láser a la segunda posición de manipulación; un sensor para detectar una radiación generada mediante una interacción entre el rayo láser y la pieza de trabajo, y un dispositivo de evaluación que está programado para comprobar mediante la radiación detectada, si la posición actual del cabezal de manipulación láser corresponde a su posición esperada o se desvía de ella.

La invención se refiere, por último, también a un producto de programa informático, el cual presenta medios de código, que están adaptados para realizar todos los pasos del procedimiento de acuerdo con la invención, cuando el programa se ejecuta en un dispositivo de control de una máquina de manipulación láser.

Otras ventajas y configuraciones ventajosas del objeto de la invención resultan a partir de la descripción, de las reivindicaciones y el dibujo. A su vez, las características anteriormente mencionadas y las que se exponen todavía, pueden encontrar aplicación cada una para sí o para varias en combinaciones cualesquiera. Las formas de realización mostradas y descritas no deben entenderse como enumeración final, sino que tienen más bien carácter a modo de ejemplo para la descripción de la invención. Las figuras del dibujo muestran el objeto de acuerdo con la invención muy esquematizado y deben entenderse a escala. Muestran:

La Fig. 1, un cabezal de manipulación láser de una máquina de manipulación láser de acuerdo con la invención en una primera posición de manipulación;

la Fig. 2a, el cabezal de manipulación láser de la Fig. 1 en una segunda posición de manipulación, que corresponde a una posición esperada;

la Fig. 2b, el cabezal de manipulación láser de la Fig. 1 en una segunda posición de manipulación, que se desvía de la posición esperada de acuerdo con la Fig. 2a.

la Fig. 3, una vista en planta sobre la pieza de trabajo manipulada por medio del cabezal de manipulación láser, moviéndose el rayo láser por encima de la pieza de trabajo para hallar un orificio de paso; y

la Fig. 4, una vista en planta de la pieza de trabajo manipulada por medio del cabezal de manipulación láser, moviéndose el rayo láser por encima de la pieza de trabajo para la detección de borde del orificio de paso.

La Fig.1 muestra una máquina 1 de manipulación láser con un cabezal 2 de manipulación láser alojado móvil para la manipulación de una pieza 3 de trabajo (p. ej. chapa) por medio de un rayo 4 láser. La máquina 1 de manipulación láser presenta un sensor 5 para la detección de radiación generada mediante una interacción entre el rayo 4 láser y la pieza 3 de trabajo, así como un dispositivo 6a de control y un dispositivo 6b de evaluación. El cabezal 2 de manipulación láser es giratorio desplazable translativo con respecto a un cuerpo base de máquina, por lo general fijo, no representado de la máquina 1 de manipulación láser en torno a varios ejes X, Y, Z y/o alojado giratorio en

torno a los ejes B, C. La pieza 3 de trabajo está, por lo general, fijada al cuerpo base de máquina, es decir, empotrada.

5 Durante la manipulación de la pieza 3 de trabajo por medio del cabezal 2 de manipulación láser se pueden, a causa de posiciones incorrectas del cabezal 2 de manipulación láser, es decir, en casos en los que la posición actual del cabezal 2 de manipulación láser se desvía de su posición esperada, se manipulan piezas 3 de trabajo defectuosas. Las causas para estas posiciones incorrectas o desviaciones pueden ser, por ejemplo, calibraciones geométricas anteriores incorrectas del cabezal 2 de manipulación láser con respecto al cuerpo base de máquina, o colisiones no deseadas anteriores del cabezal 2 de manipulación láser con la pieza 3 de trabajo u otras partes del cuerpo base de máquina. Para evitar desviaciones, a continuación, se describe, con referencia a la Fig. 1 así como a las Fig. 2a y 10 2b, un procedimiento para la determinación de desviaciones de la posición actual del cabezal 2 de manipulación láser de la posición esperada del cabezal 2 de manipulación láser. Mediante este procedimiento se comprueba, como se muestra a modo de ejemplo en la Fig. 2a, si la posición actual corresponde a la posición esperada o, como se representa en la Fig. 2b a modo de ejemplo mediante un desplazamiento V, si la posición actual se desvía de la posición esperada.

15 En un primer paso de procedimiento, se seleccionan por el dispositivo 6a de control dos posiciones 8, 10 de manipulación diferentes del cabezal 2 de manipulación láser con las coordenadas $(x_1, y_1, z_1, b_1, c_1)$ y $(x_2, y_2, z_2, b_2, c_2)$, en las cuales el rayo 4 láser emitido por el cabezal 2 de manipulación láser está dirigido a la misma posición esperada en la pieza 3 de trabajo. Las dos posiciones 8, 10 de manipulación se diferencian en al menos una de sus coordenadas.

20 En un segundo paso de procedimiento el cabezal 2 de manipulación láser se mueve a la primera posición 8 de manipulación seleccionada y se incorpora un orificio 7 de paso en la posición esperada o alrededor de la posición esperada de la pieza 3 de trabajo por medio del rayo 4 láser en la pieza 3 de trabajo. El orificio 7 de paso se punza bien en la posición esperada de la pieza de trabajo como agujero puntual en la pieza de trabajo, o se recorta de la pieza de trabajo alrededor de la posición esperada de la pieza 3 de trabajo. A diferencia con el primer caso, en el 25 que el diámetro D del orificio 7 de paso corresponde al diámetro del rayo láser, en el último caso, las dimensiones D del orificio 7 de paso son mayores que el diámetro del rayo láser. En las figuras, el orificio 7 de paso se representa exageradamente grande a efectos de ilustración. Preferiblemente, el rayo 4 láser incide, en este caso, perpendicular sobre el lado 9 superior de la pieza de trabajo dispuesto horizontal de la pieza 3 de trabajo.

30 En un tercer paso de procedimiento, el cabezal 2 de manipulación láser con rayo 4 láser desconectado, se mueve a la otra, segunda posición 10 de manipulación seleccionada, que está representada en las Fig. 2a o 2b. En comparación con la Fig.1, el cabezal 2 de manipulación láser de las Fig. 2a y 2b se movió, mediante en un giro de 180° en torno al eje C o bien Z y un traslado en la dirección X desde la primera posición 8 de manipulación a la segunda posición 10 de manipulación. El cabezal 2 de manipulación láser, también se puede mover 35 alternativamente en torno a otros o bien todos los ejes X, Y, Z, B, C disponibles, a la segunda posición 10 de manipulación. El rayo 4 láser se conecta y la radiación, que se genera mediante la interacción entre el rayo 4 láser y la pieza 3 de trabajo, se detecta por el sensor 5. Cuando el rayo 4 láser pasa a través del orificio 7 de paso y, por lo tanto, no se genera radiación de proceso, la posición actual del rayo 4 láser en la pieza 3 de trabajo se desvía de su posición esperada como mucho en la dimensión D del orificio 7 de paso y, en consecuencia, la posición actual del cabezal de manipulación láser se desvía de su posición esperada como mucho en una cantidad dependiente de la 40 dimensión D y de las dos posiciones 8, 10 de manipulación del cabezal 2 de manipulación láser. En el caso del agujero puntual, la posición actual del cabezal 2 de manipulación láser coincide exactamente con su posición esperada. Cuando el rayo 4 láser, por el contrario, no incide a través del orificio 7 de paso sino sobre el material del pieza de trabajo y, por lo tanto, se genera radiación de proceso, que se detecta por el sensor 5, la posición actual del rayo 4 láser en la pieza 3 de trabajo se desvía de su posición esperada al menos en la dimensión D del orificio 7 de paso y, en consecuencia, la posición actual del cabezal 2 de manipulación láser se desvía de su posición esperada 45 al menos en la cantidad dependiente de la dimensión D y de las dos posiciones de manipulación del cabezal 2 de manipulación láser.

50 La radiación detectada mediante el sensor 5 puede ser, por ejemplo, luz de proceso y/o radiación térmica generada durante la interacción. Durante la interacción entre el rayo 4 láser con la pieza 3 de trabajo, se genera una iluminación de proceso con longitudes de onda, que habitualmente se encuentran en la gama de UV o de VIS. Esta iluminación de proceso y/o radiación térmica (en la gama de NIR o bien de IR), la cual se genera al calentar la pieza 3 de trabajo mediante el rayo 4 láser, se puede detectar por medio del sensor 5. La radiación detectada por el sensor 5 también puede ser radiación láserica reflejada de vuelta desde la pieza 3 de trabajo. En este caso, la pieza 3 de trabajo está compuesta de un material, el cual refleja al menos parcialmente la radiación láserica, lo cual es el 55 caso habitualmente en piezas de trabajo metálicas, en particular chapas. Para no provocar variaciones demasiado grandes de la superficie 9 de la pieza de trabajo mediante la radiación del rayo 4 láser, cuando existe una desviación V entre la posición actual y la posición esperada, y el rayo láser 4 interactúa con el material de la pieza de trabajo, por consiguiente, al radiar sobre la posición esperada del orificio 7 de paso, se puede reducir la intensidad del rayo 4 láser al radiar desde la segunda posición 10 de manipulación, en comparación con la intensidad del rayo 4 láser al 60 incorporar el orificio de paso 7. Junto al rayo 4 láser utilizado para la manipulación (para cortar), se puede utilizar, alternativamente, también otro láser, en particular, un láser con otra longitud de onda, para radiar en la posición esperada del orificio 7 de paso. El dispositivo 6b de evaluación de la máquina 1 de manipulación láser está

programado para comprobar mediante la radiación detectada, si la posición actual del cabezal 2 de manipulación láser corresponde a su posición esperada o si se desvía de ella.

Los pasos del procedimiento descritos anteriormente se pueden realizar repetidamente en varias posiciones 12, 13 distanciadas entre sí, de una pieza 3 de trabajo a ser trabajada (comp. Fig. 1). Por lo tanto, se pueden registrar desviaciones dependientes de posición de la posición actual de la posición esperada del cabezal 2 de manipulación láser. En este tipo de desviaciones dependientes de posición, los miembros que manipulan el cabezal 2 de manipulación láser están desplazados entre sí de tal manera, o bien la cadena cinemática está desafinada de tal manera, que las desviaciones, en diferentes posiciones 12, 13 del espacio de manipulación de la máquina 1 de manipulación láser, tienen tamaños diferentes. En consecuencia, tales desviaciones dependientes de posición se hacen más notables, por ejemplo, en una primera posición 12 de la pieza 3 de trabajo que en otra segunda posición 13 de la pieza 3 de trabajo. Los pasos del procedimiento descritos anteriormente se realizan, por lo general, temporalmente uno tras otro, es decir, por ejemplo, en primer lugar, en la primera posición 12 de la pieza 3 de trabajo y, a continuación, en las otras posiciones de la pieza 3 de trabajo.

En la Fig. 3, la pieza 3 de trabajo con orificio 7 de paso incorporado dentro, está representada en una vista en planta. Para el caso, en el que después de una realización del procedimiento descrito anteriormente se determina una posición actual que se desvía de su posición esperada del cabezal 2 de manipulación láser, en otro paso de procedimiento se puede realizar una calibración del cabezal 2 de manipulación láser. Para ello, el cabezal 2 de manipulación láser (en Fig. 3 indicado únicamente mediante el punto láser del rayo 4 láser) se mueve desde de la segunda posición 10 de manipulación, en la que el cabezal 2 de manipulación láser se desvía de la posición esperada, con rayo 4 láser radiando, se mueve a lo largo de un patrón 14 de movimiento, p.ej. en forma de meandro, con respecto a la pieza 3 de trabajo, hasta que en una tercera posición 15 de trabajo del cabezal 2 de manipulación láser con las coordenadas $(x_3, y_3, z_3, b_3, c_3)$ no se detecte radiación generada mediante una interacción entre el rayo 4 láser y la pieza 3 de trabajo. A partir del desplazamiento V entre la segunda y la tercera posición 10, 15 de manipulación se determina, entonces, una desviación de la posición actual del cabezal 2 de manipulación láser de su posición esperada, que puede utilizarse para la calibración de las coordenadas del cabezal 2 de manipulación láser.

Mediante el patrón 14 de movimiento en forma de meandro se puede inspeccionar de manera fiable la superficie 9 de la pieza de trabajo, hasta que se encuentre el orificio 7 de paso. Durante el movimiento del cabezal 2 de manipulación láser desde la segunda a la tercera posición 10, 15 de manipulación, el láser del cabezal 2 de manipulación láser se acciona, preferiblemente, con intensidad pulsada o reducida en comparación con la manipulación de corte normal, o se utiliza otro láser con intensidad correspondientemente reducida.

Para el caso del orificio 7 de paso recortado, se puede determinar la desviación del cabezal 2 de manipulación láser también por medio de un reconocimiento de borde del orificio 7 de paso, como se describe a continuación con referencia a la Fig. 4. El cabezal 2 de manipulación láser se mueve con respecto a la pieza 3 de trabajo con rayo 4 láser radiado pulsado o continuo y, en este caso, por medio de las transiciones de radiación detectada y no detectada, se detectan las posiciones actuales de los puntos 16 de borde del orificio 7 de paso. En el dispositivo 6b evaluación se determina, entonces, por medio de las posiciones actuales de los puntos 16 de borde, la posición 17 actual del orificio 7 de paso y, a partir del desplazamiento V entre la posición actual y la posición 11 esperada representada en trazos del orificio 7 de paso, se determina una desviación de la posición actual del cabezal 2 de manipulación láser de su posición esperada. Alternativa o adicionalmente, también se puede determinar el contorno actual del orificio 7 de paso y, a partir del desplazamiento V entre el contorno actual y el esperado del orificio 7 de paso, se determina una desviación de la posición actual del cabezal 2 de manipulación láser de su posición esperada. La desviación determinada se puede utilizar para la calibración de las coordenadas del cabezal 2 de manipulación láser.

Para el caso, en el que durante el reconocimiento de borde, el rayo 4 láser se radie pulsado con plena potencia de corte, las posiciones esperadas de pulsos láser adyacentes del rayo 4 láser no se deberían solapar espacialmente en la pieza 3 de trabajo, ya que de lo contrario el borde de la pieza de trabajo se desgasta más con cada pulso láser, sin que se genere suficiente luz para la detección de la interacción. También, durante el reconocimiento de borde, el rayo 4 láser debería moverse con respecto a la pieza 3 de trabajo, de tal manera que las posiciones esperadas de los pulsos láser del rayo 4 láser del contorno esperado del orificio 7 de paso, no se aproximen en ángulo recto, sino bajo un ángulo plano, para que los pulsos láser no incidan sobre un material de la pieza de trabajo anteriormente manipulado por el pulso láser anterior.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar si una posición actual de un cabezal (2) de manipulación láser alojado móvil a lo largo de varios ejes de movimiento (X, Y, Z, B, C), de una máquina (1) de manipulación láser, corresponde a una posición esperada del cabezal (2) de manipulación láser o se desvía de ello,
- 5 caracterizado por los siguientes pasos de procedimiento:
- a) seleccionar al menos dos posiciones ($x_1, y_1, z_1, b_1, c_1; x_2, y_2, z_2, b_2, c_2$) de manipulación diferentes del cabezal (2) de manipulación láser, en las cuales el rayo (4) láser emitido desde el cabezal (2) de manipulación láser está dirigido a la misma posición esperada de una pieza (3) de trabajo fijada en la máquina (1) de manipulación láser;
- 10 b) mover el cabezal (2) de manipulación láser a la primera posición (x_1, y_1, z_1, b_1, c_1) de manipulación seleccionada e incorporar un orificio (7) de paso en la posición esperada o alrededor de la posición esperada de la pieza (3) de trabajo por medio del rayo (4) láser en la pieza (3) de trabajo; y
- c) mover el cabezal (2) de manipulación láser a la otra segunda posición (x_2, y_2, z_2, b_2, c_2) de manipulación seleccionada y detectar radiación, que se genera mediante una interacción entre el rayo (4) láser y la pieza (3) de trabajo, en donde la posición actual del cabezal (2) de manipulación láser se desvía de su posición esperada por
- 15 menos de una cantidad dependiente de la dimensión del orificio (7) de paso y de las dos posiciones de manipulación del cabezal (2) de manipulación láser cuando no se detecta radiación, o se desvía en más de esa cantidad cuando se detecta radiación.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el cabezal (2) de manipulación en el paso c) se mueve a lo largo de al menos un eje de movimiento no utilizado durante la incorporación del orificio (7) de paso.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el diámetro (D) del orificio (7) de paso corresponde al diámetro del rayo láser.
4. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que las dimensiones del orificio (7) de paso son mayores que el diámetro del rayo láser.
- 25 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que para el caso, en el que en el paso c) se detecte radiación, el cabezal (2) de manipulación láser con rayo (4) láser radiado pulsado o continuo, se mueve desde la segunda posición (x_2, y_2, z_2, b_2, c_2) de manipulación con respecto a la pieza (3) de trabajo, hasta que en una tercera posición (x_3, y_3, z_3, b_3, c_3) de manipulación del cabezal (2) de manipulación láser ya no se detecte radiación.
- 30 6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que el desplazamiento (V) entre la segunda y la tercera posición de manipulación se determina una desviación de la posición actual del cabezal (2) de manipulación láser de su posición esperada.
7. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que el cabezal (2) de manipulación láser con rayo (4) láser radiado continuo o pulsado, se mueve desde su tercera posición de manipulación con respecto a la pieza (3) de trabajo y, en este caso, se detectan, por medio de las transiciones entre radiación detectada y no detectada, las
- 35 posiciones actuales de los puntos (16) de borde del orificio (7) de paso, que se determinan por medio de las posiciones actuales de los puntos (16) de borde y/o del contorno actual de orificio (7) de paso y que, a partir del desplazamiento (V) entre la posición actual y la esperada del orificio (7) de paso y/o a partir de la desviación entre el contorno actual y el esperado del orificio (7) de paso, se determina una desviación de la posición actual del cabezal (2) de manipulación láser de su posición esperada.
- 40 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que para el caso, en el que en el paso c) no se detecte radiación, el cabezal (2) de manipulación láser con rayo (4) láser radiado continuo o pulsado se mueve con respecto a la pieza (3) de trabajo y, en este caso, por medio de las transiciones de radiación detectada y no detectada, se detectan las posiciones actuales de los puntos (16) de borde del orificio (7) de paso, que se determinan por medio de las posiciones actuales de los puntos (16) de borde y/o por medio del contorno actual del
- 45 orificio (7) de paso y que, a partir del desplazamiento (V) entre la posición actual y la esperada del orificio (7) de paso y/o a partir de la desviación entre el contorno actual y el esperado del orificio (7) de paso, se determina una desviación de la posición actual del cabezal (2) de manipulación láser de su posición esperada.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizado por que para el caso, en el que el rayo (4) láser se radia pulsado, las posiciones esperadas de los pulsos radiados individuales del rayo (4) láser radiado pulsado no se solapan espacialmente en la pieza (3) de trabajo.
- 50 10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por que el rayo (4) láser se mueve con respecto a la pieza (3) de trabajo, de tal manera que las posiciones esperadas de los pulsos del rayo láser radiado pulsado no se aproximen perpendiculares al contorno del orificio (7) de paso, sino que se aproximen bajo un ángulo plano.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 o 10, caracterizado por que el rayo (4) láser se mueve con respecto a la pieza (3) de trabajo a lo largo un patrón (14) de movimiento predeterminado, en particular, un patrón de movimiento en forma de meandro.
- 5 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en el paso c) el cabezal (2) de manipulación láser se mueve desde la primera a la segunda posición de manipulación mediante un giro de 180° en torno a un eje (C) de movimiento.
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en el paso b) el rayo (4) láser emitido por el cabezal (2) de manipulación láser para la incorporación del orificio (7) de paso, incide sobre la superficie (9) de la pieza de trabajo, esencialmente, en ángulo recto.
- 10 14. Máquina (1) de manipulación láser para realizar el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, con un cabezal (2) de manipulación láser alojado móvil para la manipulación de piezas (3) de trabajo por medio de un rayo (4) láser, caracterizada por un dispositivo (6a) de control, que está programado para mover el cabezal (2) de manipulación láser a la primera posición (x_1, y_1, z_1, b_1, c_1) de manipulación e incorporar el orificio (7) de paso en la pieza (3) de trabajo por medio del rayo (4) láser, en la posición esperada o alrededor de la posición esperada de la pieza (3) de trabajo y, a continuación, mover el cabezal (2) de manipulación láser a la segunda posición (x_2, y_2, z_2, b_2, c_2) de manipulación; un sensor (5) para la detección de radiación generada mediante una interacción entre el rayo (4) láser y la pieza (3) de trabajo, y un dispositivo (6b) de evaluación, que está programado para comprobar mediante la radiación detectada, si la posición actual del cabezal (2) de manipulación láser corresponde a su posición esperada o si se desvía de ella.
- 15
- 20 15. Producto de programa informático, el cual comprende medios de código que están adaptados para realizar todos los pasos del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, cuando el programa se ejecuta en un dispositivo (6a) de control de una máquina (1) de manipulación láser según la reivindicación 14.

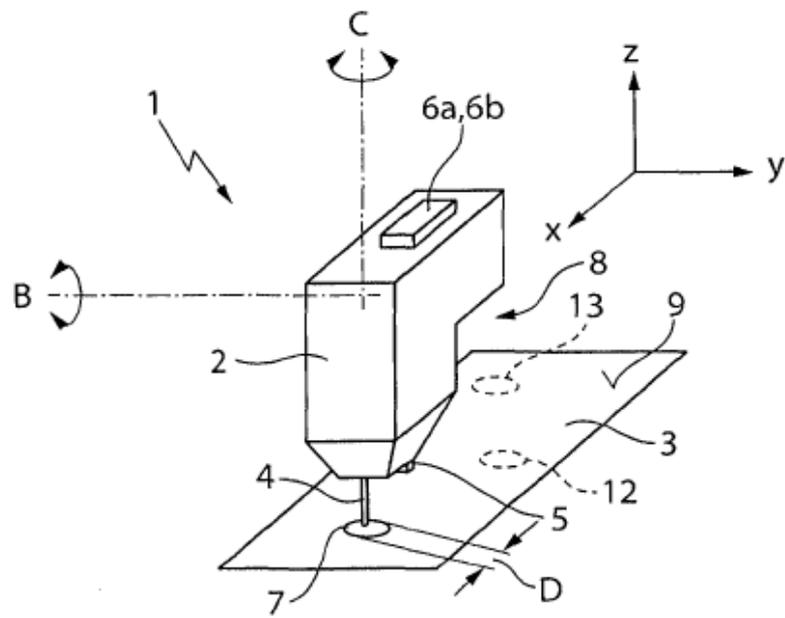


Fig. 1

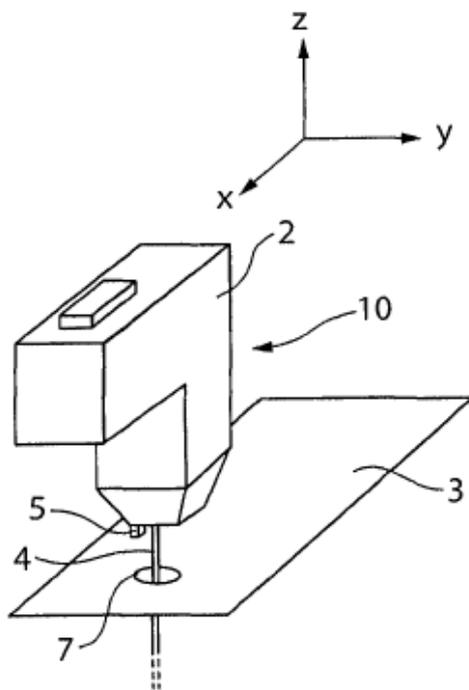


Fig. 2a

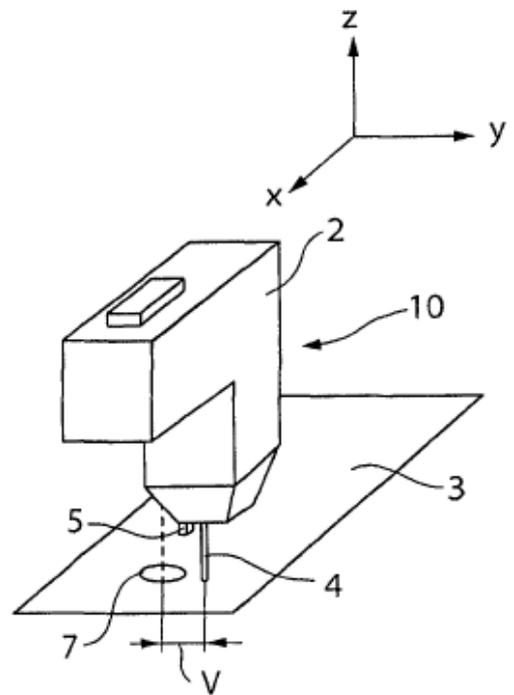


Fig. 2b

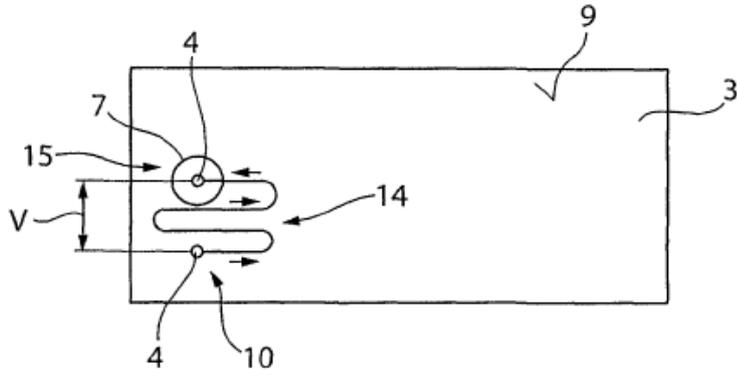


Fig. 3

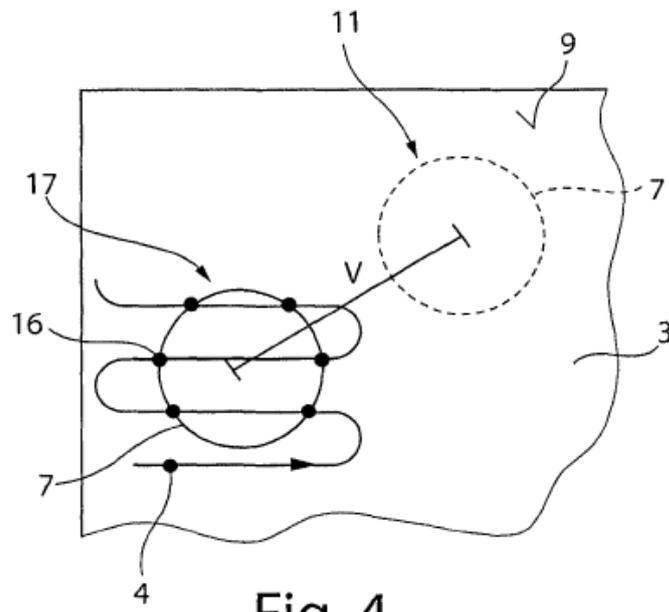


Fig. 4