

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 677 904**

51 Int. Cl.:

B23K 26/06 (2014.01)

H01S 3/067 (2006.01)

H01S 3/13 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.01.2013 PCT/EP2013/050905**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.07.2013 WO13107846**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.01.2013 E 13704014 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018 EP 2804716**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el mecanizado de materiales con un rayo láser pulsado generado por un láser de fibra**

30 Prioridad:

20.01.2012 DE 102012200849

18.05.2012 DE 102012208330

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

07.08.2018

73 Titular/es:

**ROFIN-BAASEL LASERTECH GMBH & CO. KG
(100.0%)
Petersbrunner Strasse 1b
82319 Starnberg, DE**

72 Inventor/es:

**RÖHNER, MARKUS;
BÖCK, ERICH;
ERBEN, BENJAMIN;
SCHMUCKER, ERICH y
STÄBLEIN, JÜRGEN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 677 904 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 y dispositivo para el mecanizado de materiales con un rayo láser pulsado generado por un láser de fibra

5 La invención se refiere a un procedimiento para el mecanizado de materiales con un rayo láser pulsado generado por un láser de fibra. La invención se refiere además a un dispositivo adecuado para la realización del procedimiento.

10 En el mecanizado de materiales con un rayo láser se usan cada vez más láseres de fibra, gracias a su construcción compacta, su alto rendimiento y la gran calidad de rayo del rayo láser generado por ellos. En particular en aplicaciones en las que el material se funde con un rayo láser pulsado han surgido, no obstante, una serie de problemas relacionados con la técnica de fabricación. En la fusión o el inicio de fusión de polvos inorgánicos, por ejemplo, metálicos, o cerámicos, o polvos orgánicos se han mostrado en muchos casos defectos en forma de una realización de rechupes o puntos con una menor densidad. También en aplicaciones de soldadura se observaron cordones de soldadura irregulares o soldaduras de una calidad deficiente en soldaduras por puntos.

15 Los efectos negativos observados se deben sustancialmente a un impulso o pico de relajación primario que se produce en el arranque de la emisión láser, en particular en el caso de láseres de fibra cw o de láseres de fibra gain-switch de modulación rápida, cuya potencia puede ser un múltiplo de la potencia cw nominal. En el diagrama de la Figura 1, la curva a muestra el desarrollo típico en el tiempo de la potencia de salida P del rayo láser generado por un láser de fibra, cuando su láser de diodo usado como fuente de luz bombeada se manda con un impulso de corriente I representado en la curva b. En este diagrama puede verse que el arranque de la emisión de láser queda retardado un tiempo t_d respecto al arranque del impulso de corriente I. La potencia de salida P aumenta en este caso rápidamente hasta un valor máximo P_{pico} , para pasar a continuación de este aumento breve por oscilación transitoria a la potencia cw P_{cw} , que en el ejemplo solo es del 20 % de la potencia máxima P_{pico} en el impulso de relajación. El tiempo de retardo t_d , el valor máximo P_{pico} y la duración t_w del impulso de relajación dependen aquí entre otras cosas de la frecuencia de impulsos, de la duración del impulso y de la potencia cw P_{cw} pretendida.

20 En el documento EP 2 136 439 A2 se propone por lo tanto suprimir el impulso de relajación mediante control del impulso de corriente alimentado al láser de diodo usado como fuente de luz bombeada, controlándose el mismo en un primer intervalo de tiempo a un valor inicial bajo, en el que la potencia de salida del láser alcanza en todo caso un valor que es tan bajo que se impide la aparición de un impulso de relajación. En un segundo intervalo de tiempo, el impulso de corriente se controla a continuación a un valor final. En función del valor final pretendido de la potencia de salida de láser puede evitarse mediante una elección adecuada de la potencia de salida de láser en el primer intervalo de tiempo y su duración la aparición de un impulso de relajación.

25 La invención tiene el objetivo de indicar un procedimiento para el mecanizado de materiales con un rayo láser pulsado generado por un láser de fibra, con el que se eviten en gran medida los efectos poco favorables anteriormente indicados. Además, la invención tiene el objetivo de indicar un dispositivo para la realización del procedimiento.

30 Respecto al procedimiento, el objetivo indicado de acuerdo con la invención se consigue con un procedimiento con las características de la reivindicación, de acuerdo con las que un elemento de conmutación óptico dispuesto en la trayectoria de rayo del rayo láser se cierra como pronto cuando la potencia de salida del rayo láser quede por debajo de un valor predeterminado.

35 Mediante una elección adecuada del valor predeterminado, el mecanizado de materiales comienza como pronto cuando en caso de una aparición de un pico de relajación la potencia del mismo haya bajado a un valor con el que ya no se producen los inconvenientes anteriormente indicados. Por consiguiente, quedan claramente mejorados los resultados del mecanizado en el mecanizado de materiales en el que la fusión o el inicio de fusión del material son partes sustanciales del proceso de mecanizado.

40 Por cierre de un elemento de conmutación óptico se entenderá en lo sucesivo un proceso en el que el elemento de conmutación se hace pasar a un estado en el que se transmite el rayo láser.

45 Cuando el valor predeterminado asciende a dos veces la potencia de salida cw que resulta en la duración de impulso al alcanzarse el régimen cw, los inconvenientes anteriormente indicados pueden evitarse de forma fiable.

50 Puesto que los resultados de mecanizado son tanto mejores cuanto menor es la diferencia entre la potencia máxima que se produce al inicio del impulso y la potencia cw que se ajusta posteriormente, en configuraciones preferibles de la invención está previsto que la potencia de salida del rayo láser al cerrarse el elemento de conmutación óptico rebasa la potencia de salida cw como máximo un 50 %, preferentemente como máximo un 10 %.

55 Cuando se detecta una magnitud de medición correlacionada con la potencia del rayo láser y se usa para el control del elemento de conmutación, es posible prescindir de mediciones de calibrado complejas, que caracterizan el

comportamiento de conexión del láser de fibra y el comportamiento de conmutación del elemento de conmutación óptico y mediciones de control que han de realizarse dado el caso en intervalos regulares para definir el momento de conmutación.

5 Respecto al dispositivo, el objetivo de acuerdo con la invención se consigue con las características de la reivindicación 6, que corresponden de forma análoga a las características indicadas en la reivindicación 1.

Para más explicaciones de la invención, se remite a los ejemplos de realización representados en las Figuras. Muestran:

10 La Figura 1 un diagrama en el que el impulso de corriente I se indica en unidades arbitrarias (U.A.) para el mando de un láser de diodo usado para el bombeo óptico, así como la potencia de salida P de un láser de fibra ópticamente bombeado de este modo según el estado de la técnica respecto al tiempo t.

15 La Figura 2 una instalación de láser adecuada para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención en una representación esquemática.

La Figura 3 un diagrama en el que también se indica la potencia de salida P del láser de fibra y el impulso de corriente I respecto al tiempo t y en el que se bloquea el pico de relajación primario con ayuda del elemento de conmutación óptico.

20 La Figura 4 una configuración ventajosa de una instalación de láser adecuada para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención con un detector de radiación dispuesto en la trayectoria de rayo del rayo láser para detectar una magnitud de medición correlacionada con la potencia de salida.

25 Según la Figura 2, una instalación de láser comprende un láser de fibra 2, cuya fibra láser 4 es bombeada ópticamente por un láser de diodo 6. La luz bombeada (impulso de láser bombeado) emitida por el láser de diodo 6, por regla general, una disposición de varios emisores individuales, se acopla a fibras de bombeo dispuestas a lo largo de la fibra láser 4 o a un aislamiento de la fibra láser 4 y llega desde allí al núcleo de fibra activable por láser. El rayo láser L generado por la fibra láser 4 se enfoca con un dispositivo de representación y guiado de rayo 8 mostrado de forma simbólica sobre un material 10 a mecanizar. Una fuente de corriente 12 controlable alimenta un impulso de corriente I al láser de diodo 6. La fuente de corriente 12 se controla con señales de control S1 desde una unidad de control 14 central, pudiendo controlarse de forma variable además de la intensidad y la duración del impulso de corriente I también su forma de impulso. Esta unidad de control 14 controla mediante otras señales de control S2, S3 el movimiento relativo entre el material 10 y el rayo láser L, así como otros parámetros del proceso para el proceso de mecanizado.

35 A continuación de la fibra láser 4 está montado de forma externa un elemento de conmutación óptico 16 controlado por la unidad de control, por ejemplo, un interruptor óptico, un absorbedor conmutable o un reflector conmutable, que tras un tiempo de retardo T_d no se cierra y no transmite el rayo láser L en dirección al material 10 hasta que haya decrecido el impulso de relajación primario y la potencia de salida del rayo láser haya quedado por debajo de un valor predeterminado. Este valor depende del tipo de mecanizado de materiales, del material y de la potencia pretendida para el mecanizado y debe determinarse mediante experimentos según el caso de aplicación. Por consiguiente, el láser de diodo 6 puede mandarse con un impulso de corriente I rectangular, en el que es inevitable la aparición de un impulso de relajación, puesto que este se bloquea ópticamente al menos en parte, es decir, no se conduce al material.

40 Esto está representado en el diagrama de la Figura 3, en el que el tiempo de retardo T_d es tan largo que la fibra láser ya ha pasado a un régimen cw con una potencia de salida P al menos aproximadamente constante, no mostrando por consiguiente el impulso de láser representado en la curva a, usado para el mecanizado de materiales, ningún aumento. La duración del impulso T_c del impulso de corriente I rectangular representado en la curva b es más larga lo que corresponde al tiempo de retardo T_d , para conseguir una duración de impulso T_p del impulso de láser pretendida o necesaria para el proceso de mecanizado.

55 Los parámetros de mando del láser de fibra, que se muestra en la solicitud a título de ejemplo con el impulso de corriente usado para el mando del láser de diodo, o el comportamiento de conmutación del elemento de conmutación óptico 16 dependen aquí del comportamiento de conexión del láser de fibra respectivamente usado y deben determinarse previamente al menos para cada tipo de láser de fibra mediante medición y deben depositarse en la unidad de control 14.

60 Es posible prescindir de un calibrado previo de este tipo o de una medición de control periódica y nueva fijación de los parámetros de mando de la fuente de corriente o del momento de conmutación del elemento de conmutación óptico, si en la forma de realización de la instalación de láser según la Figura 4 se detecta una magnitud de medición correlacionada con la potencia de salida del láser de fibra. Para ello se desacopla por ejemplo una pequeña parte del rayo láser mediante reflexión y se detecta la potencia del rayo láser desacoplado en un detector de radiación 18. La señal de medición M generada por el detector de radiación 18 se transmite a la unidad de control 14 central. De

5 la señal de medición M se deriva una señal de control S1 para el control del elemento de conmutación óptico 16, cerrándose el elemento de conmutación óptico 16 cuando se detecta por ejemplo en la unidad de control 14 un decrecimiento de la potencia del impulso de relajación a un valor predeterminado, por ejemplo, un porcentaje de su máximo. Pueden conseguirse resultados de mecanizado especialmente bien reproducibles, si el valor predeterminado corresponde al menos a dos veces, preferentemente al menos a 1,5 veces, en particular al menos a 1,1 veces la potencia cw pretendida o si se detecta que se ha alcanzado una cúspide cw.

10 Un tiempo de retardo mínimo $T_{d,min}$ preferible de acuerdo con la invención está representado en el diagrama de la Figura 3, en el que el elemento de conmutación óptico 16 se cierra ya cuando la potencia de salida P del impulso de relajación ha decrecido alcanzando aproximadamente dos veces la potencia cw que en el ejemplo representado es de aproximadamente 200 W, habiendo alcanzado en este ejemplo un valor de aproximadamente 400 W. En la práctica se ha mostrado que también puede bastar que el aumento inicial que se produce por un pico de relajación, es decir, la potencia de salida P que se presenta en caso de un disparo (cierre) del elemento de conmutación temprano en el momento del disparo aún en el flanco decreciente no rebasa dos veces la potencia de salida cw P_{cw} .

15 En los diagramas representados a título de ejemplo están representados impulsos de láser rectangulares, en los que la potencia de salida es constante en el régimen cw. No obstante, en principio también son posibles formas de impulsos en las que la potencia de salida en el régimen cw no es constante sino por ejemplo modulada.

20 En los ejemplos de realización representados, el elemento de conmutación óptico 16 está dispuesto en el exterior de la fibra láser 4. No obstante, en principio también es posible integrar el elemento de conmutación 16 en la fibra láser 4.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para el mecanizado de materiales con un rayo láser (L) pulsado generado por una fibra láser (4), caracterizado por un elemento de conmutación óptico (16) montado a continuación de la fibra láser (4) de forma externa, en el que el elemento de conmutación óptico (16) dispuesto en la trayectoria de rayo del rayo láser (L) se cierra y se hace pasar a un estado en el que se transmite el rayo láser como pronto cuando la potencia de salida (P) del rayo láser (L) quede por debajo de un valor predeterminado.
- 10 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el elemento de conmutación óptico (16) se cierra como pronto cuando la potencia de salida (P) del rayo láser (L) quede por debajo de dos veces la potencia de salida cw (P_{cw}) que resulta en la duración de impulso al alcanzarse un régimen cw.
- 15 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la potencia de salida del rayo láser (L) al cerrar el elemento de conmutación óptico (16) rebasa la potencia de salida cw (P_{cw}) como máximo un 50 %.
- 20 4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la potencia de salida del rayo láser (L) al cerrar el elemento de conmutación óptico (16) rebasa la potencia de salida cw (P_{cw}) como máximo un 10 % al cerrar el elemento de conmutación óptico (16).
- 25 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que se detecta una magnitud de medición (M) correlacionada con la potencia de salida (P) del rayo láser (L) y se usa para el control del elemento de conmutación (16).
- 30 6. Dispositivo para el mecanizado de materiales con un rayo láser (L) pulsado generado por un láser de fibra (2) con un láser de diodo (6) para bombear la fibra láser (4) del láser de fibra (2), una fuente de corriente (12) controlable para alimentar un impulso de corriente (I) al láser de diodo (6), caracterizado por un elemento de conmutación óptico (16) dispuesto en la trayectoria de rayo del rayo láser (L), montado a continuación de la fibra láser (4) de forma externa, así como una unidad de control (14) para la realización de un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4.
- 35 7. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 6, con un detector de radiación (18) para la medición de una magnitud de medición (M) correlacionada con la potencia de salida (P) del rayo láser (L), en el que la unidad de control (14) está concebida para la realización del procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5.
8. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en el que el elemento de conmutación óptico (16) está integrado en la fibra láser (4).

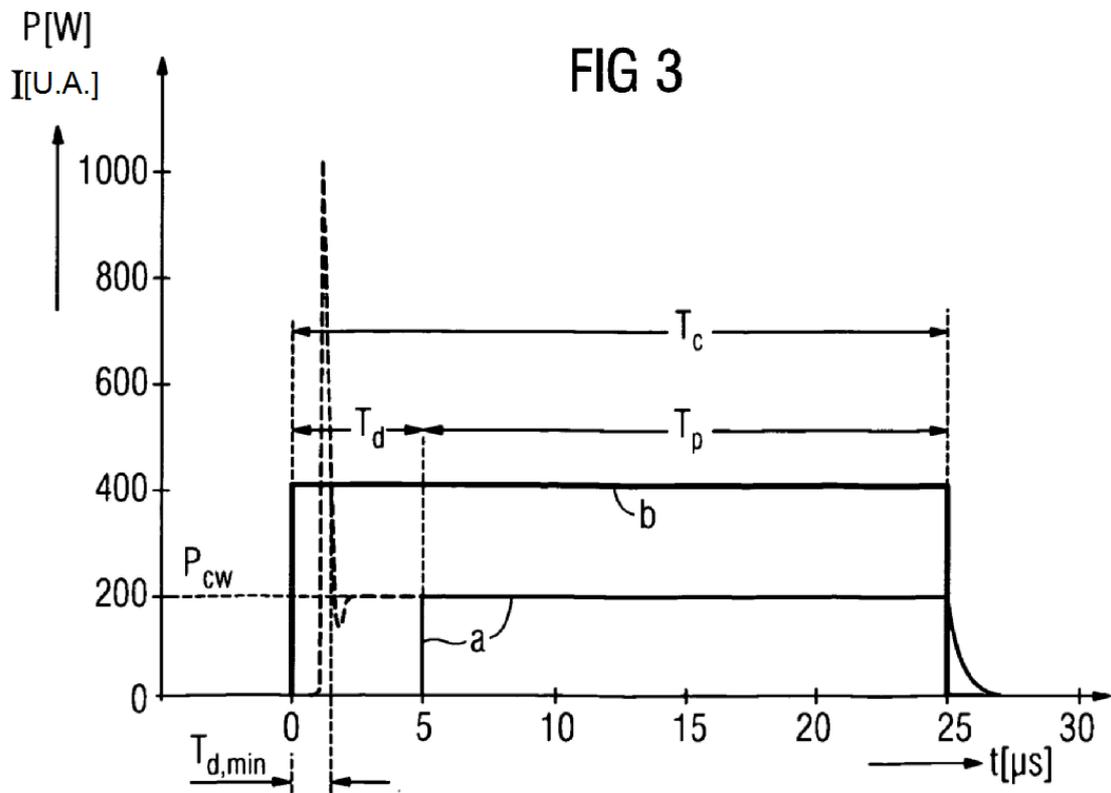
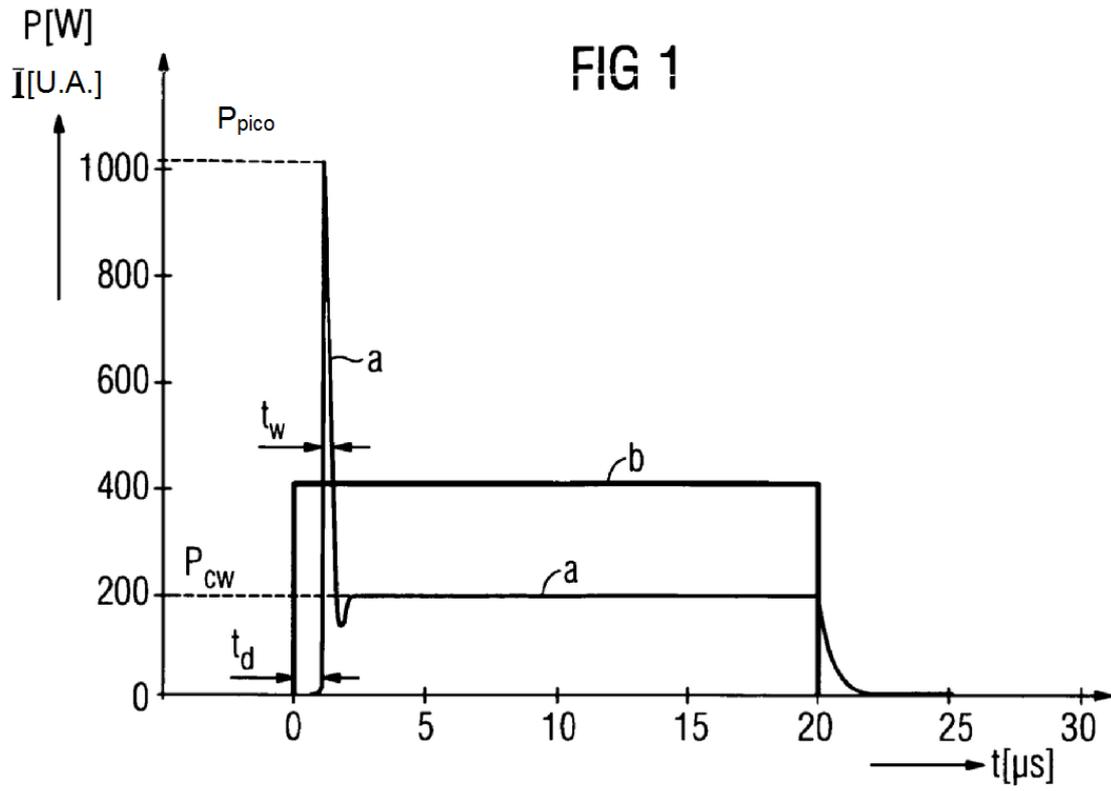


FIG 2

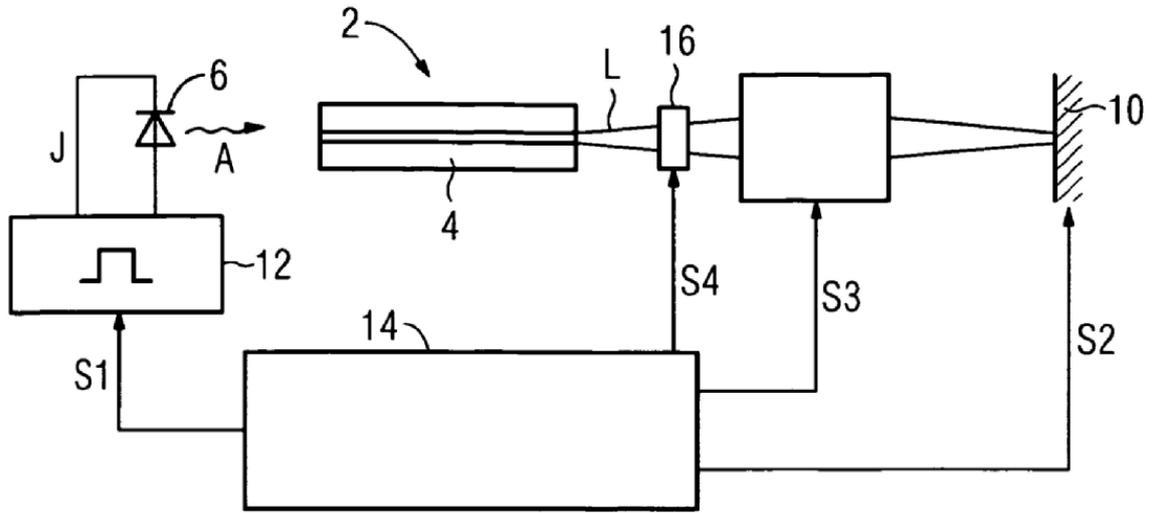


FIG 4

