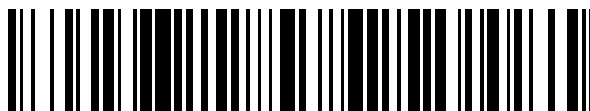


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 782 114**

51 Int. Cl.:

B23K 26/06 (2014.01)

G02B 6/02 (2006.01)

G02B 6/26 (2006.01)

B23K 26/073 (2006.01)

B23K 26/244 (2014.01)

B23K 26/322 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.07.2016 PCT/FI2016/050519**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.01.2018 WO18011456**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.07.2016 E 16852879 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020 EP 3285956**

54 Título: **Aparato y método de tratamiento láser**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.09.2020

73 Titular/es:
**CORELASE OY (100.0%)
Kauhakorvenkatu 52
33720 Tampere, FI**

72 Inventor/es:
KANGASTUPA, JARNO

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

ES 2 782 114 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

Aparato y método de tratamiento láser

Campo de la invención

5 La invención se refiere a un método y un aparato para tratar mediante láser una pieza de trabajo merced a un haz láser de acuerdo con el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 8 (véase a modo de ejemplo el documento US2004/200813). La invención está relacionada en particular con la soldadura de materiales mediante tratamiento láser.

Antecedentes de la invención

10 Al soldar metal mediante un haz láser, el haz láser es típicamente condensado mediante una lente condensadora para formar un punto luminoso de 100-500 μm con el fin de aumentar la densidad de energía y calentar instantáneamente la pieza de trabajo hasta el punto de fusión de metal de 1.500 grados o más para que la pieza de trabajo se funda. Al mismo tiempo, un gas de asistencia puede ser alimentado para impedir la oxidación del metal fundido. Un haz láser de banda de onda de una micra de un láser de estado sólido o de fibra permite una intensidad y una absorción de energía óptica muy elevadas en un trabajo de metal si se compara con un haz láser de banda de onda de diez micras de un láser de CO₂. Pero si se usa un haz láser gaussiano de banda de onda de una micra y oxígeno como gas de asistencia para cortar una pieza de trabajo de chapa de acero dulce, la anchura de fusión en la cara superior de la pieza de trabajo se agranda innecesariamente y afecta al control de corte. Además, una posible autocombustión deterioraría la calidad del corte láser.

20 El uso de haces láser en forma de anillo, cuyo perfil de intensidad puede decirse que presenta una configuración anular o a modo de dónut, es conocido en el campo del tratamiento láser. Se ha observado que el corte de un metal con un grosor determinado requiere mucha menos potencia si se usa un haz a modo de dónut en vez de perfiles de haz más convencionales, obteniéndose buenos resultados en cuanto a velocidad y calidad de corte.

25 El documento US8781269 divulga distintas disposiciones para dirigir haces láser a una fibra con múltiples revestimientos a fin de generar diferentes características de perfil de haz diferentes de un haz láser de salida, por las que un haz láser de entrada es acoplado selectivamente con un alma de fibra interior o con un alma de anillo exterior.

30 Tales aplicaciones de tratamiento de materiales intentan maximizar la luminancia de un haz láser. La luminancia se define como potencia por unidad de ángulo sólido y unidad de área. A modo de ejemplo de la importancia de la luminancia, aumentar la luminancia de un haz láser significa poder aumentar la velocidad de tratamiento o el grosor del material. Haces láser de alta luminancia pueden conseguirse, por ejemplo, mediante láseres de fibra y láseres de disco delgado. También los láseres de diodo directo han mejorado su luminancia de manera constante, pero los láseres de diodo directo disponibles comercialmente para tratamiento de materiales todavía no alcanzan la luminancia de los láseres de fibra o disco delgado.

35 El tratamiento láser realizado de acuerdo con la técnica anterior presenta algunos inconvenientes importantes al soldar placas revestidas solapadas como muestran las figuras 1a y 1b. Con referencia a la figura 1a, si no hay separación entre las placas 1a, 1b, el haz láser 2 provoca la vaporización del material de revestimiento entre las placas, y la presión hace que las placas se separen una de otra. Si la separación entre las placas 1a, 1b es excesiva, la placa superior 1a puede quemarse. Como muestra la figura 1b, si se fuerza la unión de las placas, por ejemplo, mediante un dispositivo de posicionamiento y guía, material de revestimiento vaporizado explosiona atravesando la unión de soldadura y generando impureza en la placa superior, lo que puede exigir un proceso de purificación costoso y largo.

40 Consiguientemente, hay necesidad de métodos y dispositivos mejorados que permitan mejorar la soldadura láser de placas solapadas.

El documento US2004/200813 divulga un método de soldadura de solapamiento de dos chapas de metal revestidas mediante un haz de alta densidad de energía. El haz es separado en un primer subhaz que penetra completamente y un segundo subhaz que penetra parcialmente.

45 El documento FR2790689 divulga un procedimiento para unir zonas solapadas de dos componentes, que lleva consigo aplicar localmente calor en medida suficiente para vaporizar revestimientos de componentes y flujo de energía de soldadura, preferiblemente mediante un haz láser enfocado.

Compendio de la invención

50 Las reivindicaciones 1 y 8 definen, respectivamente, un método y un aparato para tratar una pieza de trabajo mediante un haz láser de acuerdo con la presente invención. Las reivindicaciones adjuntas 2-7 definen otras realizaciones de la presente invención.

De acuerdo con algunas realizaciones del método y aparato, la pieza de trabajo comprende una primera placa y una segunda placa, siendo dirigido el haz láser compuesto a la primera placa.

De acuerdo con otras realizaciones, las placas son placas revestidas, tales como placas de acero, y el primer haz láser de salida realiza una abertura para liberar presión generada por revestimiento vaporizado de la segunda placa.

5 De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, la densidad de potencia de dichos haces de salida primero y segundo es controlable individualmente mediante una unidad de control conectada funcionalmente con dichos dispositivos láser primero y/o segundo.

De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, el centro de una primera fibra de óptica de alimentación destinada a guiar un primer haz láser está alineado con el centro de dicha primera alma de dicha fibra óptica multialma, y el centro de al menos una segunda fibra óptica de alimentación destinada a guiar un segundo haz láser está alineado entre los diámetros interior y exterior de dicha segunda alma anular de dicha fibra óptica multialma.

10 De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, dicho primer haz de salida o ajustar dicho primer haz de salida a un nivel bajo en caso de soldadura continua.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, el aparato es usado para soldar mediante láser elementos solapados según la reivindicación 8.

Se describen a continuación realizaciones de la invención de modo más detallado con referencia a los dibujos adjuntos.

15 **Breve descripción de los dibujos**

En lo que sigue, la invención se describe en detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

las figuras 1a y 1b muestran soldadura láser convencional de placas solapadas;

la figura 2 muestra una realización de aplicación de soldadura láser de acuerdo con una realización de la presente invención;

20 la figura 3 muestra un aparato de tratamiento láser de acuerdo con una realización de la invención;

la figura 4 muestra, en sección transversal, un haz láser compuesto de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 5 muestra una sección transversal de un extremo de recepción de medios de acoplamiento de acuerdo con una realización de la presente invención;

25 la figura 6 muestra el perfil de índice de refracción a la salida de un acoplamiento de acuerdo con una realización; y

la figura 7 muestra esquemáticamente un componente óptico de acuerdo con una realización.

Descripción detallada de realizaciones

30 En distintas aplicaciones, elementos dispuestos uno encima de otro sin separación o muy poca separación entre uno y otro, deben ser unidos uno con otro mediante soldadura por aplicación de un haz láser que atraviese uno de los elementos para formar la soldadura entre los elementos. De acuerdo con un aspecto de la presente invención, la soldadura de elementos dispuestos uno encima de otro puede ser mejorada merced a un método y aparato por el que son formados un primer haz láser de salida de sección transversal sustancialmente circular y un segundo haz láser de salida de configuración sustancialmente anular con el mismo centro que dicho primer haz láser. Así, el primer haz láser de salida puede ser denominado haz circular o central, y el segundo haz láser de salida, haz anular o de anillo.

35 El primer haz láser de salida y el segundo haz láser de salida son dirigidos a una pieza de trabajo con elementos solapados que han de ser soldados. El primer haz láser de salida realiza una abertura para liberar presión generada entre los elementos, y el segundo haz láser de salida realiza la soldadura y suaviza la abertura. Por lo tanto, cuando los haces de láser de salida son dirigidos a una primera placa, tal como una placa de acero inoxidable revestida, el primer haz láser de salida realiza una abertura circular en la primera placa hasta una segunda placa y el segundo haz

40 láser de salida realiza la soldadura de las placas.

La figura 2 muestra una sección transversal esquemática que ilustra la soldadura láser de acuerdo con una realización de la invención. La pieza de trabajo 3 comprende una primera placa revestida 3a y una segunda placa revestida 3b, por ejemplo, chapas de acero revestidas de aluminio o cinc. El haz central 4 realiza una abertura para permitir aliviar la presión del revestimiento de la segunda placa 3b vaporizado, y el haz de anillo 5 realiza sustancialmente la soldadura de las placas y la suavización de la abertura. El calor generado por el haz es conducido por la primera placa y funde la zona del interior del haz de anillo para formar la soldadura.

45

Distintas ventajas pueden ser conseguidas merced a la aplicación de la combinación de haz central 4 y haz de anillo 5 divulgada por esta memoria para soldar elementos solapados. La presión generada entre las placas 3a, 3b (generada típicamente por el material de revestimiento) puede ser liberada mediante la abertura creada por el haz central, que se cierra cuando el láser se mueve a la posición de soldadura subsiguiente. Material de revestimiento de capa superior

50

se puede mezclar con la unión de soldadura sin causar salpicaduras fuera de la unión. De esta manera se evitan otros medios para forzar la unión de las placas y un proceso adicional de purificación para eliminar salpicaduras.

Las densidades de potencia de dichos primero y/o segundo haces láser de salida pueden ser controladas individualmente, independientemente del estado del otro haz. Esto es aplicable a soldadura por puntos y soldadura continua. En el caso de soldadura continua, el borde anterior del haz de anillo 5 en la dirección del movimiento de una cabeza de tratamiento láser genera un primer máximo de intensidad y el borde posterior del haz de anillo 5 genera un segundo máximo de intensidad. En consecuencia, los elementos son calentados por etapas y el nivel de intensidad del borde posterior y anterior puede ser menor que el de un solo haz puntual para conseguir una fusión adecuada. Además de precalentar, el borde anterior también permite la eliminación de contaminantes. Esto hace posible evitar un cambio de temperatura brusco y evitar o al menos reducir un temple subsiguiente y, de modo correspondiente, zonas debilitadas causadas por el cambio de temperatura brusco. El uso del haz de anillo es también ventajoso para evitar salpicaduras en soldadura continua. En una realización, la densidad de potencia del haz central 4 puede reducirse o el haz central puede ser cerrado completamente. De esta manera puede ser evitado un calentamiento en exceso.

Un híbrido de haz central 4 y haz de anillo 5 puede ser generado al combinar haces láser de dispositivos láser de origen y fibras de alimentación de una fibra óptica multialma, a partir de la cual un haz láser compuesto resultante con el haz central 4 y el haz de anillo 5 puede ser dirigido a la pieza de trabajo 3. Una primera fibra óptica de alimentación puede estar alineada con una primera alma de la fibra óptica multialma, y una segunda fibra óptica de alimentación puede estar alineada con una segunda alma de dicha fibra óptica multialma. La primera alma de dicha fibra óptica multialma tiene una sección transversal circular y la segunda alma presenta una configuración anular con el mismo centro que dicha primera alma. Otras realizaciones ilustrativas son descritas en lo que sigue.

En algunas realizaciones se aplica soldadura láser de ojo de cerradura en combinación con soldadura por conducción de calor para soldar elementos dispuestos uno encima de otro por aplicación de haces láser central y de anillo. La soldadura de ojo de cerradura se usa en general cuando se requiere unir material con una razón de aspecto grosor/anchura alta. Un haz láser de alta intensidad calienta el material por encima de su temperatura de evaporación, dando lugar a un capilar profundo, denominado ojo de cerradura, en el borde anterior del metal fundido. A medida que avanza la fuente de calor, el metal fundido llena el ojo por detrás formando un cordón de soldadura. Gas inerte blindo el proceso de soldadura de ojo de cerradura protegiéndolo contra la oxidación. Merced a la emisión de impulsos unitarios de intensidad muy alta, pueden conseguirse soldaduras por puntos como es usual en la industria electrónica.

La soldadura por conducción de calor es aplicable en chapa típicamente de hasta un grosor aproximado de 2 mm. Un haz láser, enfocado en la unión, calienta el material y el calor es conducido rápidamente por las chapas, lo que hace que se fundan y unan una con otra. La óptica de enfoque es movida a lo largo de la unión mientras enfoca el haz láser en la muestra, creando una soldadura de alta calidad. Para soldar por conducción pueden ser usados láseres con menos luminancia, tales como láseres de diodo directo.

Un láser de diodo capaz de soldar o cortar por conducción, impacta en un punto relativamente superficial pero amplio de una chapa tratada. Típicamente, los láseres de diodo de esta clase tienen una potencia nominal de 2 kW y una densidad de potencia muy por debajo de $0,1 \text{ MW/cm}^2$. La profundidad máxima (y la capacidad de corte) del punto es, típicamente, 2 mm. Un patrón de ojo de cerradura típico causado por un láser de alta luminancia, tal como un láser de fibra. No hay límite en la práctica del grosor de chapa que puede ser cortado con un láser de esta clase, pero obviamente depende de la intensidad del láser y la velocidad de tratamiento, esto es, la velocidad con la que el haz láser sea movido en la superficie de metal. Los láseres de fibra pueden tener una potencia nominal de hasta 1-10 kW o más, y una intensidad de potencia de varios MW/cm^2 . El diámetro del ojo de cerradura puede ser menor que 1 milímetro, por ejemplo 0,1 milímetros, y el diámetro del punto 2 puede ser del orden de varios milímetros, por ejemplo 3 milímetros.

Al comparar uniones de soldadura de ojo de cerradura pura y uniones de soldadura híbrida mediante haces láser circular y anular se ha observado que la penetración de la unión de una soldadura híbrida es al menos un 20% más profunda que la de la unión de una soldadura de ojo de cerradura pura que use la misma velocidad de tratamiento. En virtud de la propia naturaleza de la soldadura híbrida del invento, la unión de soldadura es ciertamente también más amplia. Los valores de dureza Vickers (HV) de las uniones de soldadura híbrida son también menores que los de las uniones de ojo de cerradura, lo que indica un menor efecto de endurecimiento de las uniones híbridas. Puede verse ya a partir de estos ejemplos que los efectos de combinar tratamiento láser de ojo de cerradura y conducción son considerables.

La figura 3 muestra una realización de un aparato del invento. Un láser de fibra 6 de alta luminancia está conectado, mediante una fibra óptica 8, con un combinador 11 de haz láser. Igualmente, uno o varios láseres 7 de estado sólido o diodo están conectados, mediante una fibra 9, con el combinador 11 de haces. Los combinadores de haces láser individuales son conocidos en la técnica. La función del combinador en este caso consiste en disponer todos los haces láser entrantes de manera que puedan ser acoplados con una fibra óptica 12 de doble alma. Así, la naturaleza híbrida del láser es el resultado de la propagación de dos haces láser en una única fibra óptica 12 de doble alma. Típicamente, los dos haces láser presentan en la fibra 12 perfiles de luminancia e intensidad distintos, y también pueden tener longitudes de onda distintas. Además, los niveles de potencia de los dos haces láser pueden ser controlados de

manera independiente y continua por ajuste de los niveles de potencia del láser 6 de fibra y del láser 7 de estado sólido o diodo.

5 Con el fin de conseguir una luminancia suficiente del haz, el láser 6 de fibra de alta luminancia puede consistir en módulos de oscilador láser mono o multifibra bombeados mediante diodos o de oscilador maestro-amplificador de potencia (MOPA), consistentes cada uno de ellos en láseres de diodo acoplados con fibra y acoplados con un resonador de fibra, por ejemplo. Otros ejemplos de láseres de alta luminancia son láseres de disco delgado acoplados con fibra o láseres Nd-YAG, bombeados con luz de láseres de diodo. La tecnología láser moderna con frecuencia se basa en luz como medio de transferencia de energía, ya que muchos materiales de estado sólido amplificadores de luz activos son aislantes. Los láseres de diodo han sustituido a las lámparas flash usadas anteriormente por ser más eficaces y ser su espectro luminoso más estrecho.

10 El láser 7 es típicamente un láser acoplado con fibra que puede comprender también un resonador láser de estado sólido bombeado mediante láseres de diodo, por ejemplo un resonador láser de disco delgado (no mostrado). La fibra óptica 12 de doble alma transmite el haz láser del láser de fibra 6 mediante su alma central, y el haz generado por uno o múltiples segundos resonadores láser 7 mediante un alma exterior dispuesta anularmente y a cierta distancia en torno al alma central, como muestra la figura 5. Obviamente, el primero y el segundo láseres pueden ser láseres de fibra con niveles de potencia controlables de manera independiente, como es el caso de una realización. Algunos láseres están previstos como láseres de fibra y de manera inherente alimentan con luz una fibra óptica, necesitando otros ser conectados con una fibra mediante una interfaz óptica para alinear el haz láser con el alma de la fibra de salida. Así, en algunas realizaciones los dos láseres 6 y 7 pueden ser láseres de fibra, y en otras realizaciones puede preverse una combinación de láseres de fibra y estado sólido o diodo, o bien dos láseres de diodo. El propósito del aparato láser y las potencias nominales de los módulos láser individuales determinan la clase de láseres que pueden ser conectados con el combinador de haces 11.

15 Por su extremo opuesto, la fibra óptica de doble alma está conectada con una cabeza 13 de tratamiento láser que guía un haz combinado o compuesto 16 hacia delante, hasta una pieza de trabajo 14. Usualmente, la cabeza de tratamiento láser 13 comprende lentes de colimación y enfoque (no mostradas) para generar una imagen del perfil de intensidad que emerge del extremo de la fibra 12 en dirección a la pieza de trabajo 14 con un tamaño deseado, determinado mediante las distancias focales de las lentes. La función de la cabeza láser 13 puede ser también proporcionar gas de protección a una unión de soldadura, o un chorro de gas a presión a una instalación de corte. Gas a presión también protege la óptica de la cabeza láser 13 de salpicaduras de metal fundido, que retira de la línea de corte para ayudar a mantenerla limpia.

20 De acuerdo con la presente invención, el aparato está provisto de una unidad de control 10. La unidad de control también puede estar integrada en una de las unidades láser 6 o 7. Alternativamente, las unidades 6, 7 y 10 pueden ser dispuestas en un único alojamiento y estar construidas de manera entera, por conveniencia y fiabilidad. La unidad de control puede ser usada para realizar un control de la potencia del perfil de los haces de anillo y central, y para permitir un haz de anillo-central ajustable dinámicamente sobre la marcha cuando la aplicación lo requiera. De acuerdo con la presente invención, la unidad de control (10) está configurada de modo que la modulación de los dos haces láser sea controlada dinámica y separadamente. Por lo tanto, una amplia diversidad de aplicaciones y propósitos de soldadura diferentes resulta posible mediante un mismo aparato. El perfil de haz puede ser ajustado dinámicamente para su adaptación a una pluralidad de exigencias de tipos/aplicaciones de soldadura que suponen retos, tales como materiales, revestimientos y/o grosores diferentes.

25 La unidad de control 10 puede recibir realimentación 15 del usuario de la cabeza láser 13, o realimentación automática, por ejemplo, de sensores de intensidad de luz. La realimentación o entrada es entonces usada para controlar la potencia de los láseres 6 y 7 con el fin de conseguir objetivos predeterminados, o para ajustar la potencia de láser de acuerdo con el resultado de la soldadura o corte observado en la pieza de trabajo 14. De acuerdo con la presente invención, cuando se selecciona soldadura continua la unidad de control establece parámetros apropiados para soldar mediante el haz de anillo 5 y cierra el haz central 4 o lo ajusta a un nivel bajo. La unidad de control 10 u otra unidad de control puede controlar también otras funciones del aparato de soldadura, tales como el movimiento de la cabeza de tratamiento láser 13.

30 La unidad de control 10 puede comprender un ordenador de uso general, por ejemplo. Un ordenador de esta clase puede estar provisto de software adecuado para controlar los láseres 6 y 7 basándose en parámetros de entrada específicos y realimentación recibida 15. Alternativamente, la unidad de control puede comprender un microcontrolador, tal como un microcontrolador Renesas RL78, Toshiba TLCS-870 o similar. La unidad de control puede comprender o estar conectada con al menos una memoria. La memoria puede incluir distintos parámetros que afecten al funcionamiento del aparato, tales como grupos de parámetros que definan distintos perfiles de haz central y/o de anillo, y por tanto distintos perfiles de soldadura ajustables por un operario. La memoria puede almacenar código de programa informático, estando configurados dicha al menos una memoria y el código de programa informático de manera que, mediante al menos un alma de tratamiento, pueda ser controlado el funcionamiento del aparato de soldadura y la generación de los haces central y de anillo de acuerdo con distintas realizaciones.

35 De acuerdo con la presente invención, el combinador 11 de haces se fabrica mediante componentes de sílice fundida, siendo propagada la potencia óptica en el interior de sílice fundida a lo largo de toda la estructura de combinador, y el

combinador está provisto de fibras ópticas a la entrada y la salida. Por lo tanto, el combinador 11 de haces de la presente invención puede ser denominado combinador de fibra de vidrio.

La figura 4 muestra la estructura de un haz láser compuesto 40 que emerge de la cabeza de tratamiento láser hacia la pieza de trabajo 14. Un haz de anillo exterior 42 transmite la potencia láser proporcionada por el dispositivo láser 7. De modo correspondiente, un haz central interior 41 transmite la potencia láser proporcionada por el dispositivo láser 6 de fibra, y creará un patrón de ojo de cerradura en la pieza de trabajo al ser mayor su luminancia. Entre los haces hay una zona configurada anularmente 43 que solo genera radiación láser parásita o no genera radiación láser alguna.

La figura 5 muestra una sección transversal de una fibra óptica 50 de doble alma ilustrativa, provista de un alma central 51 con un revestimiento principal 54. Espacialmente, el alma exterior 53 está formada por el revestimiento interior 54 y el revestimiento exterior 55. El revestimiento ha de ser un material con un índice de refracción menor que el del alma, como es conocido por cualquiera que esté familiarizado con la técnica. A modo de ejemplo, el diámetro del alma central 51 puede ser 70 μm , y los diámetros interior y exterior del alma exterior 53 pueden ser 100 μm y 180 μm , respectivamente. Las almas central y periférica 51 y 53 también pueden adoptar otras formas distintas a las descritas. El alma central 51 puede presentar una configuración cuadrada o rectangular, por ejemplo. El alma periférica 53 puede presentar también límites rectangulares o estar compuesta de múltiples segmentos de formas lineales o circulares.

Con líneas de trazos se muestra el modo en que las almas de los extremos de las fibras de alimentación fundidas 56 y 57 (fibras 72 y 71 de la figura 7) del combinador de haces pueden ser alineadas con la sección transversal de la fibra óptica 50 de doble alma.

La radiación láser en el alma central 51 de la fibra óptica 50 de doble alma presenta un perfil de intensidad espacial central y estrecho, mientras que la distribución de intensidad en el alma exterior 53 adopta la forma de un donut. De esta disposición de intensidad espacial se genera una imagen, mediante óptica de tratamiento de la cabeza 13 de láser, en la pieza de trabajo. Con esta configuración, la calidad del haz láser es relativamente alta en las almas central y exterior. Pero a consecuencia de las diferencias de formas y superficies de sección transversal, el alma interior puede proporcionar una calidad de haz mejor que el alma exterior y por tanto es más apropiado usarla para cortar materiales delgados y piezas de trabajo, o hacer perforaciones durante el corte de materiales gruesos. En el caso de materiales más gruesos, las desventajas de una calidad de haz algo menor que proporciona el alma exterior son compensadas por la velocidad de tratamiento y limpieza combinadas de la unión de soldadura o las superficies de corte a consecuencia de la distribución de intensidad a modo de anillo del alma exterior. Las intensidades de potencia de las almas interior y exterior pueden ser ajustables individualmente, de acuerdo con los requisitos de la pieza de trabajo, por ajuste de la potencia de las fuentes láser de origen.

La figura 6 muestra un perfil de índice de refracción ilustrativo de una fibra óptica 50 de doble alma. Las almas 51 y 53 tienen un índice de refracción n_{51} y n_{53} que es mayor que los índices n_{54} y n_{55} de los materiales circundantes 54 y 55, respectivamente. De esta manera el haz láser es guiado a una pieza de trabajo con la menor degradación posible del perfil de intensidad anular y atenuación de la potencia e intensidad óptica de cada una de las almas (figura 4).

El índice de refracción de la sílice fundida puede ser ajustado merced a su dopaje mediante impurezas. El dopaje de sílice fundida mediante germanio da lugar a un aumento del índice de refracción, mientras que su dopaje con flúor da lugar a una reducción del índice de refracción. Por lo tanto, las almas 51 y 53 pueden hacerse de sílice fundida dopada con germanio o sin dopar, y sus revestimientos principales 54 y 55 de sílice fundida dopada con flúor, por ejemplo.

La figura 7 muestra el componente óptico básico 70 del combinador de fibra 11. Es un tubo capilar multiánima con una parte de cuerpo que consiste en un tubo de vidrio de sílice fundida 77, un extremo de entrada 76 para recibir haces láser (no mostrados) transmitidos por fibras ópticas de alimentación 71 y 72 desde al menos dos dispositivos láser (por ejemplo, fibras 8 y 9 desde dispositivos 6 y 7). Presenta también un extremo de salida 74 opuesto para entregar un haz láser compuesto de salida que consista en al menos dos haces láser alineados uno con otro en la misma dirección.

Las fibras ópticas de alimentación 71, 72 que penetran por el extremo de entrada 76 y se extienden a lo largo de dicha parte de cuerpo en ánimas capilares hasta dicho extremo de salida 74, son fundidas con el tubo de vidrio 77 para formar un componente que consiste en almas de guía de luz 71a, 72a y material de vidrio circundante. El índice de refracción de las almas es mayor que el índice de refracción del material de vidrio que rodea las almas con el fin de garantizar la propagación de potencia óptica en las almas a lo largo de todo el componente por reflexión total interna.

Para mostrar el principio del combinador de fibra, las dimensiones de las almas y del componente 70 no se representan a escala, y por motivos de claridad se muestran con líneas de trazos solo un par de almas.

Un componente óptico 70 puede ser fabricado, a modo de ejemplo, por estirado. En este ejemplo, puede existir en el centro un ánima grande para la fibra 72 de aproximadamente 300 μm de diámetro y cuatro ánimas más pequeñas para las fibras 71 situadas simétrica y periféricamente con respecto al ánima central 72. Las ánimas más pequeñas pueden tener un diámetro de aproximadamente 150 μm , por ejemplo. El diámetro exterior del tubo capilar puede ser 1 mm. El material del tubo puede ser sílice fundida, por ejemplo. Las fibras, cuyo revestimiento exterior de vidrio a granel (no mostrado) preferiblemente ha sido eliminado, al menos parcialmente, por ataque químico, son insertadas en las ánimas y empujadas hasta una parte de cintura 73 del estrechamiento capilar. Una vez posicionadas las fibras,

el tubo capilar 70 es calentado por la sección de cintura 73 para fundir las fibras con el tubo y formar una primera alma central 72a de guía de luz y segundas almas 71a de guía de luz, de manera que todas ellas se extiendan a lo largo del componente óptico 70.

5 Alternativamente, las fibras 71, 72 pueden tener un alma interior de material de sílice fundida pura y un revestimiento exterior de sílice dopada con flúor. De ese modo, el tubo de vidrio 77 de sílice fundida del componente óptico 70 puede ser hecho de sílice fundida pura porque de manera inherente las almas de guía de luz de las fibras están rodeadas por material con un índice de refracción menor. Esto significa que la luz sigue en las almas 71a, 72a aun cuando el índice de refracción del tubo capilar sea igual al de las almas de las fibras. En este caso, el revestimiento exterior de vidrio a granel de las fibras puede ser eliminado por ataque químico hasta el revestimiento dopado con flúor, o incluso más allá, siempre que en torno al alma de fibra interior pura o dopada con germanio quede algo de revestimiento dopado con flúor.

Después, las almas fundidas 71a, 72a (mostradas con líneas de trazos) y el tubo 70 son cortados o seccionados para crear una superficie de extremo 74. Una fibra de doble alma 12 como la mostrada en la figura 3 puede entonces ser soldada con el tubo capilar por el extremo 74, dando lugar a una unión 75.

15 El centro de la primera fibra óptica de alimentación 72 de realizaciones preferidas es alineado con el centro del componente 70, y los centros de, por ejemplo, cuatro segundas fibras ópticas de alimentación 71 son situados de modo que sea proporcionado un haz de salida en el extremo de salida 74 a una distancia predefinida R de la primera alma central 72a de guía de luz. De esta manera no se limita el número de segundas fibras de alimentación, que a modo de ejemplo puede ser 8, 16 o 32 en vez de 4. Se prefiere que las segundas almas 71a de guía de luz estén dispuestas simétricamente con respecto al alma central 72a, para proporcionar haces de salida con una distancia angular de 90° entre uno y otro.

20 Las realizaciones ilustradas en lo que antecede para soldar elementos solapados mediante haces láser de anillo y central han sido probadas con buenos resultados. A modo de ejemplo, el uso de un haz anular de 4 kW y un haz central de 1 kW ha demostrado que se puede soldar sin separación entre los elementos y sustancialmente sin salpicadura de revestimiento, con velocidad incluso superior a 5 metros por minuto. Puede variar la anchura de los elementos y ser adaptados de manera consiguiente los parámetros. Por ejemplo, chapas de acero revestido de anchuras entre 0,1 mm y 10 mm pueden ser soldadas merced al método y aparato divulgado mediante la presente memoria, pero dependiendo del tipo de láser y sus propiedades. Otros materiales que pueden ser tratados y soldados mediante la presente solución incluyen aluminio y cobre. Materiales diferentes solapados también pueden ser unidos uno con otro mediante soldadura. La soldadura de acero y cobre, por ejemplo, ha sido probada con buenos resultados. De acuerdo también con la presente invención, puede estar revestido solo uno de los elementos y el otro no. Alambre de aporte puede ser fundido mediante el haz de anillo.

35 El método y aparato de soldadura láser divulgado mediante la presente memoria puede ser usado en una amplia diversidad de aplicaciones. Se consiguen ventajas particulares en aplicaciones que requieran realizar soldaduras diferentes de características diferentes durante un proceso de montaje, tales como soldadura de materiales diferentes, que de esta manera puede ser realizada mediante un solo aparato de soldadura cambiando los parámetros aplicados. A modo de ejemplo, en la industria automovilística puede ser usado un mismo aparato (e instalación) de soldadura para soldar bastidores de aluminio y acero inoxidable.

40 Ha de entenderse que las realizaciones de la invención divulgadas no se limitan a las estructuras, etapas de proceso o materiales particulares descritos en esta memoria, sino que son extensivas a sus equivalentes, como apreciará cualquiera que posea un conocimiento normal de la técnica pertinente. Debe entenderse también que la terminología de esta memoria es usada con el propósito de describir solo realizaciones particulares sin carácter limitativo.

45 La referencia en esta memoria a "una realización" significa que un atributo, estructura o característica particular descrito en relación con la realización está incluido en al menos una realización de la presente invención. Por tanto, en esta memoria la frase "en una realización" no se refiere necesariamente en todos los casos a una misma realización.

50 Además, los atributos, estructuras o características descritos pueden ser combinados de cualquier manera adecuada en una o más realizaciones. En la descripción se ofrecen numerosos detalles específicos, tales como ejemplos de longitudes, anchuras, formas, etc., para garantizar un perfecto entendimiento de realizaciones de la invención. Pero un experto en la técnica pertinente reconocerá que la invención puede ser puesta en práctica sin uno o más de los detalles específicos, o mediante otros métodos, componentes, materiales, etc. En otros casos, no se muestran ni describen en detalle estructuras, materiales u operaciones bien conocidos para no dificultar la comprensión de aspectos de la invención.

55 Aunque los ejemplos precedentes ilustran los principios de la presente invención en una o más aplicaciones particulares, resultará evidente a cualquiera que posea un conocimiento normal en la técnica que numerosas modificaciones de forma, uso y detalles de puesta en práctica pueden hacerse sin ejercicio de facultad inventiva y sin salirse del alcance de la presente invención, definido mediante las reivindicaciones especificadas en lo que sigue.

REIVINDICACIONES

1. Un método para tratar una pieza de trabajo mediante un haz láser, caracterizado por las operaciones siguientes:
- proporcionar al menos un primer haz láser a partir de al menos una primera fibra óptica de alimentación (8) conectada con al menos un primer dispositivo láser (6);
- 5
- proporcionar al menos un segundo haz láser a partir de al menos una segunda fibra óptica de alimentación (9) conectada con al menos un segundo dispositivo láser (7);
 - combinar dichos primero y segundo haces láser en una fibra óptica multialma (12; 50) por alineación de dicha al menos una fibra óptica de alimentación con una primera alma (51) de dicha fibra óptica multialma, y dicha al menos una segunda fibra óptica de alimentación con una segunda alma (53) de dicha fibra óptica multialma; presentando
- 10
- dicha primera alma (51) de dicha fibra óptica multialma una sección transversal circular, y presentando dicha segunda alma (53) una configuración anular con el mismo centro que dicha primera alma, y
 - dirigir un haz láser compuesto, que comprende un primero y un segundo haces de salida, desde dicha fibra óptica multialma (12; 50) a una pieza de trabajo con elementos solapados (3a, 3b) que han de ser soldados, estando
- 15
- revestido al menos uno de dichos elementos solapados (3a, 3b), realizando el primer haz láser de salida una abertura para liberar presión generada por revestimiento vaporizado y realizando el segundo haz láser de salida, de manera sustancial, la soldadura de las placas.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, donde la densidad de potencia de dichos primero y segundo haces de salida es controlable individualmente mediante una unidad de control (10) conectada funcionalmente con dichos primero y/o segundo dispositivos láser (6, 7).
- 20
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, donde el método se aplica en soldadura continua de manera que el haz láser compuesto se mueve para soldadura continua y dicho primer haz de salida se cierra o se ajusta a un nivel bajo.
4. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, donde la pieza de trabajo comprende una primera placa (3a) y una segunda placa (3b), siendo dirigido el haz láser compuesto a la primera placa (3a).
- 25
5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, donde las placas (3a, 3b) son chapas de acero revestido.
6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende:
- alinear el centro de dicha primera fibra de alimentación (72; 56) con el centro de dicha primera alma (51) centrada en la sección transversal de dicha fibra óptica multialma (12; 50);
 - alinear el centro de una segunda fibra de alimentación (71; 57) entre los diámetros interior y exterior de una
- 30
- segunda alma anular (53) con el mismo centro que dicha primera alma (51).
7. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde dicho al menos un primer dispositivo láser (6) es un láser de fibra.
8. Un aparato de tratamiento láser que comprende:
- al menos un primer dispositivo láser (6);
- 35
- al menos un segundo dispositivo láser (7);
- y caracterizado por las siguientes particularidades:
- en el al menos un primer dispositivo láser (6) que proporciona, cada uno, al menos una primera fibra óptica de alimentación con un primer haz láser;
- 40
- en el al menos un segundo dispositivo láser (7), que proporciona, cada uno, al menos una segunda fibra óptica de alimentación (9) con un segundo haz láser;
 - medios (11) de combinación de haces conectados con dichas primera y segunda fibras de alimentación y con una fibra óptica multialma (12; 50), estando adaptados los medios de combinación para formar un haz láser compuesto (16) mediante la alineación de dicha al menos una primera fibra óptica de alimentación (72; 56) con una primera alma (51) de dicha fibra óptica multialma (50), y la alineación de dicha al menos una segunda fibra
- 45
- óptica de alimentación (71; 57) con al menos una segunda alma (53) de dicha fibra óptica multialma (50), donde dicha primera alma (51) de dicha fibra óptica multialma presenta una sección transversal circular, y dicha segunda alma (53) tiene una configuración anular con el mismo centro que dicha primera alma (51);
 - siendo adaptadas dichas primera y segunda almas a una cabeza de tratamiento láser (13) para dirigir dicho haz láser compuesto (16; 40), que comprende un primero y un segundo haces láser de salida (41, 42), a una pieza

- 5 de trabajo con elementos solapados (3a, 3b) que han de ser soldados, estando revestido al menos uno de dichos elementos solapados (3a, 3b), pudiendo ser adaptado el primer haz láser de salida para realizar una abertura con el fin de liberar la presión generada por revestimiento vaporizado, y pudiendo ser adaptado el segundo haz láser de salida para realizar sustancialmente la soldadura de los elementos (3a, 3b), y comprendiendo también el aparato una unidad de control (10) conectada funcionalmente con dichos primero y segundo dispositivos láser (6, 7) y configurada para controlar individualmente la densidad de potencia de dichos primero y/o segundo haces láser de salida, estando también configurada la unidad de control para cerrar dicho primer haz de salida o ajustar dicho primer haz de salida a un nivel bajo en caso de soldadura continua.

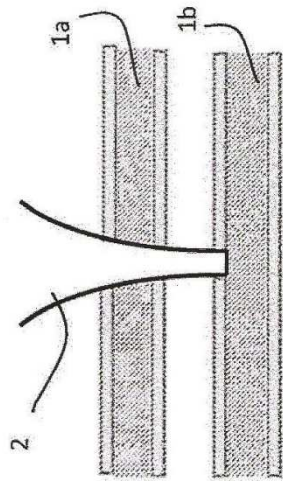


FIG. 1a

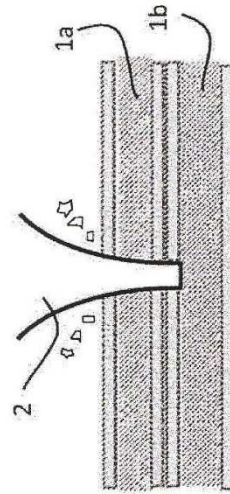


FIG. 1b

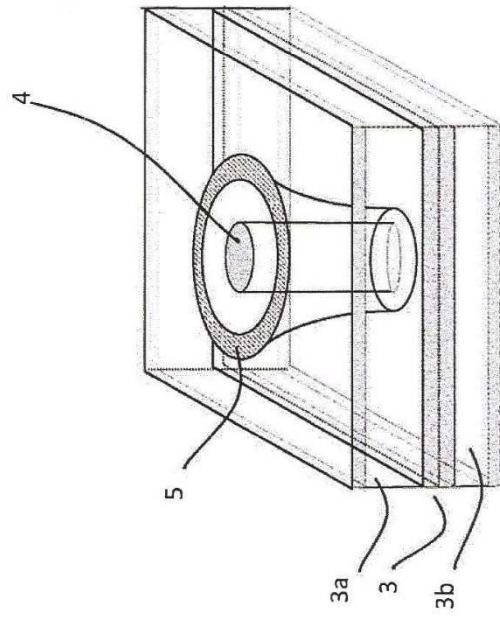


FIG. 2

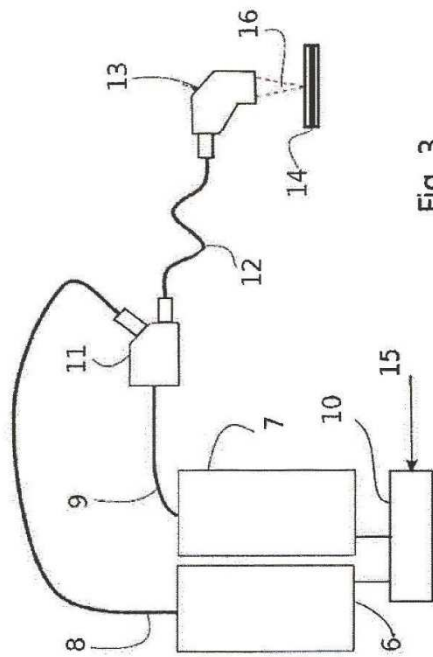


Fig. 3

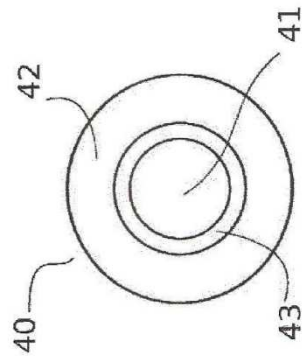


Fig. 4

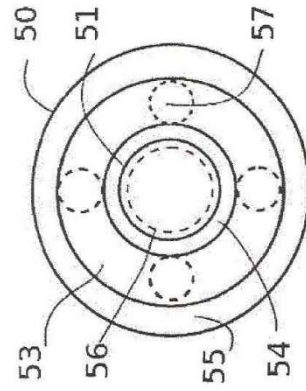


Fig. 5

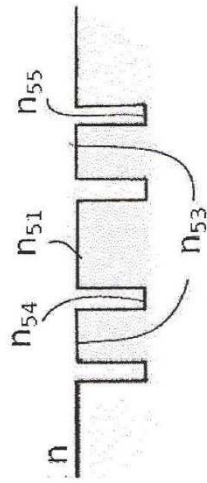


FIG. 6

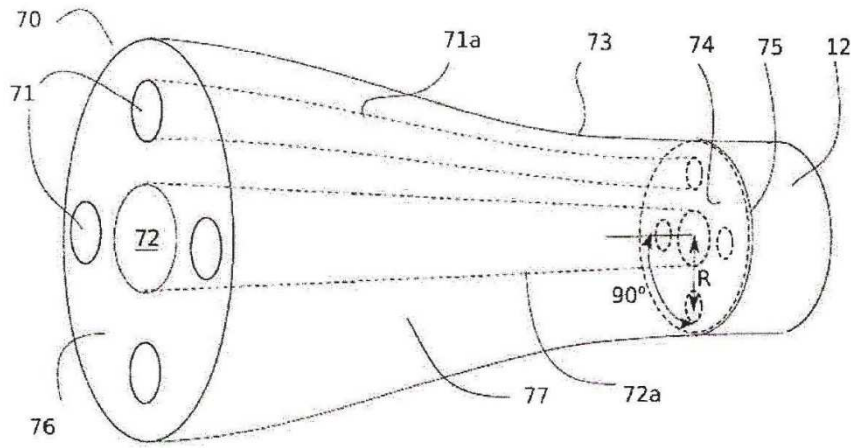


Fig. 7