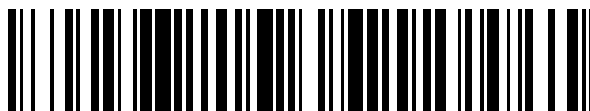


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 891 736**

51 Int. Cl.:

G02B 6/02 (2006.01)

B23K 26/06 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.06.2015 PCT/FI2015/050402**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.12.2016 WO16198724**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.06.2015 E 15733780 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.09.2021 EP 3308202**

54 Título: **Aparato y método de procesamiento por láser y componente óptico para los mismos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.01.2022

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

72 Inventor/es:
**SALOKATVE, ARTO;
KANGASTUPA, JARNO;
AMBERLA, TIINA y
KONNUNAHO, TUOMO**

74 Agente/Representante:
LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 891 736 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 procesamiento por láser y componente óptico para los mismos

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un aparato y método de procesamiento por láser. En particular, la invención se refiere al corte y soldadura de materiales mediante procesamiento por láser.

10 Antecedentes de la invención

Al soldar metal con un haz de láser, habitualmente el haz de láser se condensa a través de una lente condensadora en un punto de 100 - 500 μm para aumentar la densidad de energía y calentar instantáneamente la pieza de trabajo hasta un punto de fusión del metal de 1500 grados o más de modo que la pieza de trabajo se derrite. Al mismo tiempo, puede alimentarse un gas auxiliar para evitar la corrosión del metal fundido. Un haz de láser de una banda de onda de un micrómetro procedente de un láser de estado sólido o láser de fibra produce una intensidad de energía óptica y una absorbancia muy altas en un trabajo metálico en comparación con un haz de láser en la banda de onda de diez micrómetros procedente de un láser de CO_2 . Sin embargo, si se utiliza un haz de láser de banda de onda de un micrómetro con un haz gaussiano con un gas auxiliar de oxígeno para cortar una pieza de trabajo de lámina de acero dulce, la anchura de fusión en la cara superior de la pieza de trabajo se ensancha innecesariamente y perjudica el control del cráter. Además, puede producirse autocombustión, lo que deteriora la calidad del corte por láser.

En los documentos EP2762263, US20110293215, US7348517, JP2013139039, EP0464213, EP2399703, EP 2722127 y WO2009003484 se comentan diversas soluciones para cortar materiales, que se basan en haces de láser en forma de anillo, que proporcionan un perfil de intensidad que puede describirse como de forma anular o similar a una "rosquilla". Se ha observado que el corte de un metal de un grosor dado puede realizarse a una potencia mucho menor cuando se utiliza un haz de rosquilla en lugar de perfiles de haz más convencionales, y puede producir unos buenos resultados en cuanto a velocidad y calidad de corte.

El documento US8781269 da a conocer diversas disposiciones para dirigir haces de láser a una fibra de múltiples recubrimientos para generar diferentes características de perfil de haz de un haz de láser de salida, en donde un haz de láser de entrada se acopla electivamente en un núcleo de fibra interior o en un núcleo de anillo exterior.

Las aplicaciones de procesamiento de materiales de la técnica anterior se esfuerzan por maximizar el brillo del haz de láser. El brillo se define como la potencia por unidad de ángulo sólido y unidad de área. Como ejemplo de la importancia del brillo, aumentar el brillo de un haz de láser significa que el haz de láser puede utilizarse para aumentar la velocidad de procesamiento o el grosor del material. Los haces de láser de alto brillo pueden obtenerse, por ejemplo, a partir de láseres de fibra y láseres de disco delgado. Los láseres de diodo directo también han mejorado de manera constante en cuanto a brillo, pero los láseres de diodo directo comerciales para el procesamiento de materiales aún no alcanzan el brillo de los láseres de fibra o de disco delgado.

El procesamiento por láser realizado según la técnica anterior presenta algunos inconvenientes importantes. En aplicaciones de soldadura, la denominada técnica de soldadura por ojo de cerradura a base de láser de alta potencia tiende a producir un calor excesivo, lo que da como resultado un endurecimiento y deformación excesivos de la costura de soldadura durante el enfriamiento. La forma de la costura de soldadura es, debido a la propia naturaleza de haz de láser, de sección transversal profunda y estrecha, lo que crea grandes gradientes de temperatura y tensiones mecánicas en la costura de soldadura. En aplicaciones de corte, especialmente de materiales gruesos, el haz de láser debe tener una intensidad alta y un punto focal relativamente amplio, con el fin de vaporizar y eliminar de otro modo el metal fundido, para evitar que vuelva a soldar las piezas después del haz de láser. Tal corte de alta potencia deja las superficies cortadas con una forma algo irregular. Por consiguiente, es necesario mejorar los métodos y dispositivos de soldadura y corte por láser.

La invención se basa en la idea de combinar el corte o soldadura por láser de ojo de cerradura con la soldadura por conducción de calor. La soldadura de ojo de cerradura por láser se utiliza cuando es necesario unir materiales con una relación de aspecto de grosor-anchura más alta. Un haz de láser de alta intensidad calienta el material por encima de la temperatura de evaporación, lo que da como resultado un capilar profundo denominado ojo de cerradura en el borde delantero del metal fundido. A medida que avanza la fuente de calor, el metal fundido rellena detrás del orificio para formar un cordón de soldadura. El gas inerte preserva el proceso y lo protege durante el proceso de soldadura por ojo de cerradura frente a oxidación no deseada. Al emitir impulsos individuales con una intensidad de pulso muy alta, también pueden lograrse soldaduras por puntos, tales como las que se utilizan en la industria electrónica.

El corte por láser de ojo de cerradura es una técnica similar en la que la fuente de calor concentrada penetra a través de una pieza de trabajo y el metal fundido se elimina de alguna manera para evitar que forme un cordón de soldadura.

La soldadura por conducción de calor puede aplicarse para láminas metálicas con un grosor de material de hasta aproximadamente 2 mm. Un haz de láser, enfocado en la costura, calienta el material y ese calor se conduce rápidamente a través de las láminas haciendo que se derrita y se unan en conjunto. La óptica de enfoque se desplaza a lo largo de la costura al tiempo que enfoca el haz de láser hacia la muestra, produciendo una soldadura de alta calidad. Para la soldadura por conducción, pueden utilizarse láseres con menor brillo, tales como los láseres de diodo directo.

En un esfuerzo por encontrar una técnica por láser que pudiera usarse tanto para cortar como para soldar, y que también pudiera eliminar algunas de las desventajas de la soldadura por ojo de cerradura realizada según la técnica anterior, los inventores observaron que cuando las fuentes de láser de ojo de cerradura y conducción se combinan en una configuración especial, los problemas se resuelven.

Compendio de la invención

La solución específica y sus realizaciones se definen en las reivindicaciones adjuntas.

Según un aspecto de la invención, se define un aparato de procesamiento por láser mediante la reivindicación independiente 1 y comprende:

- al menos un primer dispositivo de láser, dotando cada uno al menos a una primera fibra óptica de alimentación de un primer haz de láser;
- al menos un segundo dispositivo de láser, dotando cada uno al menos a una segunda fibra óptica de alimentación de un segundo haz de láser;
- medios de combinación de haces conectados a dichas fibras de alimentación primera y segunda y a una fibra óptica de múltiples núcleos, estando los medios de combinación adaptados para formar un haz de láser compuesto al estar dicha al menos una fibra óptica de alimentación alineada con un primer núcleo de dicha fibra óptica de múltiples núcleos, y al estar dicha al menos una segunda fibra óptica de alimentación alineada con al menos un segundo núcleo de dicha fibra óptica de múltiples núcleos;
- estando dichos núcleos primero y segundo adaptados a un cabezal de procesamiento de láser, para dirigir un haz de láser compuesto que comprende haces de láser de salida primero y segundo a una pieza de trabajo que va a procesarse; y
- una unidad de control conectada funcionalmente a dichos dispositivos de láser primero y segundo, para controlar individualmente la densidad de potencia en dichos haces de láser de salida primero y segundo.

El primer núcleo de dicha fibra óptica de múltiples núcleos tiene una sección transversal circular y el segundo núcleo tiene una forma anular concéntrica con respecto al primer núcleo. De este modo, el centro de una primera fibra óptica de alimentación, que está adaptada para transportar o guiar un primer haz de láser, puede alinearse con el centro del primer núcleo, y el centro de al menos una segunda fibra óptica de alimentación, que está adaptada para transportar o guiar un segundo haz de láser, puede alinearse entre los diámetros interior y exterior del segundo núcleo anular. En una realización, las segundas fibras ópticas de alimentación son cuatro y están interconectadas simétricamente con la sección transversal del segundo núcleo anular.

En algunas realizaciones, el primer dispositivo de láser es un láser de fibra y el segundo dispositivo de láser es un láser de diodo. En algunas realizaciones adicionales, ambos dispositivos de láser primero y segundo pueden ser láseres de fibra.

Según un segundo aspecto de la invención, se define un método para procesar una pieza de trabajo con un haz de láser mediante la reivindicación 6 del método independiente y comprende las etapas de:

- proporcionar al menos un primer haz de láser de al menos una primera fibra óptica de alimentación conectado a al menos un primer dispositivo de láser;
- proporcionar al menos un segundo haz de láser de al menos una segunda fibra óptica de alimentación conectado a al menos un segundo dispositivo de láser;
- combinar dichos haces de láser primero y segundo en una fibra óptica de múltiples núcleos alineando dicha al menos una primera fibra óptica de alimentación con un primer núcleo de dicha fibra óptica de múltiples núcleos y dicha al menos una segunda fibra óptica de alimentación con un segundo núcleo de dicha fibra óptica de múltiples núcleos;
- dirigir un haz de láser compuesto que comprende haces de salida primero y segundo desde dicha fibra óptica

de múltiples núcleos hasta una pieza de trabajo que va a procesarse; y

- controlar con una unidad de control que está conectada funcionalmente a dichos dispositivos de láser primero y segundo, la densidad de potencia en dichos haces de salida primero y segundo individualmente.

5

El centro de una primera fibra óptica de alimentación en el componente óptico está alineado con el centro de dicha parte de cuerpo para formar un primer núcleo de guiado de luz central que se extiende a través del componente óptico. Además, el centro de al menos una segunda fibra óptica de alimentación puede formar al menos un segundo núcleo de guiado de luz que se extiende a través de dicho componente óptico para proporcionar un haz de salida en dicho extremo de salida y a una distancia predefinida del primer núcleo de guiado de luz central. En una realización preferida, los segundos núcleos de guiado de luz son cuatro dispuestos simétricamente con respecto a dicho núcleo central, para proporcionar a los haces de salida una distancia angular de 90° entre sí a dicha distancia predefinida del primer núcleo de guiado de luz central.

10

15 Según un cuarto aspecto de la invención, se utiliza un aparato de la invención para la soldadura por láser. Según un quinto aspecto de la invención, se utiliza un aparato de la invención para el corte por láser.

Se obtienen ventajas considerables por medio de la invención, que incluyen:

20

- Reducción del efecto de endurecimiento en la costura de soldadura, lo que da como resultado una menor deformación;

- Tolerancias relajadas para piezas cortadas debido a superficies cortadas más limpias;

25

- Puntos grandes y orificios de cerradura pequeños proporcionan un mejor control y potencia

- Alimentación de material de relleno más fácil;

30

- Una fuente de láser para corte y soldadura;

- Reducción de costes para lograr el mismo resultado.

A continuación, se describen con más detalle realizaciones de la invención con referencia a los dibujos adjuntos.

35

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describe la invención en detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

40

La figura 1 muestra una sección transversal esquemática del impacto del procesamiento por láser de ojo de cerradura y conducción;

La figura 2 muestra en una sección transversal las diferencias entre las costuras de soldadura de ojo de cerradura y las costuras de soldadura híbridas de la invención;

45

La figura 3 muestra un ejemplo de un aparato de la invención;

La figura 4 muestra en una sección transversal un haz de láser compuesto según la presente invención;

50

La figura 5 muestra una sección transversal de un extremo de recepción de medios de acoplamiento de la invención;

La figura 6 ilustra el perfil del índice de refracción en la salida de los medios de acoplamiento de la invención;

55

La figura 7 muestra esquemáticamente un componente óptico según la presente invención.

Descripción detallada de realizaciones

60

La figura 1 muestra una sección transversal esquemática que explica la diferencia en impacto del procesamiento por conducción y por láser de ojo de cerradura. Una lámina 1 metálica que se procesa por un láser de diodo capaz de soldar o cortar por conducción, impacta contra un punto 2 relativamente superficial pero ancho del metal. Normalmente, los láseres de diodo de este tipo tienen una potencia nominal de 2 kW y una densidad de potencia muy inferior a 0,1 MW/cm². La profundidad máxima (y la capacidad de corte) del punto 2 suele ser de 2 mm

65

Un patrón de ojo de cerradura habitual provocado por un láser de alto brillo, tal como un láser de fibra, se marca con el número de referencia 3. No existe un límite práctico en cuanto al grosor al que deben cortarse las láminas metálicas con un láser de este tipo, pero depende, por supuesto, de la intensidad del haz de láser y de la velocidad

de procesamiento, es decir, la velocidad con la que el haz de láser se desplaza a través de la superficie metálica.

Los láseres de fibra pueden tener una potencia nominal de hasta 1 - 5 kW o más y una intensidad de potencia de varios MW/cm². El diámetro del ojo de cerradura puede encontrarse en la región de menos de un milímetro, 0,1 milímetros, por ejemplo, y el diámetro del punto 2 puede encontrarse en la región de diversos milímetros, tales como 3 milímetros, por ejemplo.

La figura 2 muestra ejemplos del efecto práctico del concepto de láser híbrido de la invención. En sección transversal se muestran tanto las costuras de soldadura de ojo de cerradura puras como las costuras de soldadura híbridas de la invención. Los artículos 4a y 4b muestran costuras de soldadura de ojo de cerradura con 2 velocidades de procesamiento diferentes, 3 y 4 metros/minuto, respectivamente. Los artículos 5a y 5b muestran costuras de soldadura híbridas con las mismas velocidades. Cabe señalar que la penetración es al menos un 20% más profunda en las costuras de soldadura de las figuras 5a y 5b que en las costuras de soldadura correspondientes de los artículos 4a y 4b, siendo los valores numéricos, por ejemplo, 1,5 mm frente a 1,2 mm en los artículos 4b y 5b, respectivamente. Debido a la propia naturaleza de la soldadura híbrida de la invención, la costura de soldadura también es, por supuesto, más ancha. Los valores de dureza Vickers (HV) también son inferiores para las costuras de soldaduras híbridas (HV245 y 255) que para las costuras de ojo de cerradura (HV300 y 335), lo que indica un menor efecto de endurecimiento en las costuras híbridas. Ya a partir de estos ejemplos, puede observarse que los efectos de combinar el procesamiento por láser de ojo de cerradura y por conducción son considerables.

La figura 3 muestra una realización de un aparato de la invención. Un láser 6 de fibra de alto brillo se conecta con una fibra 8 óptica a un elemento 11 de combinación de haces de láser. Del mismo modo, uno o varios láseres 7 de estado sólido o de diodo se conectan con una fibra 9 al elemento 11 de combinación de haces. Generalmente, los elementos de combinación de haces de láser individuales son conocidos en la técnica. En este caso, la tarea del elemento de combinación es disponer todos los haces de láser entrantes de modo que puedan acoplarse a una fibra 12 óptica de doble núcleo. Por tanto, la naturaleza híbrida del láser de la invención es el resultado de presentar dos haces de láser que se propagan dentro de una única fibra 12 óptica de doble núcleo. Los dos haces de láser dentro de la fibra 12 presentan perfiles de brillo e intensidad habitualmente diferentes, e incluso pueden presentar diferentes longitudes de onda. Además, los niveles de potencia en los dos haces de láser pueden controlarse de manera independiente y continua ajustando los niveles de potencia del láser 6 de fibra y del láser 7 de estado sólido o de diodo.

Con el fin de lograr un brillo suficiente del haz, el láser 6 de fibra de alto brillo puede consistir en módulos de amplificador de potencia de oscilador maestro u oscilador de láser de única o múltiples fibras bombeados por diodo (MOPA), consistiendo cada uno de los cuales en láseres de diodo acoplados por fibra acoplados a un resonador de fibra, por ejemplo. Ejemplos adicionales de láseres de alto brillo son láseres de disco delgado acoplados por fibra o láseres de Nd-YAG, que se bombean con luz procedente de láseres de diodo. La tecnología de láser actual se basa frecuentemente en la luz como medio de transferencia de energía, ya que muchos materiales de amplificación de luz de estado sólido activos son aislantes. Los láseres de diodo han sustituido a lámparas de flash utilizadas anteriormente debido a su mayor eficacia y a su espectro de luz más estrecho.

Habitualmente, el láser 7 es un láser acoplado por fibra que también puede comprender un resonador de láser de estado sólido bombeado por láseres de diodo, por ejemplo, un resonador de láser de disco delgado (no se muestra). La fibra 12 óptica de doble núcleo transporta el haz de láser desde el láser 6 de fibra en su núcleo central y el haz generado por uno o múltiples segundos resonadores 7 de láser en un núcleo exterior que se dispone anularmente alrededor del núcleo central, a una distancia del núcleo central, véase la figura 5. Obviamente, y en una realización de la invención, ambos láseres primero y segundo pueden ser láseres de fibra, teniendo cada uno niveles de potencia controlables de manera independiente. Algunos láseres son láseres de fibra por construcción e intrínsecamente alimentan la luz a una fibra óptica, otros necesitan estar interconectados ópticamente con una fibra con el fin de alinear el haz de láser con el núcleo de la fibra de salida. Por tanto, en algunas realizaciones, ambos láseres 6 y 7 pueden ser láseres de fibra, en otras realizaciones cualquier combinación de láseres de fibra y de estado sólido o de diodo, o ambos pueden ser láseres de diodo. El fin del aparato de láser y las potencias nominales de los módulos de láser individuales determinan qué tipos de láseres son factibles para conectarse al elemento 11 de combinación de haces.

La fibra óptica de doble núcleo está conectada en su extremo opuesto a un cabezal 13 de procesamiento de láser que guía un haz 16 de láser combinado o compuesto hacia una pieza 14 de trabajo. A menudo, el cabezal 13 de procesamiento de láser comprende lentes de colimación y de enfoque (no se muestran) para producir una imagen del perfil de intensidad que emerge del extremo de la fibra 12 sobre la pieza 14 de trabajo con un tamaño deseado, según lo determinado por las longitudes focales de las lentes. La tarea del cabezal 13 de láser también puede ser proporcionar gas protector a una costura de soldadura o un chorro de gas presurizado a una línea de corte. El gas presurizado también protege la óptica dentro del cabezal 13 de láser frente a salpicaduras de metal fundido, y también las elimina de la línea de corte ayudando a mantenerlo limpio.

En la invención, el aparato está dotado de una unidad 10 de control. La unidad de control también puede estar

integrada en una de las unidades 6 o 7 de láser. Alternativamente, todas las unidades 6, 7 y 10 pueden colocarse en un único alojamiento y ser solidarias entre sí en su construcción, por motivos de conveniencia y fiabilidad. La unidad 10 de control puede recibir retroalimentación 15 por parte del usuario del cabezal 13 de láser, o retroalimentación automática, por ejemplo, por parte de sensores de intensidad lumínica. Entonces, la retroalimentación se utiliza para controlar la potencia de los láseres 6 y 7 para seguir objetivos predeterminados, o para ajustar la potencia del láser según el resultado de soldadura o corte resultantes observados en la pieza 14 de trabajo. La unidad de control puede consistir, por ejemplo, en un ordenador de uso general. Un ordenador de este tipo puede estar dotado de un software adecuado para controlar los láseres 6 y 7 en función de parámetros de entrada dados y de retroalimentación 15 recibida. Alternativamente, la unidad de control puede comprender un microcontrolador, tal como un microcontrolador Renesas RL78 o Toshiba TLCS-870, o similares.

Según la presente invención, el elemento 11 de combinación de haces está realizado de componentes de sílice fundida en donde la potencia óptica se propaga dentro de la sílice fundida a través de toda la estructura del elemento de combinación, y el elemento de combinación tiene fibras ópticas en la entrada y salida. Por tanto, en la presente invención, el elemento 11 de combinación de haces puede denominarse elemento de combinación de toda la fibra de vidrio.

En la figura 4 se muestra la estructura de un haz 40 de láser compuesto que emerge del cabezal de procesamiento de láser a la pieza 14 de trabajo. Un haz 42 exterior anular transporta la potencia de láser proporcionada por el dispositivo 7 de láser, que producirá un punto relativamente superficial pero ancho en la pieza de trabajo, remítase a la figura 1. Por consiguiente, un haz 41 interior transporta la potencia de láser proporcionada por el dispositivo 6 de láser de fibra, y provocará un patrón de ojo de cerradura en la pieza de trabajo, debido a su mayor brillo. Entre los haces existe una zona 43 de forma anular, que solo proporciona radiación parásita o ninguna en absoluto.

En la figura 5 se muestra una sección transversal de una fibra 50 óptica de doble núcleo, que tiene un núcleo 51 central con un recubrimiento 54 principal. El núcleo 53 exterior está formado espacialmente por el recubrimiento 54 interior y el recubrimiento 55 exterior. Tal como resulta evidente para cualquiera que esté familiarizado con la técnica, el recubrimiento se define como un material que tiene un índice de refracción inferior al del núcleo. El diámetro del núcleo 51 central puede ser de 70 μm , y los diámetros interior y exterior del núcleo 53 exterior pueden ser de 100 μm y de 180 μm , respectivamente. Los núcleos 51 y 53 central y periférico también pueden adoptar formas distintas a las descritas anteriormente. El núcleo 51 central puede tener forma cuadrada o rectangular, por ejemplo. El núcleo 53 periférico también puede tener límites rectangulares o estar compuesto por múltiples segmentos de formas lineales o circulares.

Con líneas discontinuas se muestra cómo los núcleos de los extremos de las fibras 56 y 57 de alimentación fundidas (fibras 72 y 71 en la figura 7) del elemento de combinación de haces pueden alinearse con la sección transversal de la fibra 50 óptica de doble núcleo.

La radiación láser en el núcleo 51 central de la fibra 50 óptica de doble núcleo tiene un perfil de intensidad espacial central y estrecho, mientras que la distribución de la intensidad en el núcleo 53 exterior adopta la forma de una rosquilla. Además, se obtienen imágenes de este patrón de intensidad espacial con la óptica de procesamiento del cabezal 13 de láser sobre la pieza de trabajo. Con esta configuración, la calidad del haz de láser es relativamente alta tanto en el núcleo central como en el exterior. Sin embargo, debido a las diferencias de formas y de zonas de sección transversal, el núcleo interior puede producir una mejor calidad de haz que el núcleo exterior y, por tanto, está más orientado al corte de materiales y piezas de trabajo delgados o a la perforación y corte de materiales gruesos. Para materiales más gruesos, las desventajas de una calidad de haz algo inferior producida por el núcleo exterior se ven compensadas por la velocidad de procesamiento combinada y la limpieza de la costura de soldadura o superficies de corte debido a la distribución de intensidad en forma de anillo del núcleo exterior. Las intensidades de potencia de los núcleos interior y exterior pueden ajustarse individualmente y según los requisitos de la pieza de trabajo, ajustando la potencia de las fuentes de láser de origen.

Ahora, haciendo referencia a la figura 6, se muestra un perfil de índice de refracción a modo de ejemplo de una fibra 50 óptica de doble núcleo. Los núcleos 51 y 53 deben tener un índice n_{51} y n_{53} de refracción que sea superior a los índices n_{54} y n_{55} de los materiales 54 y 55 circundantes, respectivamente. De esta manera, el haz de láser se guía hacia una pieza de trabajo que va a cortarse, por ejemplo, con la menor degradación posible en el perfil de intensidad anular y atenuación de la potencia óptica y la intensidad de cada uno de los núcleos, remítase a la figura 4.

El índice de refracción de sílice fundida puede ajustarse mediante su adulteración con impurezas. La adulteración de sílice fundida con germanio da como resultado un aumento del índice de refracción, mientras que la adulteración con flúor da como resultado una reducción del índice de refracción. Por tanto, los núcleos 51 y 53 pueden estar realizados de sílice fundida adulterada con GE o no adulterada, y sus recubrimientos 54 y 55 principales de sílice fundida adulterada con F, por ejemplo.

En la figura 7 se muestra el componente 70 óptico clave del elemento 11 de combinación de fibras. Es un tubo capilar de múltiples orificios que tiene una parte de cuerpo que consiste en un tubo 77 de vidrio de sílice fundida,

un extremo 76 de entrada para recibir haces de láser (no se muestran) transportados por fibras 71 y 72 ópticas de alimentación procedentes de al menos dos dispositivos de láser (por ejemplo, fibras 8 y 9 de los dispositivos 6 y 7). También tiene un extremo 74 de salida opuesto para suministrar un haz de láser de salida compuesto consistente en al menos dos haces de láser alineados entre sí en la misma dirección.

5

Las fibras 71, 72 ópticas de alimentación que entran en el extremo 76 de entrada se extienden a través de dicha parte de cuerpo en los orificios capilares hasta dicho extremo 74 de salida, y se funden con el tubo 77 de vidrio para formar un componente que consiste en núcleos 71a, 72a de guiado de luz y material de vidrio circundante. Los núcleos tienen un índice de refracción que es superior al índice de refracción del material de vidrio circundante alrededor de los núcleos para permitir la propagación de la potencia óptica en los núcleos a través de todo el componente por medio de reflexión interna total.

10

Para mostrar el principio del elemento de combinación de fibras, las dimensiones de los núcleos y las dimensiones del componente 70 no están a escala, y para mayor claridad, solo se muestran un par de núcleos con líneas discontinuas.

15

Un componente 70 óptico puede fabricarse, por ejemplo, mediante dibujo. En este ejemplo, puede haber un orificio mayor para la fibra 72 de aproximadamente 300 μm de diámetro en el centro y cuatro orificios más pequeños para las fibras 71 colocadas de manera simétrica y periférica con respecto al orificio 72 central. Los orificios más pequeños pueden tener un diámetro de aproximadamente 150 μm , por ejemplo. El diámetro exterior del tubo capilar puede ser de 1 mm. El material del tubo puede ser sílice fundida, por ejemplo. Las fibras, cuyo recubrimiento exterior de vidrio en masa (no se muestra) preferiblemente se ha grabado al menos parcialmente, se insertan en orificios intermedios y se empujan a través de una parte 73 media del estrechamiento capilar. Cuando las fibras están en su sitio, el tubo 70 capilar se calienta en la sección 73 media para fundir las fibras con el tubo y para formar un primer núcleo 72a de guiado de luz central y segundos núcleos 71a de guiado de luz, que se extienden a través del componente 70 óptico.

20

25

Las fibras 71, 72 pueden, como alternativa, tener un núcleo interior de material de sílice fundida pura y un recubrimiento exterior de sílice adulterada con F. De esta manera, el tubo 77 de vidrio de sílice fundida del componente 70 óptico puede fabricarse a partir de sílice fundida pura, porque los núcleos de guiado de luz de las fibras están intrínsecamente rodeados por material con un índice de refracción más bajo. Esto significa que la luz permanece en los núcleos 71a, 72a incluso si el índice de refracción del tubo capilar es el mismo que en los núcleos de fibra. En este caso, el recubrimiento de fibra exterior de vidrio en masa puede grabarse hasta el recubrimiento adulterado con F, o incluso más, siempre y cuando quede algún recubrimiento adulterado con F alrededor del núcleo de fibra interior adulterado con Ge o puro.

30

35

Los núcleos 71a, 72a fundidos (mostrados con líneas discontinuas) y el tubo 70 se cortan entonces o se parten para crear una superficie 74 de extremo. Una fibra 12 de doble núcleo como la que se muestra en la figura 3 puede soldarse entonces al tubo capilar en el extremo 74, dando como resultado una costura 75.

40

En realizaciones preferidas, el centro de la primera 72 fibra óptica de alimentación está alineado con el centro del componente 70, y los centros de, por ejemplo, cuatro segundas fibras 71 ópticas de alimentación se ubican para proporcionar un haz de salida en el extremo 74 de salida a una distancia R predefinida del primer núcleo 72a de guiado de luz central. Los segundos núcleos 71a de guiado de luz están dispuestos, de manera preferible, simétricamente con respecto al núcleo 72a central, para dotar a los haces de salida de una distancia angular de 90° entre sí.

45

Debe entenderse que las realizaciones de la invención dada a conocer no se limitan a las estructuras, etapas del proceso o materiales particulares dados a conocer en el presente documento, sino que se extienden a equivalentes de los mismos tal como lo reconocerían los expertos habituales en la técnica pertinente. También debe entenderse que la terminología empleada en el presente documento se utiliza únicamente con el fin de describir realizaciones particulares y no pretende ser limitativa.

50

La referencia en la totalidad de la presente memoria descriptiva a "una realización" significa que una característica, estructura o rasgo particular descrito en relación con la realización se incluye en al menos una realización de la presente invención. Por tanto, las apariciones de las frases "en una realización" en diversos lugares a lo largo de la presente memoria descriptiva no se refieren necesariamente a la misma realización.

55

En el presente documento, puede hacerse referencia a diversas realizaciones y ejemplos de la presente invención junto con alternativas para los diversos componentes de la misma. Se entiende que tales realizaciones, ejemplos y alternativas no deben interpretarse como equivalentes de facto entre sí, sino que deben considerarse representaciones independientes y autónomas de la presente invención.

60

Además, las características, estructuras o rasgos descritos pueden combinarse de cualquier manera adecuada en una o más realizaciones. En la descripción, se proporcionan numerosos detalles específicos, tales como ejemplos de longitudes, anchuras, formas, etc., para proporcionar una comprensión exhaustiva de las realizaciones de la

65

invención. Sin embargo, un experto en la técnica pertinente reconocerá que la invención puede llevarse a la práctica sin uno o más detalles específicos, o con otros métodos, componentes, materiales, etc. En otros casos, las estructuras, materiales u operaciones que se conocen bien no se muestran ni describen en detalle para evitar ocultar aspectos de la invención.

5

Aunque los ejemplos anteriores ilustran los principios de la presente invención en una o más aplicaciones particulares, resultará evidente para expertos habituales en la técnica que pueden realizarse numerosas modificaciones en cuanto a la forma, el uso y los detalles de la implementación sin el ejercicio de la facultad inventiva, y sin alejarse de los principios y conceptos de la invención. Por consiguiente, no se pretende limitar la invención, salvo en lo que se refiere a las reivindicaciones expuestas a continuación.

10

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de procesamiento por láser que comprende:

- 5 - al menos un primer dispositivo (6) de láser, dotando cada uno al menos a una primera fibra (8) óptica de alimentación de un primer haz de láser;
- al menos un segundo dispositivo (7) de láser, dotando cada uno al menos a una segunda fibra (9) óptica de alimentación de un segundo haz de láser;
- 10 - medios (11) de combinación de haces conectados a dichas fibras de alimentación primera y segunda y a una fibra (12; 50) óptica de múltiples núcleos, estando los medios de combinación adaptados para formar un haz (16) de láser compuesto, al presentar en dicha fibra (50) óptica de múltiples núcleos un primer núcleo (51) con una sección transversal circular ubicado en el centro de dicha fibra óptica de múltiples núcleos, y un segundo núcleo (53) de forma anular concéntrica con respecto a dicho primer núcleo; en el que
- 15 - el centro de una primera fibra (72; 56) óptica de alimentación está alineado con el centro de dicho primer núcleo (51) y el centro de al menos una segunda fibra (71; 57) óptica de alimentación está alineado entre los diámetros interior y exterior del segundo núcleo (53) anular; y en el que
- 20 - los extremos de las fibras de alimentación se funden dentro de un tubo (77) de vidrio y el tubo de vidrio se suelda a la fibra óptica (50) de múltiples núcleos; y en el que
- dichos núcleos primero y segundo están conectados a un cabezal (13) de procesamiento de láser, para dirigir un haz (16; 40) de láser compuesto que comprenden haces (41, 42) de láser de salida primero y segundo hacia una pieza (14) de trabajo que va a procesarse; y
- 25 - una unidad (10) de control conectada funcionalmente a los dispositivos (6, 7) de láser primero y segundo, que está configurada para controlar individualmente los niveles de potencia de los dispositivos de láser primero y segundo para controlar la densidad de potencia en dichos haces de láser de salida primero y segundo.
- 30

2. Un aparato según la reivindicación 1, en el que las segundas fibras (71; 57) ópticas de alimentación son cuatro y están interconectadas simétricamente con la sección transversal de dicho segundo núcleo (53) anular de dicha fibra óptica de múltiples núcleos.

35

3. Un aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 2, en el que dicho al menos un primer dispositivo (6) de láser es un láser de fibra.

4. Un aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3, en el que dicho al menos un segundo dispositivo (7) de láser es un láser de diodo.

40

5. Un aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3, en el que ambos dispositivos (6, 7) de láser primero y segundo son láseres de fibra.

45 6. Un método para procesar una pieza de trabajo con un haz de láser, que comprende las etapas de:

- proporcionar al menos un primer haz de láser de al menos una primera fibra (8) óptica de alimentación conectado a al menos un primer dispositivo (6) de láser;

50 - proporcionar al menos un segundo haz de láser de al menos una segunda fibra (9) óptica de alimentación conectado a al menos un segundo dispositivo (7) de láser;

- combinar dichos haces de láser primero y segundo en una fibra (12; 50) óptica de múltiples núcleos alineando dicha al menos una primera fibra (72; 56) óptica de alimentación con un primer núcleo (51) que tiene una sección transversal circular y ubicado en el centro de dicha fibra (50) óptica de múltiples núcleos, y alineando dicha al menos una segunda fibra (71; 57) óptica de alimentación con un segundo núcleo (53) que tiene una forma anular concéntrica con respecto a dicho primer núcleo de dicha fibra (50) óptica de múltiples núcleos; en el que

55

- el centro de dicha primera fibra (72; 56) óptica de alimentación está alineado con el centro de dicho primer núcleo (51) y el centro de al menos una segunda fibra (71; 57) óptica de alimentación está alineado entre los diámetros interior y exterior del segundo núcleo (53) anular; y en el que los extremos de las fibras de alimentación se funden dentro de un tubo (77) de vidrio y el tubo de vidrio se suelda a la fibra (50) óptica de múltiples núcleos; y

60

- dirigir un haz (16; 40) de láser compuesto que comprende haces (41, 42) de salida primero y segundo desde dicha fibra óptica de múltiples núcleos hasta una pieza (14) de trabajo que va a procesarse; y

65

- controlar con una unidad (10) de control que está conectada funcionalmente a dichos dispositivos (6, 7) de láser primero y segundo, los niveles de potencia de los dispositivos de láser primero y segundo, con el fin de controlar la densidad de potencia en dichos haces de salida primero y segundo individualmente.

5 7. Un método según la reivindicación 6, que comprende las etapas adicionales de:

- alinear el centro de dicha primera fibra (72; 56) de alimentación con el centro de un primer núcleo (51) que es central en la sección transversal de dicha fibra (50) óptica de múltiples núcleos;

10 - alinear el centro de una segunda fibra (71; 57) de alimentación entre los diámetros interior y exterior de un segundo núcleo (53) anular concéntrico con respecto a dicho primer núcleo.

8. El uso de un aparato según las reivindicaciones 1 - 5 para soldadura por láser.

15 9. El uso de un aparato según las reivindicaciones 1 - 5 para corte por láser.

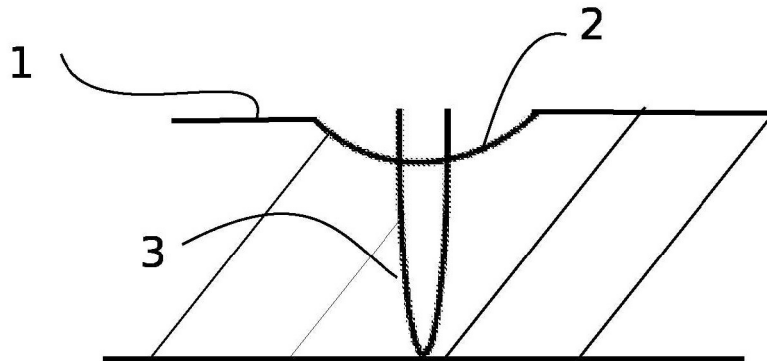


Fig. 1

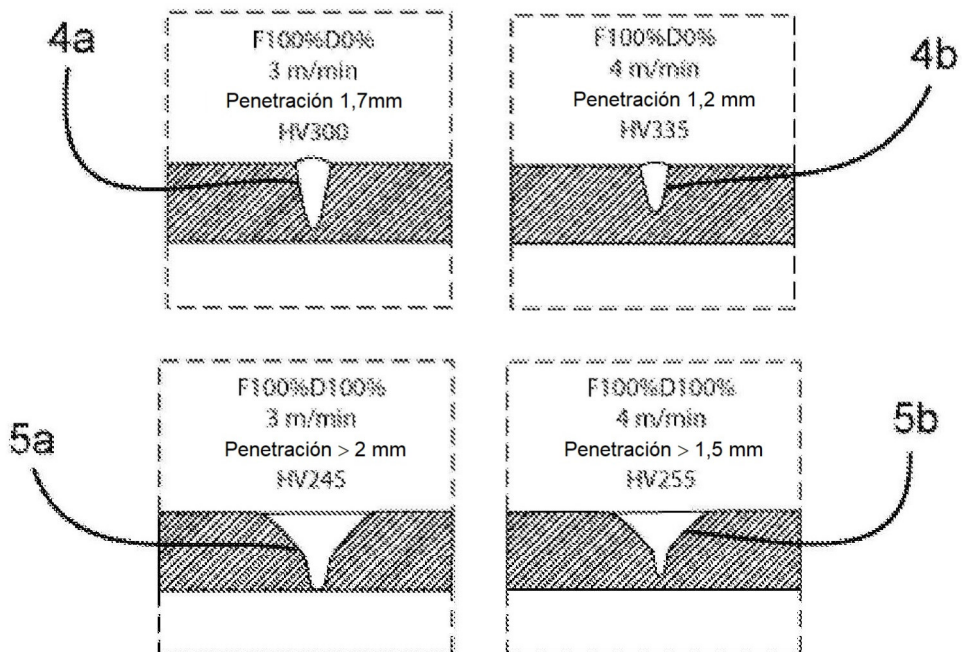
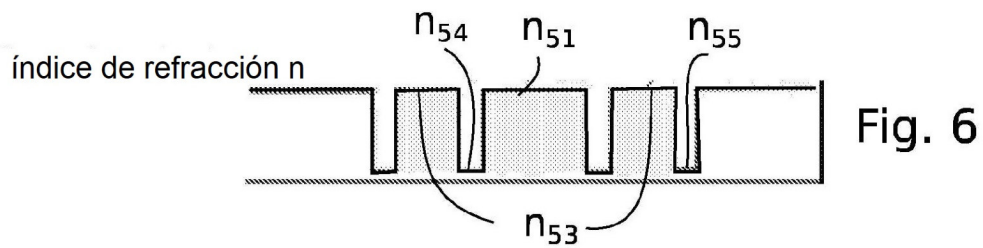
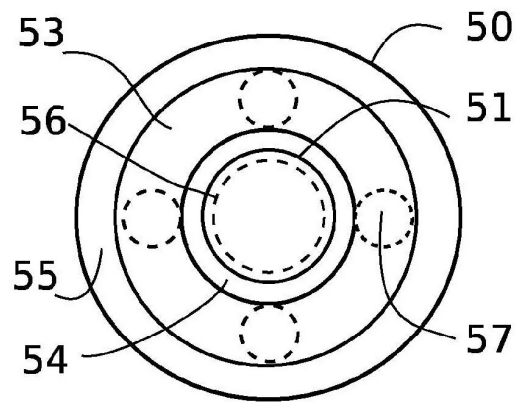
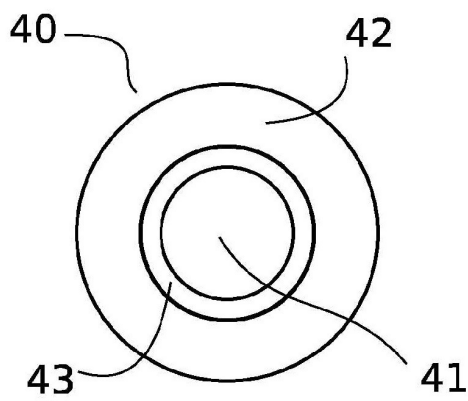
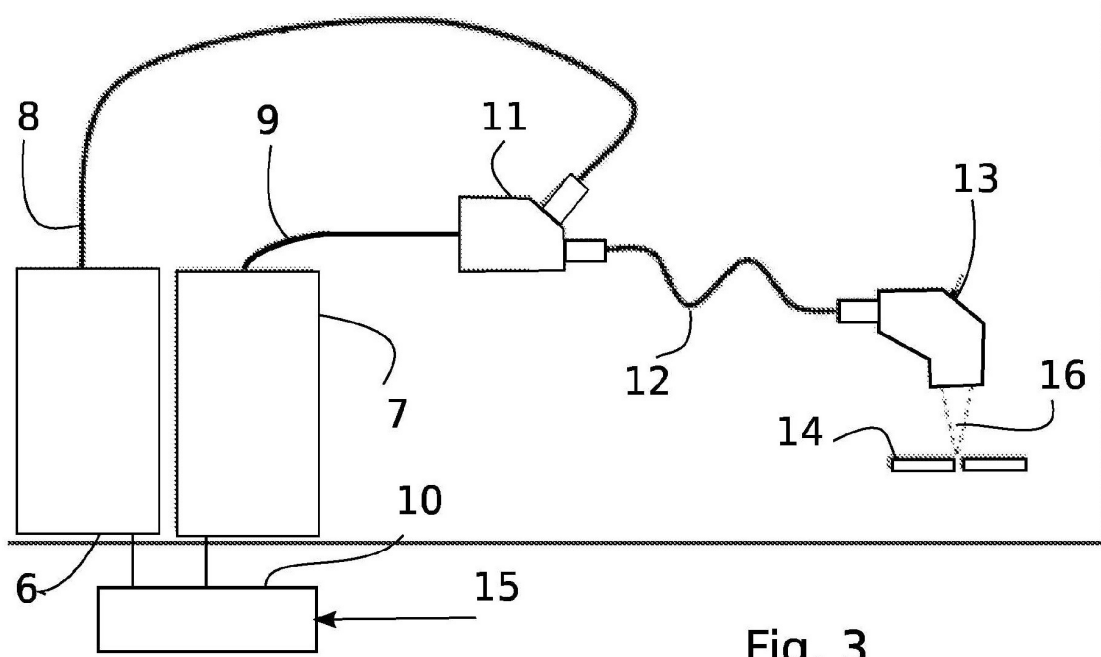


Fig. 2



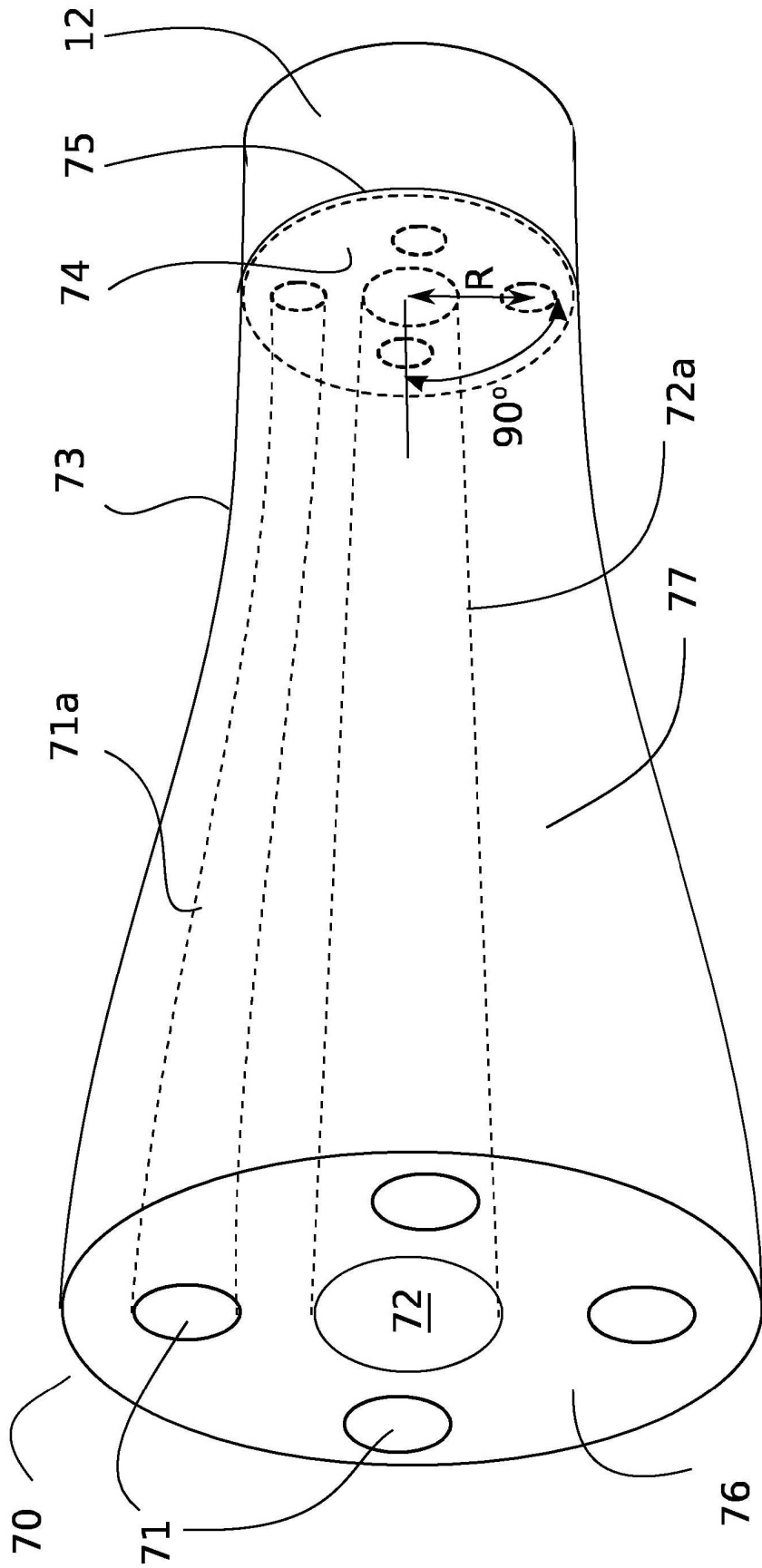


Fig. 7