

FUNCIONALIDAD DE LIMPIEZA EN SISTEMA LÁSER PORTÁTIL

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

La presente solicitud reivindica prioridad a la Solicitud de Patente Provisional de EE. UU. N.º 63/212 280, presentada el 18 de junio de 2021, titulada "FUNCIONALIDAD DE LIMPIEZA EN SISTEMA LÁSER PORTÁTIL" y a la Solicitud de Patente Provisional de EE. UU. N.º 63/242 175, presentada el 9 de septiembre de 2021, titulada "FUNCIONALIDAD DE LIMPIEZA EN SISTEMA LÁSER PORTÁTIL", cuyo contenido se incorpora como referencia en el presente documento en su totalidad.

La presente solicitud se refiere a la Solicitud Internacional PCT N.º PCT/US2021/047498 titulada "SISTEMA LÁSER PORTÁTIL" presentada el 25 de agosto de 2021, y a la Solicitud de Patente Provisional de EE. UU. N.º 63/212,290 titulada "FUNCIONALIDAD DE PROCESAMIENTO DE MATERIALES EN SISTEMA LÁSER PORTÁTIL" presentada el 18 de junio de 2021, cuyo contenido se incorporado como referencia en el presente documento en su totalidad.

ANTECEDENTES

Campo técnico

El campo técnico se refiere generalmente a un dispositivo láser portátil que puede usarse para operaciones de procesamiento de materiales y más específicamente a un dispositivo láser portátil configurado con funcionalidad de limpieza.

Exposición de los antecedentes

Los procesos de materiales realizados en superficies pueden requerir un tratamiento de limpieza que elimine contaminantes, como óxidos, materiales orgánicos o inorgánicos o rastros de soldadura de la superficie. La irradiación láser se puede utilizar para proporcionar entrada de calor a la superficie que vaporiza una capa superior de la superficie.

Los equipos de procesamiento de materiales basados en láser con capacidades de alta potencia (por ejemplo, al menos 1 kW), se han utilizado convencionalmente para corte y soldadura industriales, pero generalmente han sido demasiado costosos para muchos talleres

mecánicos más pequeños u otros usuarios finales a menor escala. Sin embargo, con el tiempo la potencia media de los diodos láser ha aumentado significativamente mientras que su precio medio por vatio ha disminuido exponencialmente. Además, se han realizado avances tecnológicos en sistemas láser de mayor potencia. Estos factores hacen que sea más factible
5 implementar láseres de mayor potencia en sistemas de procesamiento de materiales más pequeños, como dispositivos láser portátiles. Dichos sistemas no sólo serían deseables para talleres industriales más pequeños, sino que estos dispositivos serían especialmente útiles en aplicaciones donde los sistemas más grandes no son prácticos o imposibles de usar.

Además de cortar y soldar, otros procesos de materiales basados en láser incluyen
10 perforación, soldadura fuerte, soldadura blanda, revestimiento y otros tratamientos térmicos como la limpieza. La tecnología láser de fibra en particular ofrece varias ventajas sobre otras tecnologías láser, como el láser excímero o los sistemas de CO₂. Además de menores costes de mantenimiento, la tecnología láser de fibra también ofrece altas eficiencias al enchufarse a la pared, larga vida útil de los diodos y puede transportarse más fácilmente. En particular, la
15 limpieza con láser de fibra ofrece importantes ventajas sobre otros métodos de limpieza, como el chorro abrasivo, el chorro en frío, la limpieza química y la limpieza térmica. Sin embargo, los métodos de limpieza con láser de fibra convencionales hasta este momento no han ofrecido un modo de limpieza económico y de alta calidad utilizando un dispositivo láser portátil a base de fibra.

20 SUMARIO

Los aspectos y realizaciones están dirigidos a un método y sistema para limpiar y/o pasivar una superficie usando radiación láser.

De acuerdo con una realización ilustrativa, se proporciona un sistema para limpiar una superficie usando radiación láser. En un ejemplo, el sistema incluye una fuente láser
25 configurada para generar radiación láser, la fuente láser configurada para emitir radiación láser en un modo de limpieza, el modo de limpieza caracterizado como un modo de onda continua modulada (CW) que tiene un ciclo de trabajo inferior al 100 %, una frecuencia de repetición de impulso de al menos 10 kilohercios (kHz) y una duración de impulso FWHM en un intervalo de 1 microsegundo (µs) a 10 milisegundos (ms) inclusive, una carcasa
30 configurada como un aparato portátil que dirige la radiación láser a la superficie y una fibra óptica que acopla el aparato portátil a la fuente láser.

En un ejemplo, la frecuencia de repetición de impulsos está en el intervalo de 10 a 55

kHz inclusive.

En un ejemplo, el modo de limpieza tiene una potencia máxima de 1500 vatios (W) inclusive.

En un ejemplo, el ciclo de trabajo está en un intervalo del 10 al 95 % inclusive.

- 5 En un ejemplo, el sistema incluye además un controlador configurado para controlar la fuente láser.

En un ejemplo, el sistema incluye además al menos un espejo móvil colocado dentro de la carcasa, el al menos un espejo móvil configurado para hacer oscilar un haz láser de radiación láser de modo que el haz láser tenga una amplitud de oscilación mayor que 5 mm.

- 10 En un ejemplo, el sistema incluye además una boquilla de limpieza configurada para unirse a la carcasa y suministrar radiación láser emitida en el modo de limpieza sobre una superficie a limpiar.

- En un ejemplo, la boquilla de limpieza está configurada con una abertura que permite el paso de la radiación láser. En otro ejemplo, la radiación láser forma una línea de exploración en la superficie. En otro ejemplo, la abertura está configurada además para suministrar gas a la superficie. En un ejemplo, la abertura está configurada además de tal manera que un haz láser de la radiación láser tenga una amplitud de oscilación de 15 mm. En otro ejemplo, la boquilla de limpieza tiene una punta de boquilla configurada con uno de: una configuración de un punto, una configuración de dos puntos o una ranura. En un ejemplo, la punta de la boquilla está configurada para ajustarse a presión sobre una porción del cuerpo tubular de la boquilla de limpieza.
- 15
- 20

- De acuerdo con otra realización ilustrativa, se proporciona un método para limpiar una superficie con un láser. En un ejemplo, el método incluye proporcionar una fuente láser, la fuente láser configurada para emitir radiación láser en un modo de limpieza, el modo de limpieza caracterizado como un modo de onda continua modulada (CW) que tiene un ciclo de trabajo inferior al 100 %, una frecuencia de repetición de impulso de al menos 10 kilohercios (kHz) y una duración del impulso FWHM en un intervalo de 1 microsegundo (μ s) a 10 milisegundos (ms) inclusive, generando radiación láser desde la fuente láser en el modo de limpieza y dirigiendo la radiación láser emitida por la fuente láser sobre una superficie a limpiar.
- 25
- 30

En un ejemplo, la frecuencia de repetición de impulsos está en el intervalo de 10 a 55 kHz inclusive.

En un ejemplo, el modo de limpieza tiene una potencia máxima de 1500 vatios (W) inclusive.

5 En un ejemplo, el ciclo de trabajo está en un intervalo del 10 al 95 % inclusive.

En un ejemplo, el método incluye además hacer oscilar un haz láser de la radiación láser emitida de modo que el haz láser tenga una longitud de oscilación mayor que 5 mm.

En un ejemplo, el método incluye además proporcionar un dispositivo portátil que emite la radiación láser.

10 En un ejemplo, el método incluye además proporcionar una boquilla de limpieza configurada para unirse al dispositivo portátil y suministrar radiación láser emitida en el modo de limpieza sobre una superficie a limpiar.

De acuerdo con otra realización ilustrativa, se proporciona una boquilla de limpieza para usar con un cabezal de procesamiento láser configurado para suministrar radiación láser emitida desde una fuente láser sobre una superficie a limpiar. En un ejemplo, la boquilla de limpieza comprende una abertura configurada para permitir que la radiación láser y un gas se suministren a la superficie.

15

En un ejemplo, la boquilla de limpieza tiene una punta de boquilla configurada con uno de: una configuración de un punto, una configuración de dos puntos o una ranura. En un ejemplo, la punta de la boquilla está configurada para acoplarse sobre una porción del cuerpo tubular de la boquilla de limpieza. En otro ejemplo, la porción de cuerpo tubular está configurada para acoplarse al cabezal de procesamiento láser. En otro ejemplo, la porción de cuerpo tubular está acoplada al cabezal de procesamiento láser con un mecanismo de fijación. En un ejemplo, la radiación láser que se suministra a la superficie forma una línea de exploración. En un ejemplo, el cabezal de procesamiento láser está configurado para hacer oscilar un haz láser de la radiación láser que se suministra a la superficie, estando configurada la abertura para acomodar una amplitud de oscilación del haz láser.

20

25

De acuerdo con otra realización ilustrativa, se proporciona un sistema para pasivar una superficie usando radiación láser. En un ejemplo, el sistema incluye una fuente láser configurada para generar radiación láser, estando configurada la fuente láser para emitir

30

radiación láser en un modo de onda continua modulada (CW) con un ciclo de trabajo inferior al 100 %, una frecuencia de repetición de impulsos en un intervalo de 30 a 55 kilohercios (kHz) inclusive y una duración de impulso FWHM en el orden de nanosegundos o más, una carcasa configurada como un aparato portátil que dirige la radiación láser a la superficie y una fibra óptica que acopla el aparato portátil a la fuente láser.

En un ejemplo, el modo de CW modulada tiene una potencia máxima de 1500 vatios (W) inclusive.

En un ejemplo, el ciclo de trabajo está en un intervalo del 10 al 95 % inclusive.

En un ejemplo, la duración del impulso FWHM es del orden de milisegundos inclusive.

En un ejemplo, el sistema incluye además al menos un espejo móvil colocado dentro de la carcasa, el al menos un espejo móvil configurado para hacer oscilar un haz láser de radiación láser de modo que el haz láser tenga una amplitud de oscilación mayor que 5 mm.

En un ejemplo, el sistema incluye además una boquilla de limpieza configurada para unirse a la carcasa y suministrar radiación láser emitida en el modo de pasivación sobre una superficie a pasivar.

En un ejemplo, la boquilla de limpieza está configurada con una abertura que permite el paso de la radiación láser y suministra gas a la superficie.

En un ejemplo, la radiación láser forma una línea de exploración en la superficie.

En un ejemplo, la abertura está configurada además de modo que un haz láser de la radiación láser tenga una amplitud de oscilación de 15 mm.

De acuerdo con otra realización, se proporciona un método para pasivar una superficie con un láser. En un ejemplo, el método incluye proporcionar una fuente láser, la fuente láser configurada para emitir radiación láser en un modo de onda continua modulada (CW) que tiene un ciclo de trabajo inferior al 100 %, una frecuencia de repetición de impulso en un intervalo de 30 a 55 kilohercios (kHz) inclusive y una duración de impulso FWHM en el orden de nanosegundos o más, generando radiación láser desde la fuente láser en el modo CW modulada y dirigiendo la radiación láser emitida desde la fuente láser sobre una superficie a pasivar.

En un ejemplo, el modo de CW modulada tiene una potencia máxima de 1500 vatios

(W) inclusive.

En un ejemplo, el ciclo de trabajo está en un intervalo del 10 al 95 % inclusive.

En un ejemplo, la duración del impulso FWHM es del orden de milisegundos inclusive.

En un ejemplo, el método incluye además hacer oscilar un haz láser de la radiación
5 láser emitida de modo que el haz láser tenga una longitud de oscilación mayor que 5 mm.

En un ejemplo, el método incluye además proporcionar un dispositivo portátil que emite la radiación láser. En un ejemplo adicional, el método incluye además proporcionar una boquilla de limpieza configurada para unirse al dispositivo portátil y suministrar radiación láser emitida en el modo de CW modulada sobre la superficie a pasivar.

10 En un ejemplo, la superficie comprende un cordón de soldadura y la radiación láser se dirige al cordón de soldadura.

En un ejemplo, la superficie es un material metálico que comprende uno de: níquel, aleaciones de níquel, Inconel, titanio, aleaciones de titanio y acero inoxidable.

De acuerdo con otra realización ilustrativa, se proporciona un sistema para pasivar una
15 superficie usando radiación láser. En un ejemplo, el sistema incluye una fuente láser configurada para generar radiación láser, la fuente láser configurada para emitir radiación láser en un modo de onda continua (CW) que tiene una potencia máxima de 1500 vatios (W) inclusive, una carcasa configurada como un aparato portátil que dirige la radiación láser a la superficie y una fibra óptica que acopla el aparato portátil a la fuente láser.

20 En un ejemplo, el sistema incluye además al menos un espejo móvil colocado dentro de la carcasa, el al menos un espejo móvil configurado para hacer oscilar un haz láser de radiación láser de modo que el haz láser tenga una amplitud de oscilación mayor que 5 mm.

En un ejemplo, el sistema incluye además una boquilla de limpieza configurada para unirse a la carcasa y suministrar radiación láser emitida en el modo de CW sobre una
25 superficie a pasivar. En otro ejemplo, la boquilla de limpieza está configurada con una abertura que permite el paso de la radiación láser y suministrar gas a la superficie. En un ejemplo, la radiación láser forma una línea de exploración en la superficie. En un ejemplo, la abertura está configurada además de modo que un haz láser de la radiación láser tenga una amplitud de oscilación de 15 mm.

De acuerdo con otra realización ilustrativa, se proporciona un método para pasivar una superficie usando con un láser. En un ejemplo, el método incluye proporcionar una fuente láser, la fuente láser configurada para emitir radiación láser en un modo de onda continua (CW) que tiene una potencia máxima de 1500 vatios (W) inclusive, generando radiación láser desde la fuente láser en el modo de CW y dirigir la radiación láser emitida desde la fuente láser sobre una superficie a pasivar.

En un ejemplo, el método incluye además hacer oscilar un haz láser de la radiación láser emitida de modo que el haz láser tenga una longitud de oscilación mayor que 5 mm.

En un ejemplo, el método incluye además proporcionar un dispositivo portátil que emite la radiación láser.

En un ejemplo, el método incluye además proporcionar una boquilla de limpieza configurada para unirse al dispositivo portátil y suministrar radiación láser emitida en el modo de CW sobre la superficie a pasivar.

En un ejemplo, la superficie comprende un cordón de soldadura y la radiación láser se dirige al cordón de soldadura.

En un ejemplo, la superficie es un material metálico que comprende uno de: níquel, aleaciones de níquel, Inconel, titanio, aleaciones de titanio y acero inoxidable.

Aún otros aspectos, realizaciones y ventajas de estos aspectos y realizaciones de ejemplo se analizan en detalle a continuación. Además, debe entenderse que tanto la información anterior como la siguiente descripción detallada son ejemplos meramente ilustrativos de diversos aspectos y realizaciones y pretenden proporcionar una visión general o marco para comprender la naturaleza y el carácter de los aspectos y realizaciones reivindicados. Las realizaciones descritas en el presente documento se pueden combinar con otras realizaciones y las referencias a "una realización", "un ejemplo", "algunas realizaciones", "algunos ejemplos", "una realización alternativa", "varias realizaciones", "al menos una realización", "esta y otras realizaciones", "ciertas realizaciones" o similares, no son necesariamente excluyentes entre sí y pretenden indicar que una característica, estructura o rasgo particular descrito puede incluirse en al menos una realización. Las apariciones de dichos términos en el presente documento no se refieren necesariamente a la misma realización.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación se analizan diversos aspectos de al menos una realización haciendo referencia a las figuras adjuntas, que no están destinadas a estar dibujadas a escala. Las figuras se incluyen para proporcionar una ilustración y una mayor comprensión de los diversos aspectos y realizaciones y se incorporan y constituyen parte de esta memoria descriptiva, pero
5 no pretenden ser una definición de los límites de ninguna realización en particular. Los dibujos, junto con el resto de la memoria descriptiva, sirven para explicar los principios y operaciones de los aspectos y realizaciones descritos y reivindicados. En las figuras, cada componente idéntico o casi idéntico que se ilustra en varias figuras está representado por un número igual. Para mayor claridad, es posible que no todos los componentes estén etiquetados en todas las
10 figuras. En las figuras:

La Figura 1 es una representación esquemática de un ejemplo de un sistema láser portátil de acuerdo con aspectos de la presente divulgación;

la Figura 2A es una fotografía de un ejemplo no limitante de una boquilla de limpieza unida a un láser portátil de acuerdo con aspectos de la divulgación;

15 la Figura 2B es una vista en perspectiva de un ejemplo de una boquilla de limpieza unida a un láser portátil de acuerdo con aspectos de la divulgación;

la Figura 3 es una vista en perspectiva de un ejemplo no limitante de una boquilla de limpieza de dos puntos de acuerdo con aspectos de la presente divulgación;

20 la Figura 3A es una fotografía de un ejemplo no limitante de una boquilla de limpieza dos puntos unida a un láser portátil de acuerdo con aspectos de la divulgación;

las Figuras 3B y 3C son fotografías que muestran vistas frontales y en perspectiva, respectivamente, de una boquilla de limpieza que emite radiación láser en un procedimiento de limpieza de acuerdo con aspectos de la divulgación;

25 la Figura 4 es una vista en perspectiva de un ejemplo no limitante de una boquilla de limpieza configurada con una punta ranurada de acuerdo con aspectos de la presente divulgación;

la Figura 5 es una vista en perspectiva de un ejemplo no limitante de una boquilla de limpieza de un punto configurada con una punta de extremo esférico de acuerdo con aspectos de la presente divulgación; y

30 la Figura 6 es una representación esquemática de boquillas de limpieza unidas a un

cabezal láser de acuerdo con aspectos de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

En el presente documento se hace referencia a la Solicitud Internacional PCT N.º PCT/US2021/047498, en lo sucesivo denominada "la solicitud de láser portátil básica", que es propiedad del Solicitante y se incorpora como referencia en el presente documento en su totalidad. La solicitud de láser portátil básica describe un sistema láser portátil que incluye una fuente láser enfriada por aire que está acoplada a un componente portátil a través de una fibra óptica. El sistema láser portátil tiene capacidades de potencia del orden de al menos 1 kW y está configurado con capacidad de oscilación del haz.

La Figura 1 ilustra un esquema de un ejemplo de un sistema láser portátil que tiene similitudes con el sistema láser portátil descrito en la solicitud de láser portátil básica. Estas similitudes incluyen una fuente láser 115, un controlador o sistema de control 150, una carcasa que está configurada como un aparato portátil 120 (también denominado en el presente documento dispositivo portátil), una fibra óptica 130 que acopla la fuente láser 115 al aparato portátil. 120, un módulo láser 110 que alberga la fuente láser 115, el controlador 150 y un sistema de enfriamiento por aire 140 que enfría la fuente láser 115. El módulo láser 110 se puede montar en un carro móvil 160. La fuente láser 115 emite luz láser a una longitud de onda (por ejemplo, Yb 1030 a 1090 nm), para realizar una operación de procesamiento de material en la pieza de trabajo 105 con un haz láser 122 de la luz láser emitida. El aparato portátil 120 también está configurado con capacidad de oscilación del haz.

La carcasa configurada como aparato portátil 120 tiene una salida 123 para el haz láser 122. A lo largo de la presente descripción, se entiende que el término "portátil" se refiere a un dispositivo láser que es lo suficientemente pequeño y liviano como para ser sostenido y operado fácilmente por una o ambas manos de un usuario. Además, el dispositivo láser portátil debe ser transportable, de modo que el usuario pueda moverlo fácilmente durante el procesamiento con láser. Sin embargo, si bien las realizaciones de la presente invención se denominan "portátiles" y pueden usarse como dispositivos portátiles independientes, el dispositivo láser portátil puede, en algunas realizaciones, conectarse y usarse junto con equipos estacionarios.

Modo de limpieza

Ciertas realizaciones descritas en el presente documento incluyen algunas

funcionalidades adicionales que se desarrollaron para el sistema láser portátil asociado con la solicitud de láser portátil básica. En concreto, una funcionalidad adicional tiene que ver con un modo de funcionamiento de limpieza.

De acuerdo con al menos una realización, el modo de limpieza se puede caracterizar como un modo de onda continua (CW) modulada que tiene un ciclo de trabajo inferior al 100 %, una frecuencia de repetición de impulsos de al menos 10 kilohercios (kHz) y una duración del impulso FWHM en un intervalo de 1 microsegundo (μ s) a 10 milisegundos (ms), inclusive. El modo de operación de limpieza se implementa a través del controlador 150 que controla la fuente láser 115.

En algunas realizaciones, el modo de limpieza funciona con una frecuencia de impulso láser en un intervalo de 10 a 60 kHz inclusive y en realizaciones adicionales la frecuencia de impulso está en un intervalo de aproximadamente 10 a 55 kHz inclusive. La configuración del modo de CW modulada proporciona una tasa de repetición suficientemente alta (por ejemplo, decenas de kHz) para que aparezca la CW en la superficie de limpieza.

El modo de limpieza también podrá caracterizarse por tener una potencia máxima de 1500 vatios (W) inclusive. En algunas realizaciones, el modo de limpieza tiene una potencia de al menos 1 kilovatio (kW). En algunas realizaciones, el modo de limpieza tiene una potencia de aproximadamente 1500 W. La limpieza a más de 1 kW ofrece una mayor calidad y un proceso de limpieza más rápido que la limpieza con potencias láser más bajas, que es la potencia que ofrecen muchas técnicas de limpieza láser convencionales. Además, los inventores descubrieron que potencias láser más altas, incluida la radiación láser pulsada con potencias máximas elevadas, no añadían ningún beneficio de limpieza adicional. Por ejemplo, la limpieza con un nivel de frecuencia de kHz y una potencia máxima de 2500 W no limpió significativamente mejor que el mismo nivel de frecuencia y una potencia máxima de 1500 W.

El modo de limpieza también funciona con un ciclo de trabajo de hasta el 100 %. En algunas realizaciones, el ciclo de trabajo está en un intervalo del 10 al 99 % inclusive y en otras realizaciones el ciclo de trabajo está en un intervalo del 10 al 95 % inclusive. Se pueden usar ciclos de trabajo más bajos en aplicaciones de limpieza que solo necesitan una limpieza ligera, como la contaminación superficial leve con aceite, mientras que se pueden usar ciclos de trabajo más altos en ciertas aplicaciones donde la velocidad es importante y/o donde es necesaria una limpieza más profunda, como en casos en los que existe una película de material no deseado (por ejemplo, pintura, óxido) en la superficie a limpiar.

El modo de funcionamiento de limpieza que utiliza la CW modulada se distingue de otros modos de limpieza, como los modos de limpieza de CW o pulsados. Por un lado, la salida de CW modulada permite una mayor flexibilidad en el proceso de limpieza. Algunas aplicaciones de limpieza se benefician del uso de un ciclo de trabajo más bajo, lo que también significa una velocidad de limpieza más baja, mientras que otras aplicaciones se benefician de una velocidad de limpieza más alta que ofrece el ciclo de trabajo más alto. Por ejemplo, una operación de limpieza realizada con un ciclo de trabajo del 100 % será 10 veces más rápida que una realizada con un ciclo de trabajo del 10 %. Además, un modo de limpieza pulsado "puro" es mucho más lento que el modo de limpieza de CW modulada descrito en el presente documento.

El sistema portátil 100 también está configurado con capacidad de oscilación. Al menos un espejo móvil puede colocarse dentro de la carcasa 120 que está configurada para hacer oscilar el haz láser 122. El espejo móvil refleja y mueve el haz láser, es decir, hace oscilar el haz láser en un eje. El modo de limpieza también está configurado para implementar la oscilación del haz, pero se distingue de otros modos de funcionamiento que utilizan la oscilación. Por ejemplo, en modos de funcionamiento distintos del modo de limpieza, el movimiento de oscilación hace oscilar el haz láser 122 hacia adelante y hacia atrás y tiene una longitud de oscilación máxima (también denominada amplitud de oscilación), de 5 mm. Para el modo de limpieza, la amplitud de oscilación tiene la capacidad de ser superior a 5 mm. Esto permite que la radiación láser trate una mayor superficie de la pieza de trabajo. En una realización, la amplitud de oscilación puede ser superior a 5 mm y hasta de 15 mm inclusive. De acuerdo con al menos una realización, la amplitud de oscilación es superior a 5 mm y es de hasta 23 mm inclusive. De acuerdo con otras realizaciones, la amplitud de oscilación es superior a 5 mm y es de hasta 25 mm inclusive.

Aunque el modo de limpieza descrito en el presente documento se refiere a la limpieza de la superficie de la pieza de trabajo, en algunos casos el proceso de limpieza puede incluir pulir la superficie. Esto puede depender del tipo de superficie y de los parámetros operativos del modo de limpieza. En algunos casos, se puede utilizar una métrica objetivo para la rugosidad de la superficie Rms y/o el ángulo de contacto con el agua como valor objetivo para controlar el modo de operación de limpieza. Esto se puede implementar con un mecanismo de retroalimentación o con un conjunto predeterminado de parámetros operativos que logren el valor objetivo deseado.

Ejemplos de boquillas de limpieza

De acuerdo con al menos una realización, se puede incluir una boquilla de limpieza con el láser portátil para realizar operaciones de limpieza. Las Figuras 3, 4 y 5 son vistas en perspectiva de tres ejemplos no limitantes de boquillas de limpieza 170, 180 y 190 que pueden incluirse o emparejarse con el láser portátil para realizar operaciones de limpieza.

5 Cada una de las boquillas de limpieza 170, 180, 190 está configurada para unirse a la carcasa 120 del láser portátil y para suministrar radiación láser emitida por la fuente láser sobre una superficie a limpiar. Las boquillas de limpieza 170, 180, 190 se unen a la carcasa 120 del láser portátil con un mecanismo de unión 165 (por ejemplo, véanse las Figuras 2A y 2B), como se describe en la solicitud de Patente Provisional de EE.UU. n° 63/212 290
10 codependiente propiedad del Solicitante e incorporada como referencia en su totalidad.

Cada una de las boquillas de limpieza 170, 180 y 190 comprende una porción de cuerpo tubular 172 (también denominada porción de cuerpo principal). Un extremo de la porción de cuerpo tubular 172 se une a la carcasa 120 (por ejemplo, véanse las Figuras 2A y 2B), y está configurado con un puerto de entrada 176 donde la radiación láser y el gas entran
15 a la boquilla. El otro extremo de la porción de cuerpo tubular 172 está configurado con una punta de boquilla (también denominada punta de contacto), mostrándose tres ejemplos diferentes de puntas de boquilla 175, 185 y 195 en las Figuras 3, 4 y 5, respectivamente. Las puntas de boquilla 175, 185, 195 pueden acoplarse o unirse a la porción de cuerpo tubular 172 de una cualquiera de varias maneras diferentes, incluyendo una unión de ajuste a presión.
20 Otros mecanismos de unión también están dentro del alcance de esta divulgación, incluyendo una unión roscada o mecánica. En algunas realizaciones, las puntas de boquilla 175, 185 y 195 son intercambiables con la porción de cuerpo tubular 172, lo que facilita al usuario el intercambio de puntas de boquilla cuando realiza diferentes configuraciones de limpieza. La porción de cuerpo tubular 172 y las puntas de boquilla 175, 185, 195 pueden construirse a
25 partir de uno cualquiera de varios materiales diferentes, incluidos metal y aleaciones metálicas. En algunas realizaciones, la boquilla está hecha de aluminio, aleaciones de aluminio o acero. Las boquillas de limpieza pueden construirse a partir de cualquier material que no interfiera perjudicialmente con el proceso de limpieza y pueden ser específicas para la aplicación.

30 En la Figura 3 se muestra un primer ejemplo de punta de boquilla 175. La punta de la boquilla 175 está configurada con una configuración de dos puntos (también denominada dos puntas). Cada punto de contacto 174 tiene una forma redondeada para evitar daños (por ejemplo, rayones o arañazos), a la superficie de la pieza de trabajo que se está limpiando o

tratando. Además, de acuerdo con algunas realizaciones, el punto de contacto 174 puede fabricarse a partir de un material que sea más blando que el material de la pieza de trabajo para evitar daños a la pieza de trabajo. De acuerdo con una realización, la punta de la boquilla 175 está construida a partir de una aleación de aluminio.

5 La punta de la boquilla 175 incluye un puerto de salida 178 (también denominado simplemente salida o abertura), configurado para permitir que la radiación láser y el gas se suministre a la superficie que se está tratando. De acuerdo con al menos una realización, el gas puede ser aire y, en otros casos, se puede utilizar un gas inerte o semi-inerte (por ejemplo, un gas protector). La punta de boquilla 175 se puede utilizar para limpieza previa y/o posterior
10 a la soldadura. En la Figura 3A se muestra una boquilla de limpieza similar a la boquilla 170 durante su uso en una operación de limpieza. Los puntos de contacto descansan sobre la superficie a limpiar y la radiación láser se emite a través del puerto de salida entre las dos puntas de contacto. Las puntas de contacto facilitan al usuario guiar el láser portátil a lo largo de la superficie durante el procesado.

15 En algunas realizaciones, la radiación láser forma una línea de exploración 167 en la superficie. Por ejemplo, la radiación láser forma una línea de exploración entre los dos puntos de contacto, como se muestra en las Figuras 3B y 3C. En ciertas realizaciones, el puerto de salida 178 está configurado de manera que la radiación láser que se suministra a la superficie forma una línea de exploración. Por ejemplo, la distancia 179 entre los puntos de contacto 174
20 se puede dimensionar para permitir la línea de exploración. El cabezal de procesamiento láser, por ejemplo, el dispositivo láser portátil, puede configurarse para oscilar o hacer oscilar un haz láser de la radiación láser que se suministra a la superficie y la distancia 179 entre los puntos de contacto 174 del puerto de salida 178 está configurada para acomodar una amplitud de oscilación del haz láser. Por ejemplo, la radiación láser suministrada durante un modo de
25 limpieza descrito anteriormente se puede implementar con una amplitud de oscilación superior a 5 mm. La dimensión de salida 179 está configurada para acomodar esta amplitud. De acuerdo con algunas realizaciones, la distancia o dimensión 179 entre los puntos de contacto 174 está configurada para acomodar una amplitud de oscilación de 15 mm. En otras realizaciones, la distancia 179 está configurada para acomodar una amplitud de oscilación de
30 25 mm.

De acuerdo con al menos una realización, la boquilla de limpieza 170 (y las boquillas de limpieza 180 y 190 que se describen a continuación), también son compatibles o de otro modo permiten la funcionalidad de al menos un enclavamiento de seguridad, p. ej., un

enclavamiento conductor de seguridad (SCI). Por ejemplo, se puede usar un sistema de interbloqueo láser que comprende uno o más sensores, el controlador 150, la fuente láser, el cabezal de procesamiento (por ejemplo, el dispositivo portátil 120), y la boquilla 170 para garantizar que no se emita radiación láser desde la fuente láser a menos que la boquilla 170
5 esté tocando la superficie de trabajo. Durante el uso, el controlador solo activará la energía a la fuente láser si el enclavamiento de seguridad está activado, p. ej., si la boquilla toca la superficie. Como se apreciará, esto implica que (en la mayoría de los casos), la característica de contacto en la boquilla 170 es conductora.

Volviendo ahora a la Figura 4, se muestra una vista en perspectiva de la boquilla de
10 limpieza 180 que tiene una punta de boquilla 185 configurada con una ranura 186 y se puede usar con el láser portátil para realizar operaciones de limpieza. La configuración ranurada se puede utilizar en geometrías de superficies de esquinas exteriores. Por ejemplo, la configuración ranurada de la punta de la boquilla 185 se puede usar para colocar la boquilla
15 180 en una esquina exterior de la pieza de trabajo para limpiar con la energía láser emitida que llega a través del puerto de salida 188 de la boquilla (también denominado en el presente documento simplemente salida o abertura). Al igual que con el puerto de salida 178 de la Figura 3, el puerto de salida 188 también está configurado para emitir gas. De acuerdo con
20 algunas realizaciones, el puerto de salida 188 también está configurado para acomodar una amplitud de oscilación del haz láser (por ejemplo, 15 mm), y en algunas realizaciones está configurado de manera que la radiación láser que se suministra a la superficie forma una línea de exploración. Por ejemplo, el diámetro 189 del puerto de salida 188 puede configurarse para acomodar una amplitud de oscilación del haz láser.

La Figura 5 es una vista en perspectiva de una boquilla 190 con una punta de boquilla
195 que tiene una configuración de un punto (también denominada de una punta). En algunas
25 realizaciones, la punta tiene una configuración de extremo redondeado o de bola 196, como se muestra en la Figura 5. En ciertas realizaciones, el extremo redondeado 196 se puede usar para colocar la boquilla de limpieza en la esquina interior de la superficie de una pieza de trabajo. En algunas realizaciones, la punta con configuración de un punto tiene una punta
30 configurada para romper y/o rayar (o eliminar), una capa de material tal como un recubrimiento (por ejemplo, un recubrimiento en polvo), pintura, óxido, etc., es decir, que cubre al menos parcialmente la superficie de la pieza de trabajo. Esta configuración de un punto se puede usar para atravesar estos materiales de recubrimiento y hacer contacto con la superficie de la pieza de trabajo de modo que la radiación láser emitida que pasa a través de la boquilla 185 pueda limpiar esta superficie. En algunos casos, la punta de la boquilla 195 puede construirse

a partir de un material que sea más duro que el material que se elimina, tal como pintura o una capa de óxido. Al igual que con las boquillas de limpieza 170 y 180, la boquilla de limpieza 190 está configurada para unirse a la carcasa 120 del láser portátil y está configurada para suministrar radiación láser y gas sobre una superficie a través del puerto de salida 198 (también denominado simplemente salida o abertura). Además, en algunas realizaciones, el puerto de salida 198 también está configurado para acomodar una amplitud de oscilación del haz láser, por ejemplo, una amplitud de oscilación de 15 mm y está configurado de manera que la radiación láser que se suministra a la superficie forme una línea de exploración. Por ejemplo, el diámetro 199 del puerto de salida 198 puede configurarse para acomodar una amplitud de oscilación del haz láser.

Aunque los ejemplos descritos en el presente documento se refieren a una boquilla de limpieza utilizada junto con un dispositivo láser portátil, se debe apreciar que la boquilla de limpieza se puede utilizar con uno cualquiera de varios cabezales de procesamiento láser diferentes, no solo con aquellos que son portátiles. En la representación esquemática de la Figura 6, se muestra un ejemplo de un sistema de láser 200 con un cabezal láser 1020. El cabezal de procesamiento láser 1020 (también denominado simplemente cabezal láser) está configurado para suministrar radiación láser emitida desde la fuente láser 115 sobre una superficie 105 a limpiar. El cabezal láser 1020 dirige la radiación láser desde una fuente láser por un extremo de salida del cabezal láser. El cabezal láser 1020 puede no contener la fuente láser 115, pero incluye componentes ópticos y de guía de haz que están incluidos en una carcasa para dirigir la radiación láser emitida desde la fuente láser 115. Las boquillas 170, 180 y 190 se acoplan al cabezal de procesamiento láser 1020 usando el mecanismo de unión 165. El gas también sale por el extremo de salida del cabezal láser 1020 y se dirige a la pieza de trabajo, por ejemplo, a través de la boquilla tal como se describe en el presente documento. La radiación láser sale de la boquilla en forma de haz láser 122. Además, los procesos de pasivación (que se analizan con más detalle a continuación), se pueden realizar usando el cabezal de procesamiento láser 1020 y, por lo tanto, tampoco se limitan solo a un dispositivo láser portátil. El controlador 150 también está acoplado al cabezal láser 1020 y a la fuente láser 115 con el fin de enviar señales de control y, en algunos casos, recibir retroalimentación y/o señales de entrada.

Pasivación

De acuerdo con otro aspecto, el láser portátil se puede utilizar para realizar pasivación en superficies metálicas. La pasivación se puede considerar como una forma de limpieza. La

pasivación crea una superficie resistente a la corrosión que impide que la corrosión se produzca y migre al área tratada. El uso de un láser para realizar la pasivación proporciona varias ventajas sobre otros procesos de pasivación, como la pasivación química, que afecta a toda la superficie de la pieza de trabajo y genera desechos químicos. El láser se puede utilizar para pasivar un área específica y no se utilizan productos químicos que deban desecharse. El efecto de la energía láser en un proceso de pasivación tiene como objetivo eliminar el hierro libre de la superficie de la pieza de trabajo para que el hierro no pueda reaccionar con el oxígeno del aire y formar óxido. Al igual que con la soldadura, la pasivación se puede realizar en presencia de un gas como argón o nitrógeno.

La pasivación se puede realizar en una cualquiera de varias superficies metálicas. En algunas realizaciones, el material metálico comprende uno de níquel, aleaciones de níquel, Inconel, titanio, aleaciones de titanio y acero inoxidable. Debe apreciarse que esta lista no es exhaustiva y de hecho el material metálico puede extenderse a cualquier metal que tenga contenido de hierro o que pueda estar contaminado con hierro. De acuerdo con al menos una realización, la radiación láser configurada para realizar la pasivación puede aplicarse a un cordón de soldadura. Por ejemplo, la superficie a tratar puede comprender un cordón de soldadura (por ejemplo, una junta a tope de material o materiales metálicos), y la radiación láser se dirige al cordón de soldadura para pasivarla. En algunos casos, la radiación láser puede pasar sobre el cordón de soldadura más de una vez, por ejemplo, una pasada hacia adelante y hacia atrás. En algunos casos, la pasivación se puede realizar inmediatamente o dentro de un corto período de tiempo tras la soldadura para que no haya posibilidad de que se produzca oxidación. Debe apreciarse que la pasivación también se puede realizar sobre una superficie metálica (distinta de un cordón de soldadura), para protegerla de la corrosión.

De acuerdo con algunas realizaciones, la fuente láser 115 es controlada por el controlador 150 para emitir radiación láser en un modo de pasivación. De acuerdo con ciertas realizaciones, se puede usar una boquilla de limpieza como la descrita anteriormente en referencia a las boquillas de limpieza 170, 180 y/o 190 para realizar operaciones de pasivación. Como tal, la boquilla de limpieza está configurada para unirse a una carcasa de un aparato portátil o de un cabezal láser para suministrar radiación láser emitida en el modo de pasivación sobre una superficie a pasivar. La boquilla de limpieza está configurada con una abertura (por ejemplo, la abertura 178, 188, 198), que permite el paso de la radiación láser y el gas, tal como se ha descrito anteriormente. Además, la radiación láser puede formar una línea de exploración en la superficie, tal como la línea de exploración 167 en las Figuras 3B y 3C. Como también se analizó anteriormente, la abertura (por ejemplo, la abertura 178,

188, 198), está configurada para acomodar una amplitud de oscilación del haz láser. En algunas realizaciones, la amplitud de oscilación es de 15 mm.

El modo de pasivación se puede subdividir en pasivación fina y pasivación de alta velocidad. En un modo de pasivación fina, la fuente láser 155 está configurada para emitir radiación láser en modo de CW modulada que tiene un ciclo de trabajo inferior al 100 %, una frecuencia de repetición de impulso en un intervalo de 30 a 55 kHz inclusive, y una duración de impulso FWHM del orden de nanosegundos o más. En algunas realizaciones, el ciclo de trabajo para el modo de CW modulada está en un intervalo del 10 al 99 % inclusive y en otras realizaciones el ciclo de trabajo está en un intervalo del 10 al 95 % inclusive. En algunas realizaciones, la frecuencia de repetición de impulsos para el modo de CW modulada está en un intervalo de 30 a 50 kHz inclusive. En algunas realizaciones, la duración del impulso es del orden de microsegundos (μ s) o más. En algunas realizaciones, la duración del impulso FWHM es del orden de microsegundos hasta milisegundos (ms) inclusive. En una realización, la duración del impulso FWHM está en un intervalo de 0.5 a 10 ms inclusive y en otras realizaciones, la duración del impulso FWHM está en un intervalo de 0.5 a 5 ms inclusive. A continuación se describe un experimento realizado con pasivación fina en diferentes superficies metálicas. En un modo de pasivación de alta velocidad, la fuente láser 115 está configurada para emitir radiación láser en un modo continuo (CW) que tiene una potencia máxima de 1500 W inclusive.

Experimento con el modo de pasivación fina

Una serie de soldaduras a tope realizadas en diferentes materiales se expusieron a radiación láser configurada en un modo de pasivación fina y los resultados se compararon en condiciones de prueba de niebla salina contra controles (es decir, no se aplicó pasivación después de la soldadura). La potencia del láser para el modo de pasivación fina se implementó en dos configuraciones: la primera a 650 W con una frecuencia de repetición de impulso de 55 kHz (duración de impulso de 1.2 ms), y la segunda a 800 W con una frecuencia de repetición de impulso de 60 kHz (duración del impulso de 1.1 ms). En ambos casos, el ciclo de trabajo fue del 65 %, la amplitud de oscilación fue de 8 mm y se realizaron dos pasadas sobre cada cordón de soldadura. Las pruebas de niebla salina (es decir, de acuerdo con ASTM B117-19), se realizaron a 95 ° F en un ángulo de 30 grados durante 2 horas.

La Tabla 1 a continuación enumera los materiales y sus espesores que fueron tratados e indicaron una protección mejorada (es decir, poca o ninguna formación de oxidación), a partir del tratamiento de pasivación (en ambas configuraciones), en comparación con su

control respectivo.

Tabla 1: materiales y espesores en modo de pasivación fina

Material	Grosor (pulgadas)
Níquel 625 de alta resistencia	0.02
Níquel 718 ultrarresistente	0.02
Aleación 22 de níquel ultra resistente a la corrosión	0.025
Aleación de níquel de temperatura ultra alta	0.02
Acero inoxidable 430 económico pulido	0.035
Acero inoxidable 316 endurecido resistente a la corrosión	0.031
Acero inoxidable 17-4 PH de alta resistencia	0.04
Titanio de grado 5 de alta resistencia	0.016
Titanio de grado 2 ultra resistente a la corrosión	0.02

La presente divulgación proporciona métodos y sistemas para limpiar y/o pasivar una superficie usando radiación láser. Por ejemplo, un sistema y método de limpieza previos a la soldadura divulgados en el presente documento proporcionan la capacidad de eliminar óxidos,

herrumbre, aceites y grasas y el sistema y método de limpieza posteriores a la soldadura proporcionan la capacidad de pulir la soldadura o eliminar cualquier hollín o residuo. Ambas aplicaciones de limpieza eliminan la necesidad de productos químicos nocivos o abrasivos y requieren una preparación mínima del material o acabado posterior.

5 Los aspectos divulgados en el presente documento de acuerdo con la presente invención no se limitan en su aplicación a los detalles de construcción y disposición de los componentes establecidos en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos adjuntos. Estos aspectos son capaces de asumir otras realizaciones y de ser practicados o llevados a cabo de diversas maneras. En el presente documento se proporcionan ejemplos de
10 implementaciones específicas únicamente con fines ilustrativos y no pretenden ser limitativos. En particular, no se pretende que los actos, componentes, elementos y características expuestos en relación con una o más realizaciones sean excluidos de una función similar en otras realizaciones.

 Además, la fraseología y terminología utilizadas en este documento tienen fines
15 descriptivos y no deben considerarse limitantes. Cualquier referencia a ejemplos, realizaciones, componentes, elementos o actos de los sistemas y métodos a los que se hace referencia en el presente documento en singular también puede abarcar realizaciones que incluyen una pluralidad, y cualquier referencia en plural a cualquier realización, componente, elemento o acto en el presente documento también puede abarcar realizaciones que incluyan
20 solo una singularidad. Las referencias en forma singular o plural no pretenden limitar los sistemas o métodos actualmente divulgados, sus componentes, actos o elementos. El uso en el presente documento de "incluido", "que comprende", "que tiene", "que contiene", "que involucra" y sus variaciones pretende abarcar los elementos enumerados a continuación y sus equivalentes, así como elementos adicionales. Las referencias a "o" pueden interpretarse
25 como inclusivas, de modo que cualquier término descrito usando "o" puede indicar cualquiera de uno, más de uno o todos los términos descritos. Además, en caso de usos inconsistentes de términos entre este documento y los documentos incorporados como referencia en el presente documento, el uso de términos en la referencia incorporada es complementario al de este documento; en caso de inconsistencias irreconciliables, prevalece el uso del término
30 en este documento. Además, se pueden utilizar títulos o subtítulos en la especificación para comodidad del lector, lo que no influirá en el alcance de la presente invención.

 Habiendo descrito así varios aspectos de al menos un ejemplo, debe apreciarse que a los expertos en la técnica se les ocurrirán fácilmente diversas alteraciones, modificaciones y

mejoras. Por ejemplo, los ejemplos divulgados en el presente documento también pueden usarse en otros contextos. Se pretende que dichas alteraciones, modificaciones y mejoras formen parte de esta divulgación y estén dentro del alcance de los ejemplos analizados en el presente documento. Por consiguiente, la descripción y los dibujos anteriores son solo a modo de ejemplo.

Se hace constar que con relación a esta fecha, el mejor método conocido por la solicitante para llevar a la práctica la citada invención, es el que resulta claro de la presente descripción de la invención.