

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 475**

51 Int. Cl.:

B23K 26/16 (2006.01)

B23K 26/36 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.12.2011 PCT/US2011/063862**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.06.2012 WO12078828**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.12.2011 E 11846221 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018 EP 2648873**

54 Título: **Sistema de obtención de imágenes para la eliminación de recubrimientos**

30 Prioridad:

09.12.2010 US 421282 P
20.12.2010 US 972929

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.09.2018

73 Titular/es:

EDISON WELDING INSTITUTE, INC. (100.0%)
1250 Arthur E. Adams Drive
Columbus, OH 43221, US

72 Inventor/es:

REAM, STANLEY, L. y
WALTERS, CRAIG, T.

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 682 475 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

Sistema de obtención de imágenes para la eliminación de recubrimientos

5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

Esta solicitud de patente reivindica el beneficio de la solicitud de patente provisional de Estados Unidos con N.º de serie 61/421.282 presentada el 9 de diciembre de 2010 y titulada "Polygonal Laser Scanner and Imaging System for Coating Removal". Esta solicitud de patente también es una continuación en parte de solicitud de patente no provisional de Estados Unidos N.º 12/972.929 presentada el 20 de diciembre de 2010 y titulada "Polygonal Laser Scanner for Coating Removal".

Antecedentes de la invención

15 La presente invención se refiere en general a sistemas y a dispositivos que utilizan láseres, y más específicamente a un sistema para eliminar materiales tales como pintura y otros recubrimientos de diversas superficies, en el que el sistema incluye un escáner de láser que tiene múltiples ópticas cooperativas que tienen características únicas.

20 La aplicación de la tecnología láser para la eliminación de recubrimientos se desarrolló hace varias décadas y actualmente existen pequeños dispositivos de mano (100-500 W) disponibles comercialmente para tareas de eliminación de recubrimientos de áreas pequeñas. "Recubrimiento" normalmente se refiere a todos los tipos de materiales de superficie no deseados que se encuentran en un sustrato, incluyendo pintura, óxido, aceite, grasa, adhesivos, sellantes, percebes, contaminación radioactiva, contaminación de agentes químicos y similares. La tecnología láser ofrece numerosas ventajas sobre los métodos convencionales para la eliminación de recubrimientos (por ejemplo, el esmerilado con arena, la eliminación química, etc.), que incluyen que no se utilizan materiales peligrosos, que no se requiere inventario de material fungible, una preparación mínima del objeto a procesar, mayor precisión de eliminación de recubrimientos, mayores tasas de eliminación de recubrimiento y mínima limpieza posterior al proceso.

30 Actualmente se están desarrollando opciones para la eliminación de recubrimientos de grandes áreas con láseres. Para cumplir con las tasas de eliminación de recubrimiento deseadas para áreas grandes (como superficies de aviones grandes, barcos, edificios y puentes), son adecuados niveles de potencia de láser en el intervalo de 5 a 10 kW para aplicaciones que implican recubrimientos de pintura. Las tasas de eliminación deseadas están en el intervalo de aproximadamente 0,09 a 0,28 m²/min (1 a 3 pies²/min). La tasa de eliminación normal que puede lograrse con los láseres actualmente disponibles es de aproximadamente 0,19 m²/min (2 pies²/min) (por cada 25 μm (1 mil) de espesor de recubrimiento por cada 1 kW de potencia de láser suministrada a la superficie). Esta tasa de eliminación supone que el haz de láser se suministra a la superficie en un patrón apropiado y se escanea a través de la superficie a tasas que eliminan el recubrimiento sin alteración del sustrato cuando se expone.

40 Para sustratos delicados o inestables, como aluminio de 50 milímetros (0,020 pulgadas) de espesor, el sistema para escanear un haz de láser sobre la superficie debe lograr una eliminación limpia del recubrimiento sin causar daños térmicos, carbonización o alteración alguna del sustrato. Se ha logrado cierto éxito con los espejos oscilantes de escaneo basados en galvanómetros; sin embargo, estos escaneos están limitados en la velocidad de escaneo superficial a normalmente menos de 10 m/s y sufren zonas muertas al final del escaneo en las que el espejo se desacelera, retrocede y vuelve a acelerarse. Estas zonas muertas pueden eliminarse en la práctica con bloqueadores de haz que limitan la anchura de escaneo y pierden potencia media en la superficie de trabajo. Otras limitaciones de los escáneres oscilantes actualmente disponibles son la capacidad de manejo de potencia (<6 kW) y el peso (>27 kg (>60 lb)). Debido a las limitaciones de los sistemas conocidos, existe una necesidad constante de un sistema de escáner de láser avanzado que cumpla con los requisitos de ciertas aplicaciones industriales o gubernamentales que requieren niveles de potencia de láser de hasta 10 kW.

55 El documento WO 93/12905 divulga un método y un sistema que usa fuentes de luz pulsada para eliminar recubrimientos de sustratos mediante ablación. En este método, un circuito fotodetector detecta la luz reflejada desde la superficie sometida a ablación y proporciona una señal de retroalimentación sobre el color de la superficie que se está sometiendo a ablación. Se proporciona gas para el enfriamiento, pero no en la estructura de boquilla específica definida en la reivindicación 1. La patente de Estados Unidos 5.204.517 divulga un método para eliminar material de una estructura que utiliza un haz de luz para irradiar y escanear el material de la superficie de la estructura de manera que el material de la superficie se elimina y genera señales de emisión espectral. Las emisiones espectrales se monitorizan para detectar una señal de emisión espectral seleccionada. Se genera una señal de salida electrónica que es representativa de la intensidad de la señal de emisión espectral seleccionada en respuesta a la detección de la señal de emisión espectral seleccionada. La velocidad de escaneo se actualiza en función de la señal de salida electrónica.

65 Sumario de la invención

Lo siguiente proporciona un resumen de ciertas realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención. Este

resumen no es un estudio extenso y no pretende identificar aspectos o elementos clave o críticos de la presente invención o delinear su alcance.

5 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, también se proporciona un sistema para eliminar un recubrimiento de una superficie. Este sistema incluye un escáner de láser, en el que el escáner de láser incluye además al menos una fuente de láser, en el que la al menos una fuente de láser es operativa para generar al menos un haz de láser, y en el que el escáner de láser dirige el haz de láser a una superficie de trabajo; y un controlador para operar el escáner de láser. El controlador incluye además un conjunto de cámara para obtener imágenes de la superficie de trabajo; un conjunto de luz estroboscópica para iluminar la superficie de trabajo y una luz abrumadora generada por la interacción del haz de láser con la superficie de trabajo; y un procesador para procesar las imágenes recogidas por el conjunto de cámara y para ajustar la salida de potencia de la al menos una fuente de láser, si es necesario o deseable. El escáner de láser es un escáner de láser poligonal.

15 Este sistema incluye un escáner de láser, en el que el escáner de láser incluye además al menos una fuente de láser, en el que la al menos una fuente de láser es operativa para generar al menos un haz de láser; al menos una óptica de enfoque, en el que la al menos una óptica de enfoque es operativa para recibir, enfocar y redirigir el al menos un haz de láser; al menos un espejo giratorio multifacético para recibir y reflejar el haz láser enfocado, en el que el espejo giratorio multifacético es operativo para trasladar repetidamente el haz láser enfocado reflejado en una dirección a lo largo de un recorrido de arco y a través de un primer punto focal, y en el que el paso del haz de láser a través del primer punto focal da como resultado la divergencia del haz de láser; al menos un espejo de obtención de nuevas imágenes para recibir y reflejar el haz de láser divergente hacia una superficie de trabajo, en el que el espejo de obtención de nuevas imágenes es operativo para producir una imagen del primer punto focal y su recorrido; y en el que el al menos un espejo giratorio multifacético y el al menos un espejo de obtención de nuevas imágenes cooperan para producir una región de cruce de haz que tiene un área de sección transversal mínima con respecto a otros puntos a lo largo del recorrido de haz, y en el que la región de cruce de haz está ubicada entre el espejo de obtención de nuevas imágenes y la superficie de trabajo; un conjunto de boquilla a través del que pasa el haz de láser de obtención de nuevas imágenes, y un controlador para operar el escáner de láser. El conjunto de boquilla incluye además un primer componente de boquilla, un segundo componente de boquilla conectado al primer componente de boquilla y una abertura a través de la que el haz de láser sale del escáner, en el que la abertura está situada entre los componentes de boquilla primero y segundo y está posicionada cerca de la región de cruce. El controlador incluye además: un conjunto de cámara para obtener imágenes de la superficie de la que se retira el recubrimiento; un conjunto de luz estroboscópica para iluminar la superficie de la que se retira el recubrimiento y una luz abrumadora generada por la interacción del haz de láser con la superficie de trabajo; y un procesador para procesar las imágenes recogidas por el conjunto de cámara y para ajustar la salida de potencia de la al menos una fuente de láser.

El sistema comprende además medios para proporcionar un flujo de gas hacia fuera a través de la abertura para evitar que los contaminantes entren en el interior del escáner.

40 De acuerdo con las reivindicaciones, lo siguiente puede aplicarse en diversas realizaciones.

La al menos una fuente de láser puede ser un láser de fibra o un láser de gas.

45 El conjunto de cámara puede incluir además al menos una cámara de video.

El procesador puede incluir un ordenador.

50 El haz de láser puede atravesar la superficie de trabajo a aproximadamente 250 veces por segundo y el conjunto de cámara y el conjunto de luz estroboscópica pueden cooperar para obtener imágenes de la superficie de trabajo a aproximadamente 500 veces por segundo.

El conjunto de cámara puede incluir además al menos una cámara de video digital de alta velocidad.

55 El conjunto de luz estroboscópica puede incluir además lámparas de destellos, lámparas de arco, diodos emisores de luz, láseres o combinaciones de los mismos.

60 Las características y aspectos adicionales de la presente invención serán evidentes para los expertos habituales en la materia tras leer y comprender la siguiente descripción detallada de las realizaciones a modo de ejemplo. En consecuencia, los dibujos y las descripciones asociadas deben considerarse como ilustrativos y no de naturaleza restrictiva.

Breve descripción de los dibujos

65 Los dibujos adjuntos, que se incorporan a y forman parte de la memoria descriptiva, ilustran esquemáticamente una o más realizaciones a modo de ejemplo de la invención y, junto con la descripción general dada anteriormente y con la descripción detallada dada a continuación, sirven para explicar los principios de la invención, y en los que:

la figura 1 es una vista en perspectiva despiezada de una realización a modo de ejemplo de un escáner de láser de acuerdo con la presente invención;

5 la figura 2 es una vista en perspectiva del escáner de láser de la figura 1 mostrado en un estado ensamblado;

la figura 3 es una vista en perspectiva en corte del escáner de láser de la figura 2 que muestra las posiciones relativas de los componentes internos;

10 la figura 4 es una vista en perspectiva en corte del escáner de láser de la figura 2 que ilustra los cambios en la dirección del recorrido del haz a través del dispositivo cuando está en uso;

la figura 5 es una vista lateral en corte del escáner de láser de la figura 2 que ilustra los cambios en la dirección del recorrido del haz a través del dispositivo cuando está en uso;

15 la figura 6 es una vista en perspectiva del escáner de láser de la figura 2 mostrado unido a un brazo robótico y orientado adecuadamente con respecto a una pieza de trabajo en particular;

20 la figura 7 es un gráfico que muestra las condiciones de eliminación de pintura con láser usadas en la investigación realizada previamente para láseres de escaneo continuos y pulsados;

la figura 8 es un gráfico que muestra la temperatura superficial máxima como una función de la velocidad de escaneo superficial;

25 la figura 9 es un esquema simplificado de una realización a modo de ejemplo de la presente invención que incluye un controlador para ajustar la salida de potencia de la fuente de láser;

la figura 10 es una vista en perspectiva frontal de una versión a modo de ejemplo del conjunto de cámara, que forma una parte del controlador; y

30 la figura 11 es una vista en perspectiva frontal de una versión a modo de ejemplo del conjunto de luz estroboscópica, que también forma una parte del controlador.

Descripción detallada de la invención

35 Las realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención se describen ahora con referencia a las figuras. Los números de referencia se usan a lo largo de la descripción detallada para referirse a los diversos elementos y estructuras. En consecuencia, las siguientes realizaciones de la invención se exponen sin pérdida de generalidad y sin imponer limitaciones a la invención reivindicada. La presente invención se refiere a un sistema para eliminar materiales tales como pintura y otros recubrimientos de diversas superficies, en la que el sistema incluye un escáner de láser que tiene múltiples ópticas. Ahora se describirán con mayor detalle una o más realizaciones específicas de esta invención con referencia a las figuras.

45 Como se muestra mejor en las figuras 1-6, una realización a modo de ejemplo del escáner de láser 10 incluye una carcasa metálica o cuerpo 20 que incluye además una pared posterior 22, una primera pared lateral 24 con aberturas 26 formadas en la misma, una segunda pared lateral 28, un frente 30, una parte superior 32, un soporte angular 34 con aberturas 36 formadas en el mismo, un conducto 38, una parte media 40, un soporte izquierdo 42 con aberturas 44 formadas en el mismo, un soporte derecho 46 (no mostrado) con aberturas 48 (no mostradas) formadas en el mismo, una parte inferior 50, un soporte angular 52 y una abertura 54. Normalmente se insertan tapones NPT 56 en las aberturas 26 y normalmente se inserta al menos un accesorio NPT 58 en la pared posterior 22. El conjunto de láser 60 incluye un herraje de montaje de fibra 62, que está unido a la pared posterior 22 utilizando conectores 64 y pasadores 66. La abrazadera de árbol 68 conecta el adaptador de fibra 70 al herraje de montaje de fibra 62 después de que el conjunto de fibra 72 se haya insertado en el adaptador de fibra 70,

55 La primera óptica incluida en el escáner de láser 10 a modo de ejemplo es un espejo parabólico o una lente o espejo esférico asimétrico 80, que está dispuesto dentro del soporte angular 52 en el cuerpo 20 y se mantiene en su sitio mediante la base 82 del espejo. El espejo esférico asimétrico 80 está asegurado a la base 82 del espejo mediante los pasadores 84 y los conectores 88, mientras que la base 82 del espejo está asegurada al soporte angular 52 mediante los pasadores 86 y los conectores 90 (véase la figura 1). La segunda óptica incluida en el sistema de escáner de láser 10 a modo de ejemplo es un espejo toroidal de obtención de nuevas imágenes 100, que está asegurado al soporte izquierdo 42 mediante los conectores 102 y el pasador 104 y al soporte derecho 46 (no mostrado) mediante los conectores 106 (no mostrados) y el pasador 108 (no mostrado). La tercera óptica incluida en el sistema de escáner de láser 10 a modo de ejemplo es un espejo poligonal 110 giratorio multifacético. El espejo poligonal 110 está asegurado al husillo 112 del espejo mediante los conectores 118, que normalmente incluyen una arandela de seguridad de nylon 120 y 122 (véase la figura 1). El poste 114 en el husillo 112 del espejo está adaptado para recibir el árbol de accionamiento del servomotor 182, que se extiende a través de la abertura 54 y la abrazadera de árbol 116 asegura el árbol de accionamiento dentro del poste 114. El conjunto de motor 180 y el

servomotor 182, en particular, se utilizan para girar el espejo poligonal 110 y están conectados a la pared posterior 22 del cuerpo 20 mediante los conectores 184.

El conjunto de boquilla 130 incluye una porción superior 132 que tiene un orificio de entrada 134 y un pasaje interno ahusado hacia dentro, el divisor 136 tiene una abertura formada en el mismo, y una porción inferior 140 que tiene un orificio de salida 142 y un pasaje interno ahusado hacia fuera. La abertura del divisor 136 es esencialmente una abertura aerodinámica que permite que salga el gas que fluye desde el interior del dispositivo, reduciendo o minimizando la introducción de suciedad y otros contaminantes en el interior del escáner de láser. La naturaleza fundamental del haz de láser escaneado por polígonos y de obtención de nuevas imágenes permite que esta ventana aerodinámica sea pequeña, mejorando así su resistencia a la intrusión de contaminantes. En algunas realizaciones de la presente invención, se incluye un obturador 139 para cerrar selectivamente la abertura del divisor 136. Como se muestra mejor en la figura 1, la cubierta de protección 150 del láser está asegurada al cuerpo 20 mediante los conectores 152 y la boquilla 154 de chorro está asegurada al cuerpo 20 mediante el conector 152. Los componentes internos del sistema 10 están protegidos por la placa de cubierta poligonal 158 y por la placa de cubierta principal 160, que están ambas aseguradas al cuerpo 20 mediante los conectores 162. Las placas de cubierta 158 y 160 normalmente son metálicas y en las figuras se muestran como transparentes solo con fines ilustrativos. El regulador de flujo 172, el accesorio de tubo 174, el conector en T 176 y el adaptador de tubo 178 son componentes de un sistema de suministro de gas que puede usarse para girar el espejo poligonal multifacético 110 si el conjunto de motor 180 está ausente o no se utiliza. En algunas realizaciones de la presente invención, se incluye un sistema de escape para eliminar los desechos generados durante la operación del sistema 10. Como se muestra en la figura 6, la boquilla de escape 190 está montada cerca de la porción inferior 50 y está conectada a uno o más conductos y motores de escape (no mostrados) para eliminar rápida y eficazmente la materia particulada del sustrato 200. La boquilla de escape 190 normalmente es de construcción metálica ligera y puede contener características internas de suministro de aire para ayudar en la combustión completa de los evaporantes de la superficie de trabajo cuyo recubrimiento (por ejemplo, pintura) se está eliminando. En la realización mostrada en la figura 6, el escáner de láser 10 se controla mediante un brazo robótico 210 y está unido al mismo por el herraje 212. En otras realizaciones, el escáner de láser 10 está configurado como un dispositivo manual que puede operarse manualmente.

Con respecto a la función del escáner de láser de la presente invención, un haz de láser de entrada obtenido de una fibra de suministro de haz o de un tubo de suministro de haz se enfoca mediante el espejo esférico 80. El punto focal de esta óptica de enfoque puede ser circular, elíptico o de forma rectangular, según lo determinado por la figura (es decir, la geometría) de la propia óptica. Como se muestra en las figuras 4-5, el haz de láser se produce mediante el conjunto de láser 60 y se dirige a lo largo del recorrido A. El haz de láser enfocado se refleja entonces desde el espejo esférico 80 a lo largo del recorrido B en la que impacta finalmente sobre un espejo poligonal multifacético 110. Las caras del espejo poligonal 110 pueden ser de figura plana o cilíndrica. También pueden estar inclinadas en múltiples ángulos con respecto al eje de rotación del polígono de modo que el recorrido del haz de láser escaneado resultante pueda controlarse en al menos dos direcciones. Como se ha indicado anteriormente, el giro del espejo poligonal 110 se proporciona mediante un flujo de aire u otro gas a gran velocidad o mediante un motor eléctrico 182. A medida que el espejo poligonal 110 gira, el haz de láser reflejado y enfocado se traslada repetidamente en una dirección a lo largo de un recorrido de arco hacia el espejo de obtención de nuevas imágenes 100. Después de reflejarse fuera del espejo poligonal giratorio 110, el haz de láser pasa a través de un primer punto focal a lo largo del recorrido C (véanse las figuras 4 a 5) y diverge hacia el espejo de obtención de nuevas imágenes 100, que normalmente es esférico. El espejo de obtención de nuevas imágenes 100 produce una nueva imagen (que puede ser una imagen ampliada) del primer punto focal y de su recorrido. Esta nueva imagen se dirige a continuación a lo largo del recorrido D, a través del conjunto de boquilla 130 y sobre la superficie de trabajo, es decir, el sustrato, en el que se escanea repetidamente en una dirección a medida que el espejo poligonal gira. En una realización a modo de ejemplo, el punto del haz en la superficie de trabajo es sustancialmente elíptico, con el alargamiento del punto normalmente circular provisto por una superficie toroidal en el espejo de obtención de nuevas imágenes 100 o por una superficie cilíndrica en la primera óptica de enfoque 80 o por ambas.

Una característica importante del escáner de la presente invención es que los parámetros geométricos se seleccionan de manera que el punto del haz láser en la superficie de trabajo siga un recorrido sustancialmente plano para mantener mínimas o constantes las dimensiones del punto en una superficie de trabajo plana (denominada "condición de campo plano"). Si la superficie tiene una curvatura significativa en la dirección de escaneo rápido, los parámetros del sistema pueden ajustarse en tiempo real para adaptarse a la curvatura. En particular, puede usarse un mecanismo motorizado para hacer pequeños ajustes en la distancia entre el plano focal intermedio y el eje del polígono para crear una trayectoria de proceso curva.

Para eliminar grandes áreas de pintura, se requieren altos niveles de potencia media para lograr tasas de eliminación razonables. Dado que no hay láseres de pulsos repetitivos fiables y económicos disponibles en el nivel de potencia media de 5 a 10 kW, los láseres continuos son los más apropiados para esta tarea. El haz de láser continuo escaneado proporciona efectivamente pulsos en la superficie de trabajo como se explica a continuación. La figura 7 proporciona un gráfico que muestra las condiciones de investigación de láser anteriores para diversos esfuerzos de eliminación de pintura. El gráfico muestra la anchura de pulso efectiva en la superficie como una función de la irradiancia del haz (W/cm^2). En particular, si la irradiancia es demasiado pequeña (ya sea por baja

potencia o por grandes áreas de punto), la pintura tiende a carbonizarse y no a eliminarse limpiamente. Hay un amplio intervalo de niveles de irradiancia en operación donde la pintura se ablaciona limpiamente. A muy alta irradiancia, el haz se bloquea por el plasma de aire. La eliminación de pintura más exitosa se ha producido a un nivel de fluencia de aproximadamente 6 J/cm^2 , ya sea un pulso efectivo de un láser continuo escaneado o un láser pulsado. Una ventaja de la mayor potencia del láser es la posibilidad de alcanzar niveles de irradiancia superficial más altos que los disponibles actualmente. Los niveles de irradiancia más altos pueden mejorar las tasas de eliminación de la imprimación en el caso del láser de fibra.

Es deseable tener una irradiancia en la superficie de trabajo mayor que 10^5 W/cm^2 para lograr una ablación limpia. Al mismo tiempo, el escaneo del pulso a través de la superficie debe ser lo suficientemente rápido como para evitar la alteración del sustrato cuando el sustrato está expuesto. Esto se ilustra mediante la estimación térmica mostrada en la figura 8 para un láser de CO_2 . El gráfico muestra una estimación de la temperatura máxima de la superficie frontal alcanzada localmente en la superficie de una superficie de aluminio con recubrimiento de conversión de cromato (CCC) con un haz de 1 mm de anchura escaneado a varias velocidades de escaneo de superficie perpendiculares a la dimensión larga del punto a 153 kW/cm^2 . Velocidades de escaneo inferiores a 10 m/s llevan a temperaturas máximas de la superficie frontal cercanas a las que causarían la alteración del sustrato.

El movimiento de todo el cabezal del escáner perpendicular a la dirección de escaneo rápido (por robótica, por ejemplo) proporciona cobertura de área y controla el calentamiento masivo del sustrato. Los barridos lentos del cabezal del escáner eliminan más pintura por pasada, pero corren el riesgo de un mayor calentamiento del sustrato cuando el sustrato está expuesto. Los barridos de alta velocidad del cabezal del escáner limitan el calentamiento masivo del sustrato pero pueden requerir más pasadas del cabezal del escáner sobre la superficie de trabajo. Pueden emplearse varias estrategias para lograr altas tasas de eliminación que pueden incluir una combinación de variaciones de velocidad de barrido del programa del robot y sensores para apagar la potencia del láser cuando se detecta sustrato.

En una realización, el escáner poligonal de la presente invención incluye una capacidad de manejo de potencia de hasta 10 kW; una longitud de onda del láser de 1070 nm (láser de fibra, también compatible con la operación del láser de CO_2); una velocidad de escaneo superficial de hasta 50 m/s; dimensiones del punto del haz en la superficie de trabajo elíptica de 1,4 mm por 4 mm; una irradiancia superficial de 114 a 228 kW/cm^2 para niveles de potencia de 5 a 10 kW; una anchura de escaneo de 140 mm; una interfaz de láser que tiene un conector QBH típico; y un peso de <40lb.

Para un rendimiento óptimo de la eliminación de recubrimientos con láser para ciertas aplicaciones, puede ser necesario detectar en tiempo real el progreso de la eliminación del recubrimiento, incluyendo la detección de la revelación de la capa de imprimación, la revelación del propio sustrato desnudo o la revelación de cualquier capa ópticamente distinguible en el recubrimiento que no debe exponerse al haz de láser. Las tecnologías de dispositivos láser para emplear en la eliminación de recubrimientos pueden cambiar la potencia del haz en escalas de tiempo del orden de $50 \mu\text{s}$, que para el escáner de la presente invención es del orden del tiempo requerido para que el punto del haz en la superficie se mueva una anchura de haz. Tener la tecnología de detección apropiada incorporada en el cabezal de escaneo permite ajustar la potencia del láser en tiempo real cuando el sustrato está expuesto. Múltiples enfoques de detección que incluyen vistas en el eje y fuera del eje de la superficie son compatibles con la presente invención. El escáner de esta invención aborda la visualización a través del efluente y la filtración del brillo de la pluma de forma apropiada.

Con respecto a la eliminación de efluentes, el efluente se elimina del recorrido del haz para evitar la atenuación del haz de láser y para dirigir el efluente de manera eficiente a un sistema de recolección de vacío. En el pasado, los cuchillos de aire en combinación con grandes conductos de vacío han funcionado bastante bien. La incorporación de boquillas y conductos apropiados son aspectos del sistema de la presente invención. Otra consideración importante es las condiciones necesarias para minimizar la materia orgánica en el efluente que puede arder aguas abajo. Los parámetros de flujo de este escáner se varían para lograr una alta eficiencia de captura de efluentes y bajos niveles de compuestos orgánicos a la vez que se mantiene una eliminación eficiente del recubrimiento.

Un primer aspecto importante de la presente invención es la inclusión de todas las ópticas reflectantes. En los sistemas de la técnica anterior, normalmente se usan espejos metálicos de alta conductividad térmica para transportar, conformar y escanear el haz de láser. Las ópticas de transmisión se dañan con mayor facilidad por la alta irradiancia del haz de láser y por lo general están hechas de material de baja conductividad térmica. El material de transmisión tiene baja absorbanza, pero aún así puede calentarse, expandirse y distorsionarse el haz de láser porque la conductividad térmica es relativamente baja. Los reflectores metálicos son más tolerantes a los daños y menos costosos de fabricar. Los metales nobles (plata y oro) y el cobre y el aluminio son reflectores aceptables, siendo preferibles el cobre y el aluminio. Si se usan recubrimientos reflectantes, están fabricados para soportar una alta irradiancia del láser. El uso de reflectores metálicos permite usar el mismo escáner para láseres que tienen diferentes longitudes de onda, lo que generalmente no es posible con ópticas de transmisión.

Un segundo aspecto importante de la presente invención es la abertura de salida del haz aerodinámico del divisor 136. La disposición del camino del haz láser incluye un punto de cruce o región de cruce dentro o cerca de la

- 5 abertura del divisor 136 (véase la figura 4), en la que el haz de escaneo está confinado a un área de sección transversal pequeña independiente del ángulo de rotación del polígono. La región de cruce se encuentra entre el espejo de obtención de nuevas imágenes 100 y la superficie de trabajo de sustrato 200. Situando la abertura del divisor 136 en la región de cruce, puede implementarse una abertura aerodinámica en esa ubicación para excluir el polvo y los desechos del escáner. La mayoría de los escáneres láser de alta potencia conocidos incluyen ventanas de transmisión grandes y costosas para proteger la óptica del interior del escáner contra el polvo y la suciedad. Estas ventanas a menudo se dañan con el calentamiento por láser de polvo o residuos depositados. La abertura aerodinámica del divisor 136 de esta invención es simplemente un puerto abierto con gas (aire, nitrógeno o gas inerte) que fluye fuera del alojamiento para desviar el polvo y los restos de partículas protegiendo así el entorno interior de la contaminación y enfriando el sistema óptico. Se puede usar un cierre u obturador 139 para la abertura del divisor 136 para excluir el polvo y los desechos de la óptica en la carcasa del escáner (es decir, el cuerpo 20) cuando el láser no está funcionando. Puede incluirse un interruptor de enclavamiento eléctrico en el obturador 139 para evitar que el láser funcione cuando el obturador 139 está en la posición cerrada.
- 15 Un tercer aspecto importante proporcionado por algunas realizaciones de la presente invención es la inclusión de un espejo poligonal 110 accionado por gas. La mayoría de los escáneres de la técnica anterior emplean motores o galvanómetros que requieren potencia eléctrica y añaden complejidad mecánica al sistema. El escáner de polígonos de esta invención puede configurarse para incluir un chorro de gas simple (aire, nitrógeno o gas inerte) dirigido a las características del rebaje en el espejo poligonal 110 para impartir un movimiento de rotación del espejo. Puede utilizarse un sensor de proximidad simple (o similar) para detectar la velocidad de rotación y para controlar el flujo o puede utilizarse una válvula de presión en el tren de gas para mantener una velocidad sustancialmente constante. El chorro de gas que acciona el espejo poligonal también sirve para enfriar las ópticas poligonales y otras ópticas.
- 20 Un cuarto aspecto importante de la presente invención son las caras inclinadas incluidas en el espejo poligonal 110. Para minimizar la temperatura máxima de la superficie del sustrato que se produce cuando el sustrato 200 está expuesto al haz escaneado, es útil que cada ubicación de escaneo del rayo en la superficie de trabajo se desplace con respecto al escaneo previo del haz en una dirección perpendicular a la dirección de escaneo
- 25 Esto se logra inclinando cada cara en un ligero ángulo lateral al plano de la rueda. De esta manera, el calor depositado tendrá más tiempo para conducir térmicamente en el sustrato antes de otra exposición de escaneo en la superficie de trabajo. Cada giro de la rueda puede exponer N tiras diferentes en la superficie, donde N es el número de caras en la rueda de polígono. La separación de las tiras depende de la diferencia de ángulo de inclinación de cara a cara.
- 30 Un quinto aspecto importante de la presente invención es la orientación del haz y el enfoque del espejo esférico asimétrico 80. Este espejo combina dos funciones en un elemento óptico. En primer lugar, el espejo recoge todos los rayos del haz provenientes del láser y los enfoca a un punto pequeño en un plano focal intermedio y, en segundo lugar, logra un giro en ángulo recto del haz de láser. Esto último es importante en dos aspectos: (i) para el procesamiento robótico de aeronaves con poca distancia al suelo, permite que el escáner se ajuste en áreas pequeñas; y (ii) para el procesamiento manual de superficies, permite una fácil administración del cable. Los requisitos del espejo son únicos y la solución es una superficie torneada de diamante especial que se ha optimizado para cumplir con estos requisitos al tiempo que mantiene la calidad óptica del haz.
- 35 Un sexto aspecto importante de la presente invención es el espejo de obtención de nuevas imágenes 100. El espejo de obtención de nuevas imágenes 100 recibe el haz reflejado desde el espejo poligonal 110 y vuelve a obtener el punto formado en el plano focal intermedio al sustrato 200. Al mismo tiempo, una corrección toroidal del espejo aproximadamente esférico estira el punto circular original en el plano focal intermedio en una elipse en la superficie de trabajo. El punto elíptico en la superficie de trabajo permite el control del proceso de eliminación de pintura al tiempo que limita las temperaturas máximas de la superficie máxima en los sustratos desnudos cuando están expuestos.
- 40 Un séptimo aspecto importante de la presente invención es la característica de curvatura de campo ajustable en tiempo real. Este escáner mantiene el enfoque del haz en la superficie de trabajo durante la duración del escaneo. El escaneo de superficies curvas incluye un ajuste en tiempo real de la distancia entre el polígono y el espejo de obtención de nuevas imágenes para mantener el foco en una superficie curva.
- 45 Un octavo aspecto importante proporcionado por algunas realizaciones de la presente invención es la inclusión de una junta giratoria (no mostrada en las figuras), que hace girar el haz en un ángulo recto con respecto a la dirección de entrada del haz. Esto se hace manteniendo la simetría azimutal en el haz de láser cuando se acerca al espejo poligonal 110. Esto permite que se coloque una junta rotativa en la carcasa de manera que la dirección de escaneo puede cambiarse fácilmente girando el eje del espejo poligonal giratorio 110 sin perturbar el tren óptico de entrada de haz de láser (fibra óptica o brazo articulado).
- 50 Para controlar adecuadamente la cantidad de pintura o de recubrimiento que se retira de una superficie mediante el escáner de láser 10, la potencia del haz de láser puede ajustarse de acuerdo con el resultado real y en tiempo real del proceso de decapado del recubrimiento. Las propiedades tales como el color y la reflectividad de la superficie
- 55
- 60
- 65

que se decapa normalmente proporcionan una indicación del progreso del proceso de decapado. Por ejemplo, observar el aspecto del color de la pintura de imprimación o la superficie metálica desnuda puede proporcionar información útil porque el color normalmente es indicativo de si la capa superior, la capa intermedia, la capa de imprimación, el material de base o cualquier otra capa ópticamente distinguible se ven afectadas. Por lo tanto, la adquisición de la información del color de la superficie o de otro aspecto de la superficie, así como la ubicación de dichos colores en la superficie de la pieza o piezas, debe ocurrir en tiempo real, ya que una parte se está decapando. Pueden usarse cámaras personalizadas, de alta velocidad y de longitud de onda múltiple para adquirir imágenes de la superficie de trabajo, y dichas cámaras personalizadas pueden incluir un filtrado de píxeles específico para lograr una mayor respuesta de varias longitudes de onda de luz específicas.

Las cámaras digitales de alta velocidad disponibles comercialmente proporcionan un medio conveniente y efectivo para adquirir información sobre el color y la reflectividad de la superficie que se está decapando. Una configuración a modo de ejemplo para el despliegue de tales cámaras se muestra en las figuras 9-11. En esta configuración a modo de ejemplo, se usan cámaras de dos colores y/o de infrarrojos para observar la superficie que se está decapando. La iluminación proporciona una luz estroboscópica u otra fuente de luz pulsada de manera que la luz del iluminador permite observar la superficie en presencia de la luz brillante de interacción del láser al permitir que la cámara funcione con atenuación y/o cortos tiempos de exposición y aún así adquirir vistas sin saturación de la cámara desde la luz de interacción del láser. En este sentido, la luz del iluminador "abruma" a la luz generada por la interacción del haz de láser con la superficie de trabajo. Las posibles fuentes de tal iluminación incluyen lámparas de destellos, lámparas de arco, diodos emisores de luz, láseres o combinaciones de los mismos. La figura 9 proporciona un esquema de sistema básico de una configuración a modo de ejemplo del sistema de la presente invención, mientras que los conjuntos de cámara y de luz estroboscópica a modo de ejemplo se muestran en las figuras 10-11. El sistema a modo de ejemplo de la figura 9 incluye el escáner de láser 10, el conjunto de cámara 300 y el conjunto de luz estroboscópica 400, todos ellos dirigidos a la superficie de trabajo 200, así como el procesador de señal digital 500 y el láser de fibra 600, que está conectado al escáner de láser 10 mediante la línea 610. Los desechos generados en la superficie de trabajo 200 mediante el proceso de decapado se eliminan mediante la boquilla de escape 190.

Haciendo referencia a la figura 10, el conjunto de cámara 300 a modo de ejemplo incluye una lente de enfoque 310, un divisor de haz 312 para proporcionar dos imágenes, una primera cámara de video 314, que está conectada al divisor de haz 312 con un manguito de sujeción 316 de montaje de cámara y una segunda cámara de video 318, que está conectada al divisor de haz 312 con un manguito de sujeción 320 de montaje de cámara. Con referencia a la figura 11, el conjunto de luz estroboscópica 400 a modo de ejemplo incluye dos lámparas de destellos 410, cada una de las cuales está rodeada por un manguito de refrigeración 412. La abrazadera 414 se utiliza para unir las lámparas de destellos 410 a la placa de montaje 416. La óptica 418 también está unida a la placa de montaje 416 al igual que la base de lente 420, que incluye la lente 422 y la lente 424. En la realización mostrada en las figuras 9-11, el conjunto de luz estroboscópica 300 incluye dos lámparas de destellos 410 de arco corto paralelas en una configuración cilíndrica que se pulsan de forma alternativa para iluminar cada mitad de la superficie de trabajo 200 en el campo de visión de las cámaras 314 y 318, en secuencia y sincronizadas con el encuadre de la cámara. El haz de luz emitido desde cada lámpara de destellos 410 se transforma posteriormente mediante múltiples ópticas desde una sección transversal circular en un rectángulo estrecho de iluminación sustancialmente uniforme en la superficie de trabajo 200. De esta manera, la luz intensa disponible se optimiza para iluminar la región de la superficie de trabajo 200 alrededor del recorrido del decapado. La transformación de los haces de luz en esta realización se logra con la óptica 418, que es una lente anamórfica personalizada especial diseñada para extender el haz de luz no uniforme desde cada lámpara de destellos 410 a un haz más amplio sustancialmente uniforme. La óptica 418 va seguida por una lente cilíndrica (422 y 424) para cada lámpara de destellos 410, que estrecha cada haz de luz a la anchura del rectángulo de iluminación deseado en la superficie de trabajo 200. El procesador 500, que normalmente es un ordenador, recibe la entrada 510 del escáner de láser 10, y las entradas 520 y 530 de las cámaras 314 y 318 respectivamente. En función de esta entrada, el procesador controla la operación del conjunto de luz estroboscópica 400 mediante la salida 540 y la operación del láser de fibra 600 mediante la salida 550,

Además de la iluminación estroboscópica para la luz abrumadora de la región de interacción del haz (véase la figura 9), la evaluación de las imágenes de la cámara puede realizarse de una manera que ignora la información desde esta ubicación. Un método para realizar esta tarea requiere que se obtengan dos imágenes secuenciales para cada pasada del haz de escaneo a través de la superficie de trabajo. Por ejemplo, mientras el haz de escaneo atraviesa la superficie de trabajo 200 a aproximadamente 250 veces por segundo, las operaciones de captura de luz estroboscópica y de cámara se realizarían a aproximadamente 500 imágenes por segundo. De esta manera, se capturaría una imagen, que no contiene el punto de interacción del haz luminoso, desde cada una de las áreas diferentes (es decir, la primera mitad y la segunda mitad de la línea de escaneo) para cada escaneo completo. La sincronización precisa de los eventos de captura de luz estroboscópica y de cámara se ve facilitada por un sensor de ubicación de caras de polígono (no mostrado), cuya señal se proporciona al hardware de captura de imágenes.

Las imágenes capturadas con el método descrito se transmiten al procesador 500 para el análisis de los colores observados y sus ubicaciones en la superficie de trabajo. El software de análisis de imágenes instalado en el procesador 500 puede variar con respecto a su funcionalidad dependiendo de la operación de decapado de superficie que se realice. Como se ha discutido anteriormente, con base en el análisis de la información recibida del hardware de obtención de imágenes, la salida del software del sistema puede incluir una señal de comando para el

láser de fibra 600, cuya potencia puede ajustarse para controlar la ubicación del recubrimiento a decapar en pases sucesivos del haz de láser generado por el escáner de láser 10. Este sistema también puede usarse para analizar una línea o conjunto de píxeles para información de color o de aspecto en una posición en la superficie de trabajo justo delante del recorrido de decapado actual del haz de láser, permitiendo por lo tanto que la información de control de potencia del láser pase al láser de fibra 600 antes de que la siguiente posición en la superficie esté expuesta al haz de láser. Por ejemplo, si el software de análisis de imágenes discrimina un área pequeña de capa de imprimación, sustrato u otro material específico que no debe decaparse o recibir potencia del haz de láser, entonces cuando la posición de escaneo del haz de láser alcance esa área, la potencia del haz de láser puede reducirse o desactivarse automáticamente mientras pasa sobre el área. Este proceso de control permite que el escáner de láser 10 acomode las diferencias en el espesor del recubrimiento, ya que analiza los colores variables del material de recubrimiento. Los usos de este aspecto de la presente invención pueden incluir: (i) gestionar la superposición entre pasadas sucesivas del cabezal de escaneo a través de una superficie de trabajo para evitar el sobredecapado de estas áreas o el calentamiento del sustrato; (ii) gestionar la profundidad de eliminación del recubrimiento en áreas de espesor de recubrimiento no uniforme; (iii) controlar la profundidad de la eliminación del recubrimiento de modo que un recubrimiento de capa de imprimación pueda dejarse intacto sobre el sustrato de trabajo; (iv) controlar el proceso de eliminación del recubrimiento de modo que el sustrato pueda exponerse con una cantidad mínima de calor adicional ; y (v) decapar a capas ópticamente distinguibles específicas en cualquier estructura de recubrimiento compleja.

Aunque la presente invención se ha ilustrado mediante la descripción de realizaciones a modo de ejemplo de la misma, y aunque las realizaciones se han descrito con cierto detalle, la intención del solicitante no es restringir o de ninguna manera limitar el alcance de las reivindicaciones adjuntas a tal detalle. Ventajas y modificaciones adicionales aparecerán fácilmente para los expertos en la materia. Por lo tanto, la invención en sus aspectos más amplios no está limitada a ninguno de los detalles específicos, dispositivos y métodos representativos y/o ejemplos ilustrativos mostrados y descritos, sino únicamente por el alcance de las reivindicaciones.

30

REIVINDICACIONES

1. Sistema para eliminar un recubrimiento de una superficie, que comprende:

5 (a) un escáner de láser (10), en donde el escáner de láser (10) incluye además al menos una fuente de láser (600), en donde la al menos una fuente de láser (600) es operativa para generar al menos un haz de láser, y en donde el escáner de láser puede dirigir el haz de láser sobre una superficie de trabajo (200); y
 (b) un controlador para operar el escáner de láser (10), en donde el controlador incluye además:

10 (i) un conjunto de cámara (300) para obtener imágenes de la superficie de trabajo (200) para obtener información de color y reflectividad sobre la superficie (200); y
 (ii) un procesador (500) para procesar las imágenes recogidas por el conjunto de cámara (300) y ajustar la salida de potencia de al menos una fuente de láser; y

15 en donde el escáner de láser (10) es un escáner de láser poligonal (10); y porque el controlador también comprende un conjunto de luz estroboscópica (400) para iluminar la superficie de trabajo (200) y una luz abrumadora generada mediante la interacción del haz de láser con la superficie de trabajo (200); y porque el escáner de láser (10) incluye:

20 (i) al menos una óptica de enfoque (80), en donde la al menos una óptica de enfoque (80) es operativa para recibir, enfocar y redirigir el al menos un haz de láser;

(ii) al menos un espejo giratorio multifacético (110) para recibir y reflejar el haz de láser enfocado, en donde el espejo giratorio multifacético (110) es operativo para trasladar repetidamente el haz láser enfocado reflejado en una dirección a lo largo de un recorrido de arco y a través de un primer punto focal, y en donde el paso del haz de láser a través del primer punto focal da como resultado la divergencia del haz de láser;

25 (iii) al menos un espejo de obtención de nuevas imágenes (100) para recibir y reflejar el haz de láser divergente hacia una superficie de trabajo (200), en donde el espejo de obtención de nuevas imágenes (100) es operativo para producir una imagen del primer punto focal y de su recorrido; y

(iv) en donde el al menos un espejo giratorio multifacético (110) y el al menos un espejo de obtención de nuevas imágenes (100) pueden cooperar para producir una región de cruce de haz que tiene un área de sección transversal mínima con respecto a otros puntos a lo largo del recorrido del haz, y en donde la región de cruce de haz puede estar situada entre el espejo de obtención de nuevas imágenes (100) y la superficie de trabajo (200); y

30 (v) un conjunto de boquilla (130) a través del que pasa el haz de láser de obtención de nuevas imágenes, en donde el conjunto de boquilla (130) incluye además:

a) un primer componente de boquilla;

b) un segundo componente de boquilla conectado al primer componente de boquilla; y

35 c) una abertura (138) a través de la que el haz de láser sale del escáner (10), en donde la abertura (138) está situada entre los componentes de boquilla primero y segundo y está situada cerca de la región de cruce;

40 comprendiendo el sistema además medios para proporcionar un flujo de gas hacia fuera a través de la abertura (138) para impedir que los contaminantes entren en el interior del escáner (10).

45 2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la al menos una fuente de láser (600) es un láser de fibra (600) o un láser de gas.

50 3. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el conjunto de cámara (300) incluye además al menos una cámara de video (314, 318).

4. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el procesador (500) incluye además un ordenador.

55 5. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el haz de láser puede atravesar la superficie de trabajo (200) a aproximadamente 250 veces por segundo y en donde el conjunto de cámara (300) y el conjunto de luz estroboscópica (400) pueden cooperar para formar imágenes de la superficie de trabajo (200) a aproximadamente 500 veces por segundo.

60 6. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el conjunto de cámara (300) incluye además al menos una cámara de video digital de alta velocidad.

65 7. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que el conjunto de luz estroboscópica (400) incluye además lámparas de destellos (410), lámparas de arco, diodos emisores de luz, láseres o combinaciones de los mismos.

8. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la al menos una fuente de láser (600) es un láser de

fibra (600) o un láser de gas, y en donde el conjunto de cámara (300) incluye además al menos una cámara de video digital de alta velocidad.

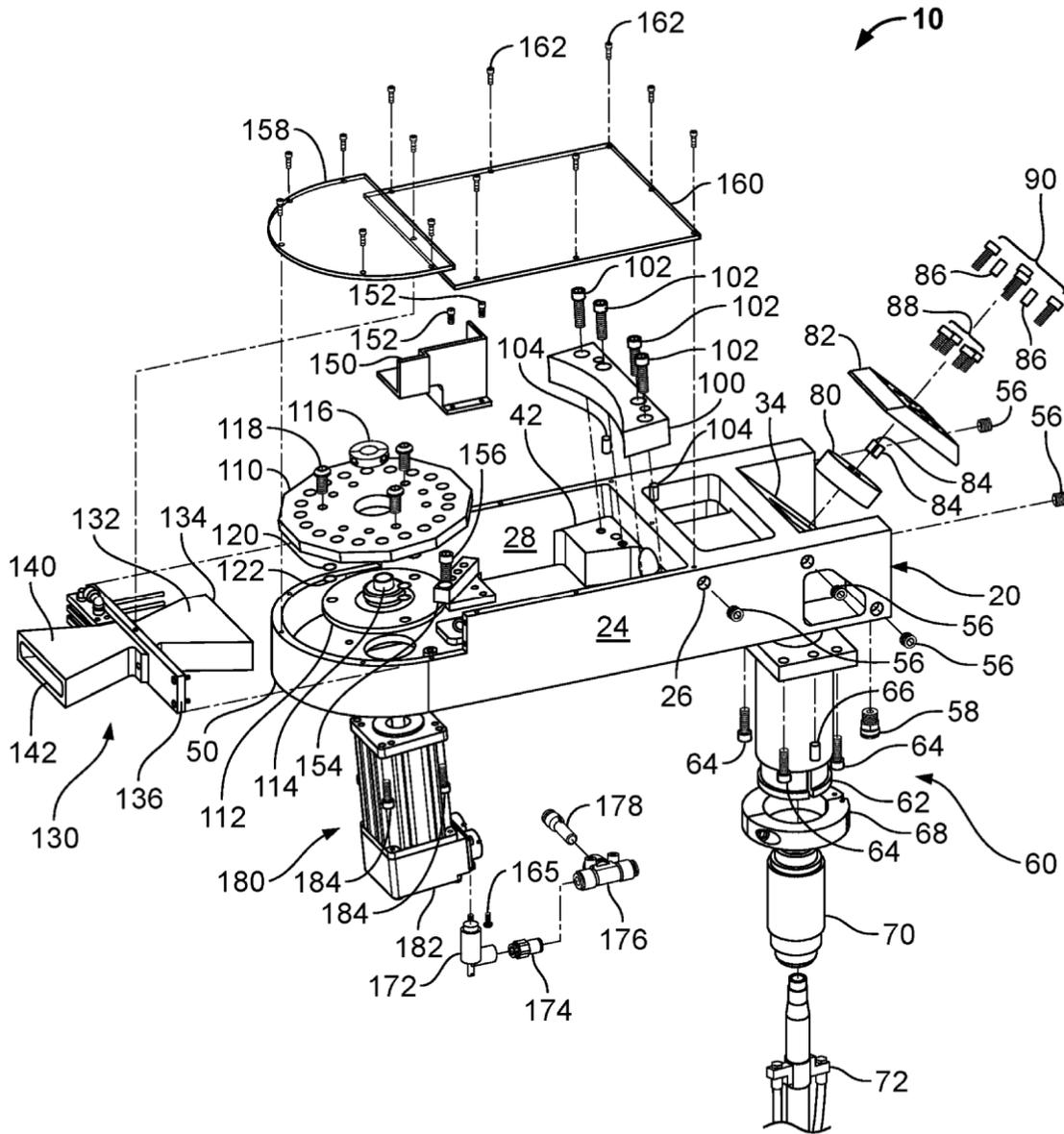


FIG. 1

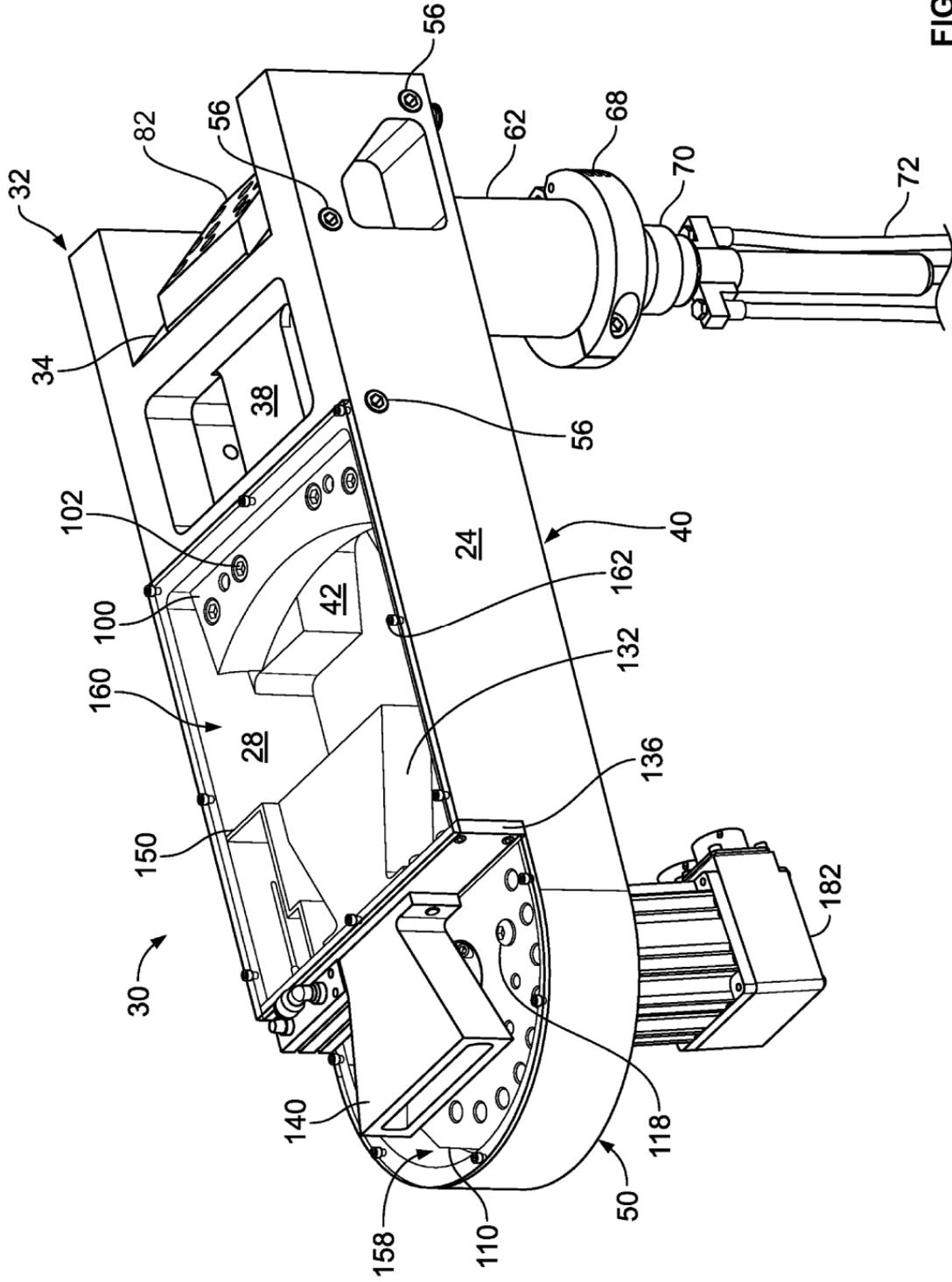


FIG. 2

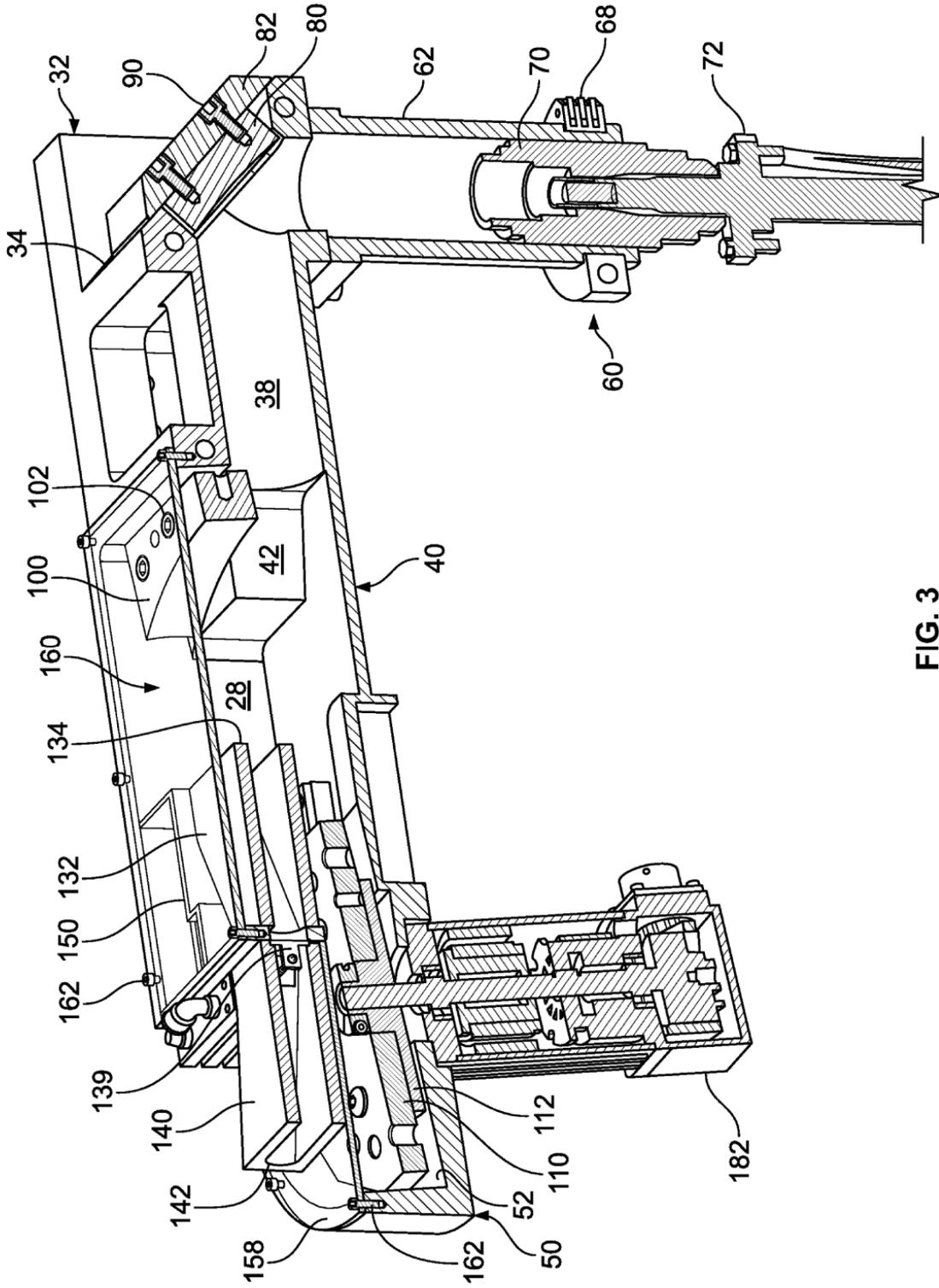
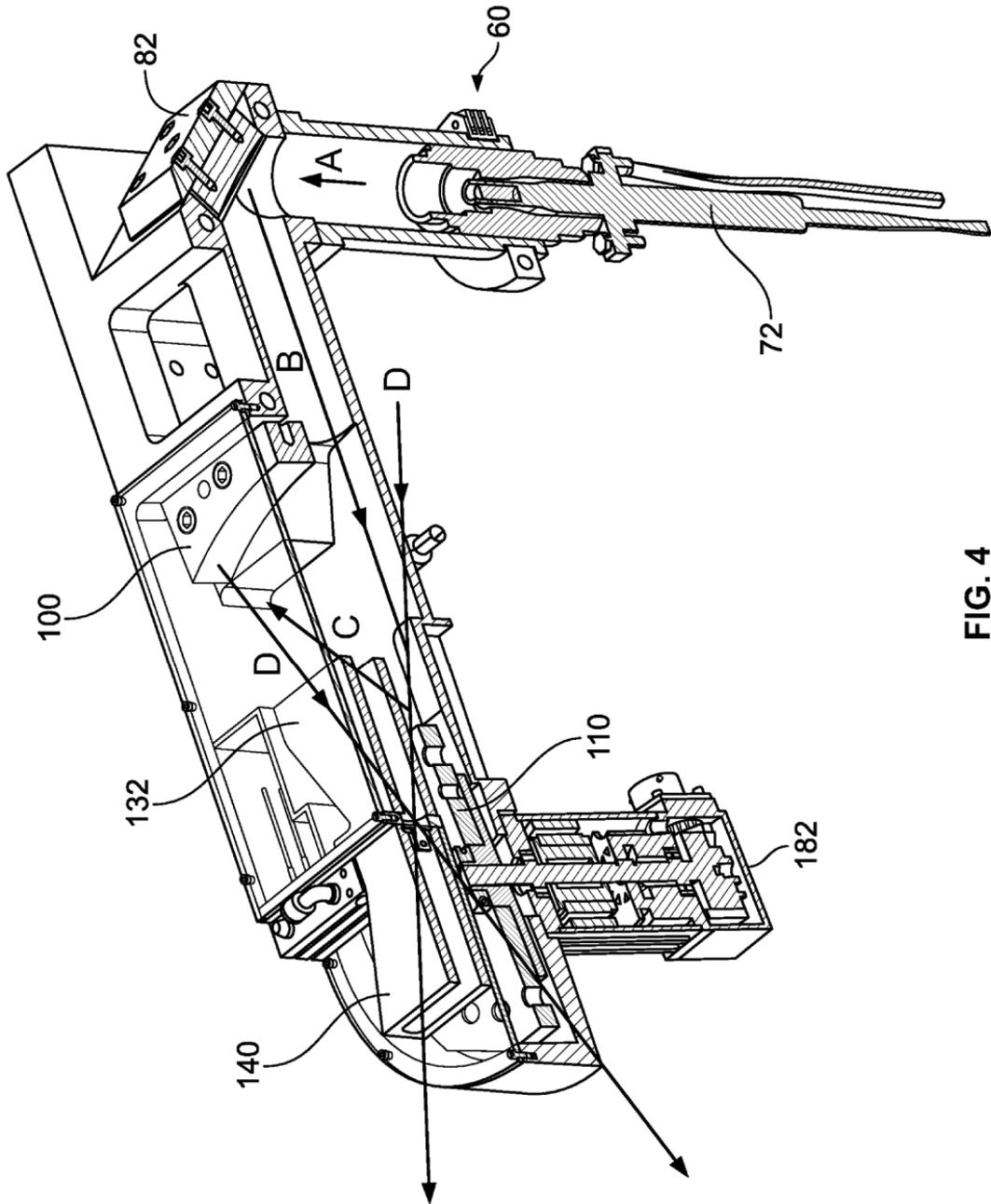
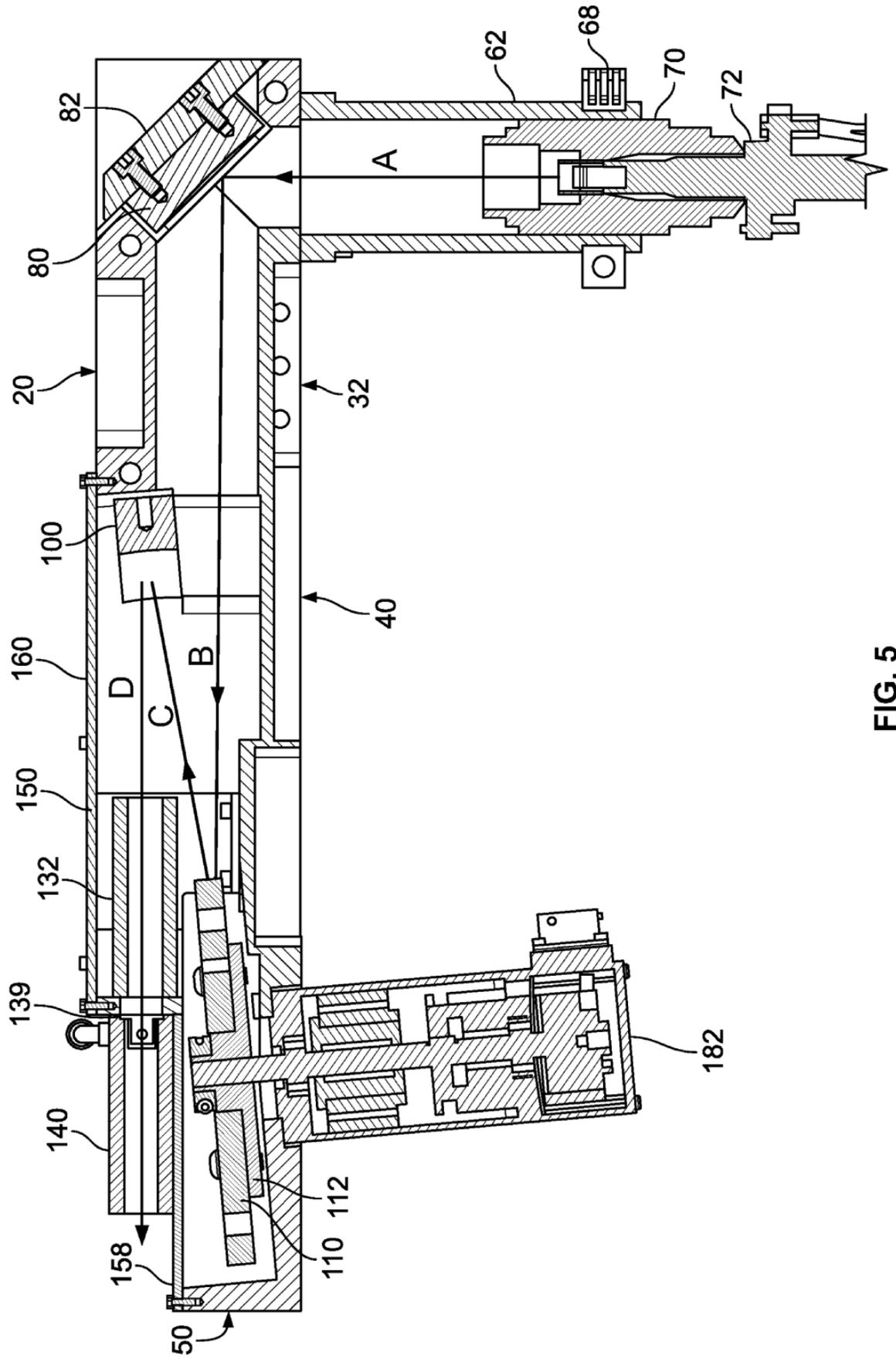


FIG. 3





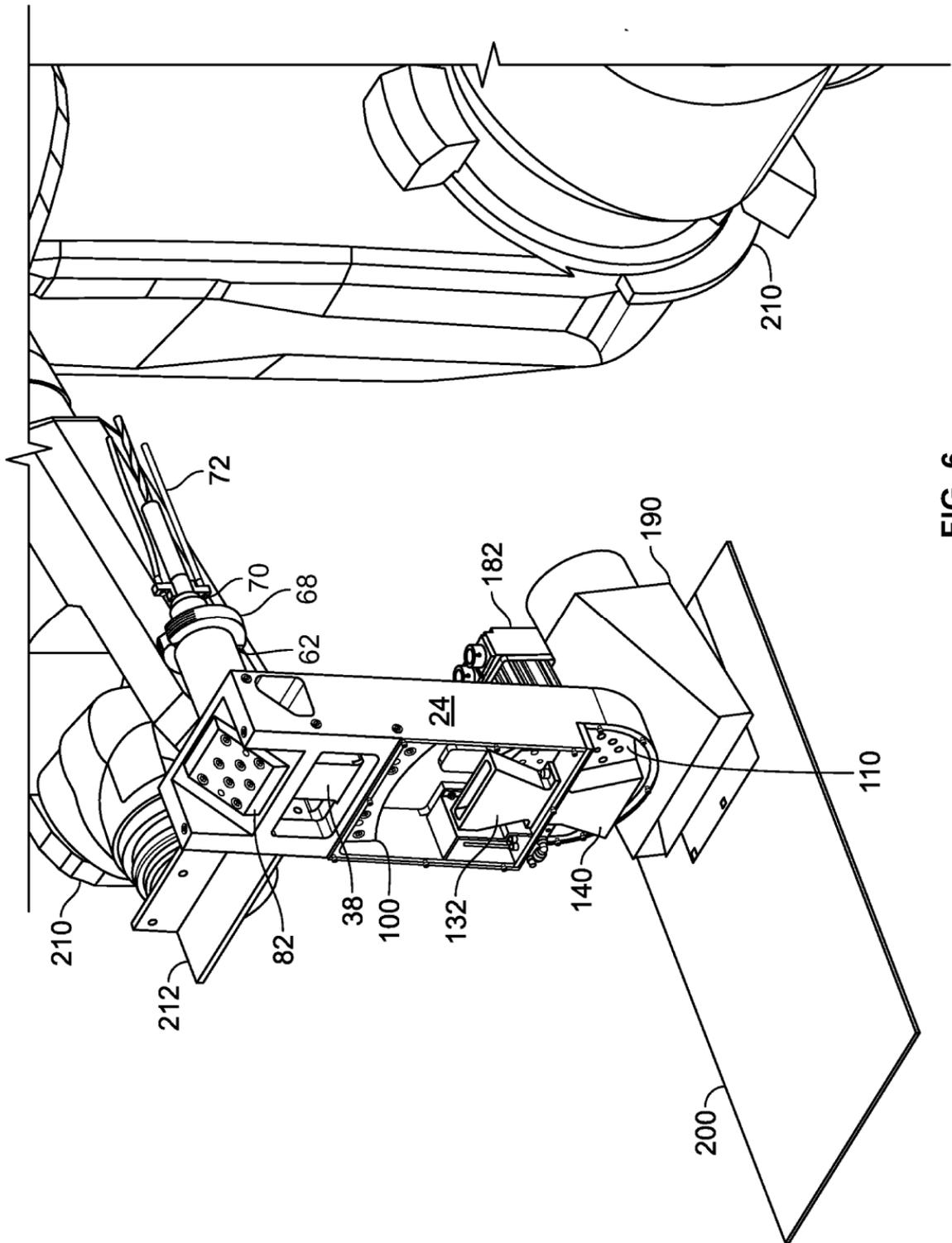


FIG. 6

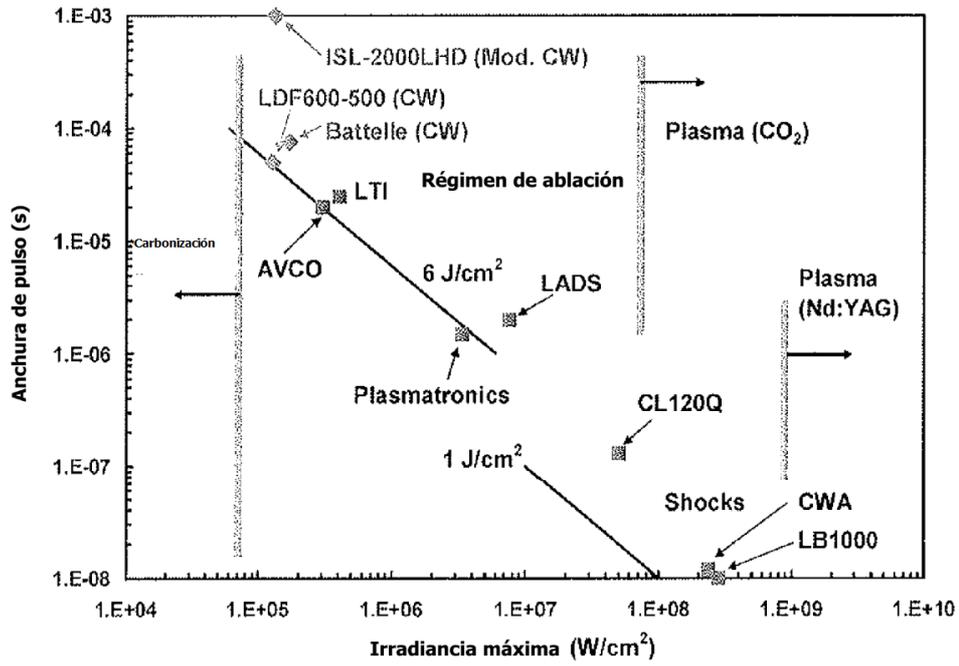


FIG. 7

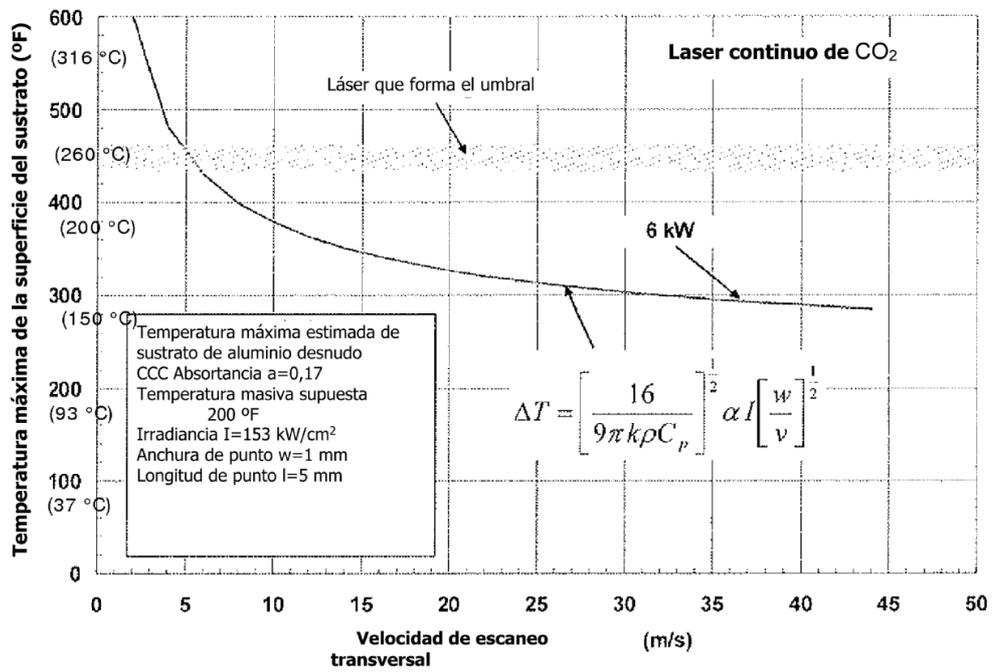


FIG. 8

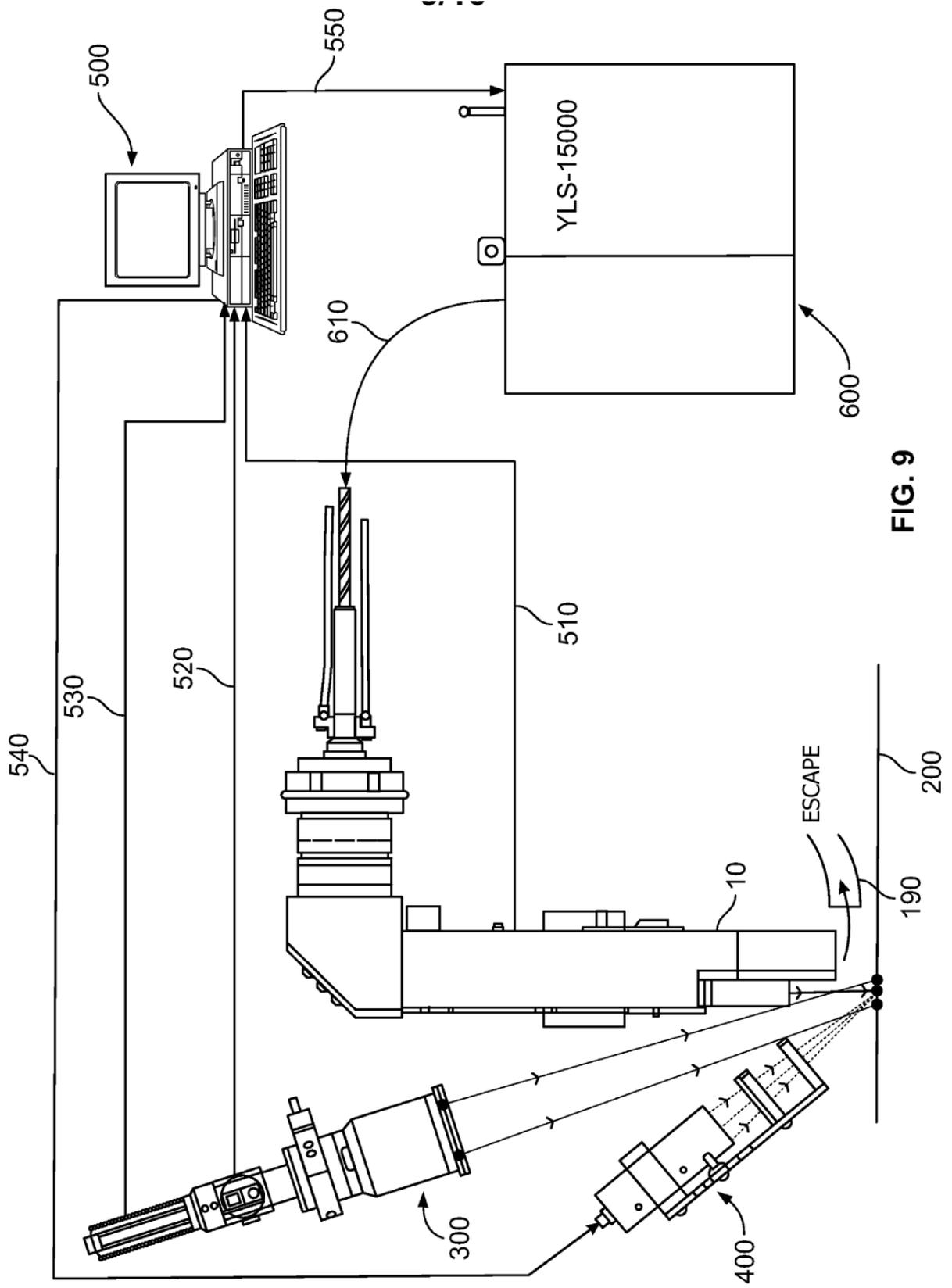


FIG. 9

