

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 318**

51 Int. Cl.:

B23K 37/02 (2006.01)
B23Q 1/01 (2006.01)
B23K 26/03 (2006.01)
G05B 19/42 (2006.01)
G05B 19/401 (2006.01)
B23K 10/00 (2006.01)
B23K 7/10 (2006.01)
B23K 26/14 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2016** **E 16020430 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018** **EP 3165324**

54 Título: **Sistema y método para procesar una pieza de trabajo**

30 Prioridad:

09.11.2015 US 201562252895 P

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

08.02.2019

73 Titular/es:

**PEDDINGHAUS CORPORATION (100.0%)
300 North Washington Avenue Bradley
Illinois 60915, US**

72 Inventor/es:

**WILLIAMS, JAMES;
BRZEZNIAK, EDWARD J. y
ECKERT, PETER J.**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 699 318 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 y método para procesar una pieza de trabajo

Campo técnico

5 Esta invención se refiere a un sistema y a un método para procesar una pieza de trabajo. Dicho proceso puede implicar transportar y recortar una longitud de suministro (incluyendo, por ejemplo, una pieza de acero estructural) en uno o más segmentos de longitud más corta, cortar, taladrar o punzonar agujeros, cortar perfiles con un soplete, puntear, etc. Más particularmente, esta invención se refiere a la supervisión de un parámetro relacionado con el procesado de piezas de trabajo con un soplete de corte.

Antecedentes de la invención y problemas técnicos planteados por la técnica anterior.

10 La fabricación de una pieza de trabajo (como, por ejemplo, una viga en I de acero estructural, una viga en H de ala ancha, un perfil en ángulo, un perfil en u, una pletina, etc.) puede requerir puntear, cortar, taladrar, punzonar y/o recortar partes de la pieza de trabajo. Las máquinas convencionales pueden realizar uno o más de estos trabajos u operaciones de procesado. Por ejemplo, una máquina se puede utilizar para taladrar agujeros en una pieza de trabajo (por ejemplo, una viga estructural) o para cortar parte de la pieza de trabajo con un soplete de corte.

15 En un tipo de máquina, una pieza de trabajo, como una viga estructural, se apoya longitudinalmente y se sujeta a una mesa o transportador adyacente a un carro de taladrado que soporta un husillo de taladrado de manera que una broca montada en el mismo se pueda mover a las ubicaciones deseadas a lo largo de la longitud de la viga, a lo largo de la altura de la viga y hacia o alejándose de la viga.

20 En algunas máquinas, el husillo de taladrado también se puede inclinar (angular) en un plano perpendicular a la longitud de la mesa de soporte de la viga y/o se puede inclinar (angular) en un plano que sea paralelo a la superficie de soporte horizontal de la mesa de soporte de la viga.

En otro tipo de máquina, la viga u otra pieza de trabajo se mueve a través de un conjunto de herramientas (por ejemplo, punzones, brocas, sopletes de corte, etc.) que se encuentran en ubicaciones fijas a lo largo de la máquina.

25 Las vigas estructurales pueden tener que proporcionarse en longitudes apropiadas para ser montadas en estructuras específicas. Los métodos para crear uno o más segmentos o vigas más cortas a partir de una longitud de suministro incluyen recortar los segmentos más cortos a partir de la longitud de suministro con un soplete de corte o con un aparato de cizallamiento. Cuando las vigas se montan en las estructuras, los extremos de las vigas y/o otras partes de las vigas se conectan normalmente con tornillos. Los tornillos se reciben en los agujeros proporcionados en las almas y las alas de las vigas.

30 Los métodos convencionales para proporcionar los agujeros para tornillos en una viga incluyen taladrar los agujeros con uno o más husillos de taladrado o punzonar los agujeros con una o más prensas punzonadoras. Por ejemplo, se pueden utilizar prensas punzonadoras de "alma" para proporcionar agujeros en el alma de la viga y se pueden utilizar prensas punzonadoras de "ala" para proporcionar agujeros en las alas de la viga. Dichas prensas punzonadoras pueden tener diseños convencionales bien conocidos por los expertos en la técnica. Se describen diversos diseños en las patentes de EE. UU. N.º 4.631.996, 3.722.337 y 3.720.125.

Otros sistemas para procesar una viga u otra pieza de trabajo pueden incluir aparatos que tengan sopletes de oxiacetileno o sopletes de plasma para cortar la pieza de trabajo longitudinalmente o cortar un perfil en la pieza de trabajo. Se pueden combinar diversos procesos en una máquina o en una línea de procesado que tenga una serie de máquinas diferentes en serie.

40 Otros sistemas recientes adicionales para procesar una viga u otra pieza de trabajo pueden incluir un robot industrial o un brazo robótico multieje capaz de maniobrar alrededor de la pieza de trabajo en un espacio tridimensional, teniendo el robot una o más herramientas para procesar la pieza de trabajo.

45 Por lo general, existe la necesidad, en algún punto del proceso (generalmente en una etapa inicial del proceso), de determinar la ubicación de la pieza con respecto a la línea o trayectoria de procesado (es decir, con respecto a las diversas herramientas que marcan, cortan, cizallan, punzonan, taladran o procesan de otro modo la pieza de trabajo en las ubicaciones deseadas a lo largo de la longitud de la pieza de trabajo). Normalmente, se determina la ubicación de un borde del extremo delantero de una pieza de trabajo (es decir, se establece o se sitúa) con respecto a una posición predeterminada o de referencia de la herramienta o herramientas operativas y/o con respecto a una parte fija de la línea o máquina de procesado en el línea de procesado de manera que las operaciones de procesado posteriores se puedan programar y/o realizar con respecto a los datos de ubicación iniciales del borde del extremo delantero de la pieza de trabajo. En algunos procesos, la ubicación del borde del extremo posterior de una pieza de trabajo se puede determinar en su lugar o posteriormente (es decir, determinada con respecto a las herramientas operativas). En algunos otros procesos, se debe determinar la ubicación de un borde o bordes laterales de una pieza de trabajo.

5 En un sistema de procesado o línea de procesado de piezas de trabajo típico, el entorno del ambiente o la atmósfera pueden estar relativamente sucios como resultado del desprendimiento de óxido o escamas de la pieza de trabajo y/o como resultado de la producción de las virutas y el humo de las operaciones de corte y/o taladrado. Además, la atmósfera ambiental puede incluir normalmente refrigerante en forma de niebla de pulverización de líquidos refrigerantes que se utilizan durante las operaciones de taladrado o corte. La atmósfera ambiental relativamente sucia alrededor de la pieza de trabajo debe ser admitida por cualquier sistema empleado para determinar las ubicaciones de las partes (por ejemplo, bordes, superficies, características) de una pieza de trabajo.

10 Los sistemas mecánicos para detectar la ubicación de una pieza de trabajo por contacto físico directo se han utilizado en el pasado y se siguen utilizando en la actualidad. Dichos sistemas mecánicos no necesitan "ver" a través de la atmósfera ambiental sucia que envuelve la pieza de trabajo, pero sin embargo dichos sistemas mecánicos están sujetos a los efectos de las partículas, los gases y los materiales líquidos que están presentes en el entorno alrededor de la pieza de trabajo y que pueden con el tiempo ensuciar los componentes operativos.

15 Un sistema mecánico típico para situar un borde de una pieza de trabajo incluye un interruptor mecánico accionado por resorte que se acopla físicamente a la pieza de trabajo. Sin embargo, esto somete al componente o los componentes del interruptor al desgaste físico y al potencial daño físico. Un sistema mecánico de este tipo también requiere una cantidad importante de espacio (generalmente para alojar un brazo de soporte, resortes, interruptores electrónicos para detectar el movimiento, etc.). Por lo tanto, un sistema mecánico de este tipo normalmente debe estar desplazado de la herramienta operativa (por ejemplo, taladro, soplete de corte, etc.).
20 Esto puede requerir que la máquina sea más larga y/o requerir que la pieza o herramienta se someta a un recorrido adicional.

25 Algunas de las desventajas descritas anteriormente de un sistema mecánico para situar el borde de una pieza de trabajo se pueden eliminar o minimizar utilizando un sistema óptico que emplee un haz de luz dirigido transversalmente dentro de la trayectoria de procesado de la pieza de trabajo de manera que el haz sea perpendicular a la longitud de la pieza de trabajo y paralelo a la dirección de la anchura de la pieza de trabajo. Cuando el haz de luz se interrumpe por el borde delantero de la pieza de trabajo, el haz de luz se refleja por la superficie de la pieza de trabajo de vuelta hacia un detector (por ejemplo, un interruptor de célula fotoeléctrica) cerca de la fuente de luz. Esto acciona el interruptor para indicar la ubicación del borde delantero de la pieza de trabajo. En un sistema de este tipo, la fuente emisora de luz debe estar muy cerca de la trayectoria de la pieza de trabajo porque el humo, la neblina y las virutas pueden interferir con la transmisión del haz de luz que se dirige hacia, y se refleja en, la pieza de trabajo. Además, los cambios de color y/o textura en los materiales de la pieza de trabajo, junto con los cambios en la distancia entre la pieza de trabajo y el interruptor, pueden provocar problemas al accionar el interruptor con el haz de luz reflejado. Un tipo de sistema de conmutación de un haz de luz reflejada de este tipo puede, por lo tanto, ser algo inexacto y/o poco fiable.

35 Con los sistemas de ubicación óptica o mecánica antes mencionados para procesar piezas de trabajo, los sistemas generalmente se limitan a detectar bordes o se limitan a tocar algunos puntos en la superficie de una pieza de trabajo. Estas capacidades limitadas de detección de los sistemas de localización pueden conducir a imprecisiones en el procesado de la pieza de trabajo porque dichos sistemas no detectan la mayoría de la superficie de la pieza para realizar el proceso en particular (por ejemplo, corte, taladrado, etc.). Si no se detecta con precisión la superficie de la pieza de trabajo, puede conducir a realizar procesos en la pieza de trabajo que no estén en la ubicación deseada, en el espacio tridimensional, en la pieza de trabajo. Dichos sistemas también pueden dejar de detectar diferencias entre la pieza real que se está procesando y una representación tridimensional idealizada o una representación de la pieza de trabajo mediante diseño asistido por ordenador o fabricación asistida por ordenador (en adelante en la presente memoria, "CAD/CAM"). Por lo tanto, sería deseable situar la superficie de una pieza de trabajo con un mayor grado de precisión y repetibilidad, y hacerlo de manera rápida y eficiente con fines de procesado en masa de piezas de trabajo.

50 En algunos sistemas actuales de procesado de piezas, puede haber poco o ningún control inteligente y/o detección inteligente de la utilización de herramientas de procesado (y gases de soldadura, donde se empleen) utilizados en los procesos de corte, copiado y marcado. La falta de dicho control o detección puede conducir a aumentar el desgaste de las herramientas de procesado, la obstrucción y el bloqueo de las herramientas de procesado y el desperdicio de los gases de soldadura utilizados en los procesos de corte, copiado y marcado.

Sería deseable proporcionar un sistema mejorado para procesar una pieza de trabajo en donde los problemas descritos anteriormente pudieran eliminarse o al menos minimizarse considerablemente.

55 Además, sería deseable proporcionar un sistema mejorado para procesar una pieza de trabajo en donde la ubicación de la pieza de trabajo pueda determinarse con un mayor grado de precisión para tener en cuenta la variabilidad de la superficie en las piezas de trabajo.

60 Sería especialmente beneficioso si un sistema mejorado de este tipo pudiera operar de manera efectiva para situar una superficie o superficies de la pieza de trabajo en un entorno que esté sucio, y en donde las astillas de taladrado y el refrigerante en forma de niebla de pulverización se pudieran arrojar o dispersar alrededor de la pieza de trabajo.

Un sistema mejorado de este tipo debería preferiblemente eliminar o minimizar la posibilidad de que la pieza de trabajo u otros objetos en el entorno impacten físicamente o se enganchen al sistema de ubicación de la pieza de trabajo de una manera que pudiera tener un efecto perjudicial en el sistema.

5 También sería deseable si un sistema mejorado de este tipo se pudiese operar fácilmente mediante un sistema de control apropiado, se pudiese adaptar a una variedad de diferentes tipos de piezas de trabajo (por ejemplo, pletinas, perfiles en u, perfiles en ángulo, vigas, etc.), se pudiesen producir resultados precisos y repetibles y se pudiese adaptar relativamente fácil a los cambios de los tipos y tamaños de las piezas que se procesan.

10 Además, sería beneficioso si un sistema mejorado de este tipo pudiera emplear componentes que sean relativamente pequeños y que sean relativamente fáciles de ajustar en una máquina o línea de procesado existente.

Además, sería beneficioso si un sistema mejorado de este tipo pudiera realizar operaciones o trabajos de procesado de manera rápida y eficiente.

Además, sería ventajoso si el sistema mejorado se pudiera fabricar, instalar y operar sin incurrir en costes o gastos excesivos.

Resumen de la invención

15 Con respecto a la técnica anterior, el documento US 5.844.196 A, que es la base del preámbulo de la reivindicación 1, se refiere a un sistema y un método para detectar el desgaste de la boquilla y del electrodo de los sopletes de arco de plasma en donde se pueden modificar entre otros el caudal de los gases de suministro de plasma o el suministro de agua. El sistema puede accionar un soplete hasta que haga contacto con una pieza de trabajo y retraer el soplete para medir la distancia para permitir un control de altura automático. El documento
20 US 2011/0316977 A1 se refiere a un método de manipulación del archivo de programa de corte CNC en donde los límites de una materia prima se deben comparar con un plano de corte CNC. El artículo "Proceso de imágenes para soldadura robótica automatizada" (XP-001548305) se refiere a una estación robotizada de soldadura que incluye un sistema de procesado de imágenes. El documento US 2015/0039121 A1 describe un sistema de exploración de visión artificial en 3D para procesado industrial. La presente invención se basa en el
25 objetivo de habilitar un sistema y un método para procesar una pieza de trabajo utilizando un gas, para mejorarlo en vista de la economía de procesado. Para resolver este objetivo, la presente invención proporciona un sistema y un método novedosos y mejorados para procesar una pieza de trabajo de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 3. Las formas de realización preferidas están sujetas a las reivindicaciones dependientes.

30 Además, se describe un sistema para procesar una pieza de trabajo. El sistema tiene una superficie de soporte para soportar una pieza y definir una trayectoria de procesado. El sistema tiene una herramienta de procesado que se puede mover con respecto a la trayectoria de procesado. El sistema tiene además un sistema de mezcla de gases para controlar un gas utilizado por la herramienta de procesado. El sistema de mezcla de gases controla el flujo de un gas en función de las coordenadas tridimensionales históricas de la herramienta de procesado.

35 Además, se describe un método para procesar una pieza de trabajo. El método incluye la etapa de adquisición del sistema descrito en el párrafo anterior. El método incluye además la etapa de carga de una pieza de trabajo en la superficie de soporte del sistema. El método incluye la etapa de movimiento de la herramienta de procesado para realizar una operación de procesado en la pieza de trabajo. El método incluye la etapa adicional de control del flujo de un gas utilizado por la herramienta de procesado en función de las coordenadas
40 tridimensionales históricas de la herramienta de procesado.

Además, se describe un sistema para procesar una pieza de trabajo. El sistema tiene una superficie de soporte para soportar una pieza y definir una trayectoria de procesado. El sistema tiene una herramienta de procesado que se puede mover con respecto a la trayectoria de procesado. El sistema tiene además un sistema de mezcla de gases para controlar un gas utilizado por la herramienta de procesado. El sistema de mezcla de gases tiene
45 varios detectores de presión y un sistema de grabación para recopilar los datos históricos de presión de un gas. El sistema de mezcla de gases se configura para (i) comparar los datos actuales de presión del gas con los datos históricos de presión del gas y (ii) detectar al menos uno del desgaste de la herramienta de procesado, el bloqueo de la herramienta de procesado y la obstrucción de la herramienta de procesado.

50 Además, se describe un método para procesar una pieza de trabajo. El método incluye la etapa de adquisición del sistema descrito en el párrafo anterior. El método incluye además la etapa de carga de una pieza de trabajo en la superficie de soporte del sistema. El método incluye la etapa de movimiento de la herramienta de procesado para realizar una operación de procesado en la pieza de trabajo. El método incluye la etapa adicional de detección de al menos uno de: el desgaste de la herramienta de procesado; el bloqueo de la herramienta de procesado; y la obstrucción de la herramienta de procesado en función de los datos de presión históricos de un
55 gas utilizado por la herramienta de procesado.

Breve descripción de los dibujos

Otras numerosas ventajas y características de la presente invención se volverán fácilmente evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención, de las reivindicaciones y de los dibujos adjuntos.

En los dibujos adjuntos que forman parte de la memoria descriptiva, y en los que se emplean los mismos números de referencia para designar las mismas partes en todos sitios,

- 5 La FIG. 1 es una vista en perspectiva, mirando hacia el extremo posterior trasero de un sistema para procesar una pieza de trabajo de acuerdo con la presente invención, y la FIG. 1 muestra una pieza de trabajo, en forma de una viga en I, cargada en el sistema para su posterior procesado;
- La FIG. 2 es una vista en alzado posterior del sistema de la FIG. 1;
- La FIG. 2A es una vista en alzado frontal del sistema mostrado en la FIG. 1;
- 10 La FIG. 3 es una vista en alzado lateral del sistema tomada a lo largo del plano 3-3 de la FIG. 2, sin embargo, en la FIG. 3 no se muestra la pieza de trabajo;
- La FIG. 3A es una vista en alzado lateral tomada a lo largo del plano 3A-3A de la FIG. 2, sin embargo, en la FIG. 3A no se muestra la pieza de trabajo;
- 15 La FIG. 4 es una vista en perspectiva parcial, fragmentada, ampliada, de una parte trasera del sistema mostrado en la FIG. 1, sin embargo, en la FIG. 4 no se muestra la pieza de trabajo;
- La FIG. 5 es una vista en perspectiva parcial, fragmentada, ampliada, de un extremo de entrada frontal del sistema mostrado en la FIG. 1, sin embargo, en la FIG. 5 no se muestra la pieza de trabajo;
- La FIG. 6 es otra vista en perspectiva parcial, fragmentada, ampliada de una parte trasera del sistema mostrado en la FIG. 1, sin embargo, en la FIG. 6 no se muestra la pieza de trabajo;
- 20 La FIG. 6A es una vista en perspectiva parcial, fragmentada, ampliada del robot industrial del sistema mostrado en la FIG. 1;
- La FIG. 7 es una vista en perspectiva, tomada desde el frente, del sistema mostrado en la FIG. 1, sin embargo, en la FIG. 7 no se muestra la pieza de trabajo;
- 25 La FIG. 8 es una vista en perspectiva, fragmentada, mirando hacia la parte frontal del sistema mostrado en la FIG. 1, sin embargo, en la FIG. 8 no se muestra la pieza de trabajo y algunos de los componentes se han separado para revelar detalles interiores subyacentes;
- La FIG. 9 es una vista en perspectiva parcial, ampliada, del conjunto de exploración del sistema mostrado en la FIG. 1, y la FIG. 9 muestra el conjunto de exploración en una configuración almacenada;
- 30 La FIG. 10 es una vista en perspectiva parcial, ampliada, del conjunto de exploración del sistema mostrado en la FIG. 1, y la FIG. 10 muestra el conjunto de exploración en una configuración desplegada;
- La FIG. 11 es una vista en perspectiva parcial, ampliada, del conjunto de exploración del sistema mostrado en la FIG. 1, y la FIG. 11 muestra el conjunto de exploración explorando activamente una pieza de trabajo;
- La FIG. 12 es una vista en perspectiva parcial, ampliada, del conjunto de exploración del sistema mostrado en la FIG. 1, y la FIG. 12 muestra un robot industrial que procesa una pieza de trabajo;
- 35 La FIG. 12A es una vista en planta superior, parcial solo del conjunto de exploración del sistema mostrado en la FIG. 1, y la FIG. 12A muestra solo los componentes del sistema del conjunto de exploración, y la FIG. 12A muestra la unidad de exploración del lado izquierdo en una configuración almacenada, mientras que las otras unidades de exploración se muestran en una configuración desplegada;
- 40 La FIG. 13 es una vista en alzado lateral, ampliada, parcial tomada a lo largo del plano 13-13 de la FIG. 12A que muestra solo los componentes del conjunto de exploración;
- La FIG. 14 es una vista en planta, ampliada, parcial de los componentes del conjunto de exploración mostrados en la FIG. 12A;
- La FIG. 15 es una vista en perspectiva, ampliada, parcial solo de la unidad de exploración del lado izquierdo y la estación base del conjunto de exploración del sistema mostrado en la FIG. 12A;
- 45 La FIG. 16 es una vista en perspectiva, ampliada, parcial de solo el láser del lado izquierdo de la unidad de exploración del lado izquierdo que se muestra en la FIG. 15;

La FIG. 17 es una vista esquemática de un sistema de mezcla de gases de acuerdo con otro aspecto de la presente invención;

La FIG. 18 es una vista ampliada de la unidad de exploración del lado derecho mostrada en la FIG. 12A, pero en la FIG. 18 se ha retirado una parte de la pared exterior de la unidad para mostrar los componentes interiores;

5 La FIG. 19 es una vista en perspectiva de la unidad de exploración mostrada en la FIG. 18;

La FIG. 20 muestra una vista esquemática del diseño de hardware básico de una forma de realización de un sistema de visión;

La FIG. 21 muestra una vista esquemática del diseño de hardware básico de una única unidad de cámara/láser del sistema de visión mostrado en la FIG. 20;

10 La FIG. 22 muestra una vista esquemática del diseño de hardware básico de la placa de interconexión del secuenciador de las unidades de cámara/láser mostrada en la FIG. 21;

La FIG. 23 muestra una vista esquemática del diseño de hardware básico del componente de la placa del secuenciador de las unidades de cámara/láser del sistema de visión mostrado en la FIG. 20;

La FIG. 24 muestra una secuencia de exploración de ejemplo del sistema de visión mostrado en la FIG. 20;

15 La FIG. 25 muestra un diagrama de una aplicación de usuario TVision para el sistema de visión mostrado en la FIG. 20;

La FIG. 26 muestra un diagrama de un subcomponente TFastVisionThread de la aplicación de usuario TVision mostrada en la FIG. 25;

La FIG. 27 muestra un diagrama de un algoritmo del subcomponente TFastVisionThread mostrado en la FIG. 26;

20 La FIG. 28 muestra un diagrama de una MCU integrada en el componente de la placa del secuenciador de las unidades de cámara/láser mostrado en la FIG. 23;

La FIG. 29 muestra un diagrama de un algoritmo del componente de la placa del secuenciador de las unidades de cámara/láser mostrado en la FIG. 23;

La FIG. 30 muestra un diagrama de las capas funcionales del sistema de visión mostrado en la FIG. 20;

25 La FIG. 31 muestra un diagrama de flujo de proceso de las capas funcionales mostradas en la FIG. 31 durante una única exploración;

La FIG. 32 muestra parte de un diagrama de flujo de proceso de un sistema de mezcla de gases de acuerdo con otro aspecto de la presente invención; y

La FIG. 33 muestra otra parte del diagrama de flujo de proceso de la FIG. 32

Descripción de la forma de realización preferida

30 Si bien esta invención es susceptible de realizarse de muchas formas diferentes, esta memoria descriptiva y los dibujos adjuntos describen solo una forma específica como un ejemplo de utilización de la invención. La invención no pretende limitarse a la forma de realización descrita de esta manera, y el alcance de la invención se señalará en las reivindicaciones adjuntas.

35 Para facilitar la descripción, la máquina o el sistema de procesamiento que funciona de acuerdo con esta invención se describe en la posición de funcionamiento normal (vertical), y los términos tales como arriba, abajo, izquierda, derecha, etc., se utilizan con referencia a esta posición. Sin embargo, se entenderá que el sistema de esta invención se puede fabricar, almacenar, transportar, utilizar y vender con una orientación diferente a la descrita.

40 El sistema que funciona de acuerdo con el proceso de esta invención puede tener determinados componentes y mecanismos de control convencionales cuyos detalles, aunque no se ilustren o describan por completo, serán evidentes para los expertos en la técnica y una comprensión de las funciones necesarias de dichos componentes y mecanismos.

45 Algunas de las figuras que ilustran una forma de realización del sistema de procesamiento que funciona de acuerdo con la presente invención muestran detalles estructurales y elementos mecánicos convencionales que serán reconocidos por un experto en la técnica. Sin embargo, las descripciones detalladas de dichos elementos no son necesarias para una comprensión de la invención, y por consiguiente, se presentan en la presente memoria únicamente en el grado necesario para facilitar una comprensión de las características novedosas de la presente invención.

La FIG. 1 muestra una máquina o sistema de procesado 40 de acuerdo con la presente invención para procesar una viga de acero estructural que se denomina genéricamente en la presente memoria como una pieza de trabajo 44. Para facilitar la ilustración, parte del cableado eléctrico auxiliar y la manguera de gas del sistema 40 se han omitido. El sistema incluye un transportador de entrada 48 que tiene una superficie de soporte definida por varios rodillos 84 paralelos, separados y sobre los cuales una longitud del suministro, tal como una viga de acero estructural u otra pieza de trabajo 44, se puede colocar inicialmente con una carretilla elevadora, transportador, grúa u otros medios. La pieza de trabajo 44 particular ilustrada en la FIG. 2A es una viga en I que tiene una primera ala del lado derecho 56, una segunda ala del lado izquierdo 60 y un alma central 64 que conecta las dos alas 56, 60.

Haciendo referencia a la FIG. 8, el transportador de entrada 48 tiene un extremo de entrada 68, una salida o extremo posterior 72, y generalmente define una trayectoria de procesado "P" entre el extremo de entrada 68 y el extremo posterior 72 para transportar la pieza de trabajo 44 para el proceso. El transportador de entrada 48 incluye dos elementos de bastidor separados, dispuestos horizontalmente o paredes laterales 76 soportadas por varias patas 80. Las paredes laterales 76 soportan los rodillos 84 colocados entre ellas. Cada uno de los rodillos 84 incluye un piñón final acoplado por una cadena sin fin que se acciona hidráulicamente (no visible en la FIG. 8) para indexar o mover la pieza de trabajo 44 hacia adelante o hacia atrás a lo largo de la trayectoria de procesado "P". Se entenderá que el transportador de entrada 48 puede ser de cualquier tipo convencional o especial adecuado (por ejemplo, el tipo de rodillos ilustrado, un transportador de cinta, etc.) y el transportador se puede accionar mediante cualquier otra maquinaria, motor o sistema convencional, cuyos detalles no forman parte de la presente invención.

Haciendo referencia a la FIG. 1, el sistema 40 incluye un bastidor o pórtico 88 que se extiende sobre el transportador de entrada 48. El pórtico 88 soporta una herramienta de procesado o conjunto de herramientas de procesado 92 para procesar la pieza de trabajo 44 (por ejemplo, cortar, copiar, marcar la pieza de trabajo, etc.), que se describirá con mayor detalle más adelante en la presente memoria.

Con referencia a la FIG. 4, el pórtico 88 se dota con un conjunto de sujeción accionado hidráulicamente 96 para mantener la pieza de trabajo 44 (FIG. 2) en una ubicación fija a lo largo de una línea de referencia con respecto al pórtico 88. El conjunto de sujeción 96 tiene una referencia o primera superficie de sujeción 100 y una segunda superficie de sujeción 104 que se puede mover hidráulicamente hacia la primera superficie de sujeción 100. Específicamente, la segunda superficie de sujeción 104 (FIG. 8) se puede mover horizontalmente en una dirección que generalmente es perpendicular a la trayectoria de procesado "P" (FIG. 1 y 8). La primera superficie de sujeción 100 (FIG. 4) tiene la forma de un rodillo vertical que está conectado a un lado del pórtico 88. La segunda superficie de sujeción 104 (FIG. 8) también tiene la forma de un rodillo vertical. Con la pieza de trabajo 44 sujeta entre las superficies de sujeción primera y segunda (es decir, los rodillos) 100 y 104, respectivamente, el sistema 40 puede situar con precisión la pieza de trabajo 44 contra el punto de referencia mientras mueve la pieza de trabajo 44 hacia adelante o hacia atrás a lo largo de la trayectoria de procesado "P" a través de los rodillos 84 transportadores accionados. El conjunto de sujeción 96 se dota además con un transductor lineal (no visible) que permite que la aplicación de control (descrita en detalle en la presente memoria) detecte la ubicación del conjunto de sujeción 96 contra la pieza de trabajo 44. El transductor lineal proporciona un medio de retroalimentación a la aplicación para evitar un posible exceso de sujeción de la pieza de trabajo 44.

Haciendo referencia todavía a la FIG. 4, el pórtico 88 tiene una serie de interruptores o detectores láser 112 y reflectores asociados configurados para detectar la ubicación de un extremo anterior y/o extremo posterior de la pieza de trabajo 44 a medida que se mueve hacia, a través y fuera del sistema 40. Los detectores láser 112 se colocan generalmente dispuestos horizontalmente y se orientan generalmente perpendiculares a la trayectoria de procesado "P", con los detectores láser 112 fijados en un lado del pórtico 88 y los reflectores asociados fijados en un lado opuesto del pórtico 88. El funcionamiento detallado de los detectores láser 112 se describirá en la presente memoria.

Con referencia a la FIG. 4, el pórtico 88 tiene un conjunto de medición de rodillo 120 para medir la longitud de la pieza de trabajo 44 para proporcionar un registro preciso de la alimentación o movimiento de la pieza de trabajo 44 a través del sistema 40 a lo largo de la trayectoria de procesado "P". El conjunto de medición 120 se compone de una rueda generadora de pulsos 124 accionada por resorte y un detector de generador de pulsos 128. El accionamiento por resorte de la rueda generadora de pulsos 124 asegura que la rueda generadora de pulsos 124 permanezca en contacto constante con la superficie lateral de una pieza de trabajo 44. El funcionamiento detallado del conjunto de medición de rodillo 120 se describirá en la presente memoria.

Haciendo referencia todavía a la FIG. 4, el pórtico 88 se puede dotar con un conjunto de sujeción para ángulos 136 para utilizar con la sujeción de una pieza de trabajo que tenga la forma de una viga en L (no ilustrada). El conjunto de sujeción para ángulos 136 tiene un pistón hidráulico 140 conectado entre el pórtico 88 y un enlace que puede rotar 144. El enlace 144 se dota además con un rodillo de sujeción 148 conectado a un riel motorizado 152, que es capaz de extender el rodillo de sujeción 148 sobre una superficie interior o la cresta de la viga de manera que empuje la viga en L contra un rodillo de guiado de referencia 156. El conjunto de sujeción para ángulos 136 proporciona una fuerza de sujeción adicional específicamente cuando el sistema 40 está procesando una viga en L.

Haciendo referencia a continuación la FIG. 5, el pórtico 88 incluye una pinza de material remanente o un conjunto de empuje 164 para empujar o mover de otro modo una pieza de trabajo 44 hacia adelante a lo largo de la trayectoria de procesado "P". En general, el conjunto de empuje 164 se utiliza para mover una pieza de trabajo 44 hacia adelante cuando la pieza de trabajo 44 no está sujeta por el conjunto de sujeción 96, tal como es el caso cuando la pieza de trabajo 44 se coloca parcialmente en un transportador de salida motorizado (que se describirá en detalle en la presente memoria). El conjunto de empuje 164 se monta en, y se puede accionar con respecto al pórtico 88 a lo largo de, una primera pareja de raíles lineales 168 que se extienden generalmente paralelos a la trayectoria de procesado "P". El conjunto de empuje 164 incluye un elemento de empuje o elemento de tope 172 que realmente hace contacto con el extremo posterior de la pieza de trabajo 44 y que se puede mover verticalmente hacia arriba y hacia abajo a lo largo de una segunda pareja de raíles lineales (no visibles en la FIG. 5) hacia o alejándose del transportador de entrada 48. El funcionamiento detallado del conjunto de empuje 164 se describirá en la presente memoria.

Según se muestra mejor en la FIG. 6, el pórtico 88 se conecta al conjunto de herramientas de procesado 92 mediante una pareja de raíles lineales 180 que discurren generalmente de forma horizontal a lo largo de un eje que es perpendicular a la trayectoria de procesado "P". El conjunto de herramientas de procesado 92 tiene un carro 184 que se puede mover además a lo largo de una segunda pareja de raíles lineales 188 que discurren generalmente de forma vertical hacia o alejándose del transportador de entrada 48 (FIG. 1). El carro 184 define una estación base 190 que mantiene de manera liberable una serie de herramientas de procesado, que incluyen un soplete de oxiacetileno 192, un soplete de corte por plasma 196 y un soplete de marcado por plasma 200. En una forma de realización del sistema inventivo, el soplete de oxiacetileno 192 es un soplete MT5 fabricado por Victor Equipment que tiene las instalaciones en 2800 Airport Road, Denton, TX 76207, EE. UU., el soplete de corte por plasma 196 es un soplete HPR460XD fabricado por Hypertherm, Inc. que tiene las instalaciones en 21 Great Hollow Road, Hanover, NH 03755, EE. UU., y el soplete de marcado por plasma 200 es un soplete Arcwrite HT084005 también fabricado por Hypertherm, Inc. Se apreciará que la estación base 190 puede mantener cualquier cantidad o tipo de herramientas de procesado de piezas de trabajo para cortar, copiar, marcar, taladrar o modificar de otro modo una pieza de trabajo 44 (FIG. 1).

Con referencia a la FIG. 6, el carro 184 se dota además con una superficie de montaje inferior 202 a la que se fija una parte de base 204 de un brazo robótico multieje o robot industrial 208. El robot industrial 208 tiene varios elementos que se pueden mover de forma independiente, cada uno con capacidad de rotar alrededor de un eje mediante un motor eléctrico. El elemento con capacidad de movimiento más distal termina en un efector final o un accesorio universal 216. El accesorio universal 216 se utiliza para acoplar, o unir de otro modo, una parte de unión de uno cualquiera del soplete de oxiacetileno 192, el soplete de corte por plasma 196 y el soplete de marcado por plasma 200 o cualquier otra herramienta que se pueda proporcionar en la estación base 190. El funcionamiento detallado del accesorio universal 216 se describirá en detalle a continuación.

El robot industrial 208 puede ser cualquier robot industrial o multieje convencional o especial adecuado, tal como los fabricados por Kuka AG, FANUC, DENSO y otros. En una forma de realización actual del sistema inventivo descrito en la presente memoria, el robot industrial 208 es un robot M20ia Foundry Edition fabricado por FANUC que tienen instalaciones en 1800 Lakewood Blvd., Hoffman Estates, IL 60192, EE. UU. El diseño y el control tridimensional de un robot industrial 208 de este tipo es conocido en la técnica, cuyos detalles no forman parte de la presente invención. El diseño y el control básicos de dichos robots se describen en general en la Patente de EE. UU. N.º 5.550.953 y en la Patente de EE. UU. N.º 8.367.970, cada una de las cuales se incorpora por referencia en su totalidad. En general, el robot industrial 208 tiene un sistema de coordenadas local definido por su parte de base estacionaria 204. El sistema 40 proporciona instrucciones al software de control del robot industrial 208 en la forma del sistema de coordenadas local del robot 208, según se describirá con mayor detalle en la presente memoria.

Haciendo referencia a la FIG. 8, el sistema 40 se dota además con un transportador de salida 300 que está separado hacia delante tanto del transportador de entrada 48 como del pórtico 88. Existe un volumen vacío entre el transportador de salida 300 y el transportador de entrada 48 y se denomina en la presente memoria como el volumen de procesado dentro del cual la pieza de trabajo 44 (FIG. 12) se coloca de manera tal que el robot industrial 208 (FIG. 12) tenga trescientos sesenta grados de acceso a la pieza de trabajo 44.

Haciendo referencia todavía a la FIG. 8, el transportador de salida 300 define una superficie de soporte sobre la cual se puede transportar una pieza de trabajo 44 desde el transportador de entrada 48, y que, en la forma de realización ilustrada, está definida por varios rodillos 324 paralelos y separados. El transportador de salida 300 tiene un extremo de entrada 308 y un extremo posterior 312, y se sitúa generalmente a lo largo de la trayectoria de procesado "P". El transportador de salida 300 incluye dos elementos de bastidor o paredes laterales separadas dispuestas horizontalmente 316 soportadas por varias patas 320, y alojan los rodillos 324 entre las paredes 316. Cada uno de los rodillos incluye un piñón de extremo acoplado con una cadena sin fin que se acciona hidráulicamente (no visible en la FIG. 8) para indexar o mover la pieza de trabajo 44 (no mostrada en la FIG. 8) hacia adelante o hacia atrás a lo largo de la trayectoria de procesado "P". Se entenderá que el transportador de salida 300 puede ser de cualquier tipo adecuado especial o convencional (incluido el transportador de rodillos ilustrado o un transportador de cinta, etc.) y se puede accionar mediante cualquier maquinaria o motor especial o convencional adecuado u otro sistema de accionamiento. Una parte de cada una de las dos paredes 316 está unida, y se puede mover longitudinalmente a través de un motor (no visible), a una

pareja de raíles lineales 328, que permiten que cada parte de las paredes 316 y los rodillos 324 se extiendan hacia el transportador de entrada 48 y dentro del volumen de procesado. La extensión de una parte del transportador de salida 300 dentro del volumen aumenta la longitud de la superficie de soporte definida por los rodillos 324 debajo de una pieza de trabajo 44, según se puede requerir para mover una pieza de trabajo particular 44 hacia adelante.

5

Haciendo referencia todavía a la FIG. 8, debajo del volumen de procesado, y entre el transportador de entrada 48 y el transportador de salida 300, se proporciona un sistema de transporte de chatarra 332 para transportar piezas de chatarra que se pueden cortar o eliminar de la pieza de trabajo 44. El sistema de transporte de chatarra 332 incluye un transportador de chatarra 340 que define una superficie de soporte 344 sobre la cual pueden caer las partes recortadas o desechadas de la pieza 44 y ser transportadas alejándose del sistema 40. El transportador de chatarra 340 se sitúa generalmente perpendicular a la trayectoria de procesado "P", y tiene un extremo de entrada 348 situado debajo del volumen de procesado para el robot industrial 208 (no visible en la FIG. 8), y un extremo posterior 352 inclinado que puede mover la chatarra a otro transportador o a un contenedor de chatarra (no ilustrado). El transportador de chatarra 340 incluye dos elementos de bastidor o las paredes laterales 356 separadas, dispuestas horizontalmente soportadas parcialmente por una pareja de patas 360, y aloja varios rodillos 364. Cada uno de los rodillos 364 tiene un piñón final acoplado con una cadena sin fin que se acciona mediante un motor eléctrico (no visible). Se entenderá que el transportador de chatarra 340 puede ser de cualquier tipo adecuado especial o convencional (incluido el transportador de rodillos ilustrado o un transportador de cinta, etc.) y se puede accionar mediante cualquier maquinaria, motor u otro sistema de accionamiento especial o convencional adecuado. Además, el transportador de chatarra 340 no necesita tener una parte inclinada. Además, el transportador de chatarra se puede eliminar por completo en algunas aplicaciones.

10

15

20

Con referencia ahora a las FIG. 8-12, el sistema 40 se dota con un conjunto de exploración 400 para recopilar información de la superficie de la pieza de trabajo 44 (FIG. 9-12 solamente). El conjunto de exploración 400 incluye un pórtico de exploración 404 fijo que se extiende sobre el transportador de salida 300 (FIG. 8 solamente). El conjunto de exploración 400 incluye además un carro de exploración 408 que está conectado de manera móvil al pórtico de exploración 404 mediante una pareja de raíles lineales 412. La dirección de movimiento del carro de exploración a lo largo de los raíles lineales 412 se denomina en adelante en la presente memoria como el "eje x" o el "eje de exploración". El movimiento del carro de exploración 408 a lo largo de los raíles lineales 412 permite que una parte de una pieza de trabajo 44, dentro del volumen de procesado, sea escaneada y también permite que el robot industrial 208 (FIG. 12 solamente) realice operaciones de procesado en la pieza de trabajo 44 dentro del volumen, según se describirá en detalle más adelante.

25

30

Haciendo referencia ahora a la FIG. 9, el carro de exploración 408 tiene una parte trasera 416 que sirve como contrapeso y mantiene una unidad de control electrónico 418. El carro de exploración 408 tiene además una parte frontal operativa 420 para realizar una exploración de la superficie de la pieza de trabajo 44. La parte trasera 416 incluye una pareja de vigas en caja separadas 424 conectadas por puntales 428. La parte inferior de cada una de las vigas en caja 424 se conecta a una placa 432 conectada de manera fija a la parte que se puede mover de los raíles lineales 412. Una de las placas 432 se dota de un bastidor (no visible) para ser accionado mediante un piñón motorizado (no visible) que se monta en el pórtico de exploración 404.

35

40

Haciendo referencia ahora a la FIG. 13, la parte frontal 420 del carro de exploración 408 tiene una placa trasera vertical 444 conectada de manera fija a cada una de las vigas en caja 424.

Con referencia a la FIG. 9, la placa trasera 444 tiene un primer lado o lado derecho, desde el cual se extiende una pareja de brazos 452. Los brazos 452 terminan en una estación base de la unidad de exploración del lado derecho 456. La estación base de la unidad de exploración del lado derecho 456 soporta un actuador o motor 460 para hacer rotar una unidad de cámara-láser del lado derecho ("CLU") giratoria o la unidad de exploración del lado derecho 464. En la forma de realización ilustrada del sistema inventivo 40, el motor 460 es un motor neumático, pero puede ser un servomotor o cualquier otro motor adecuado. La estación base de la unidad de exploración del lado derecho 456 incluye además dos cubiertas de abertura 468 (Figuras 9 y 10) para cubrir o sellar de otro modo una pareja de aberturas en la unidad de exploración 464 del lado derecho con fines de protección de la instrumentación en su interior de los deshechos, elementos y desgaste, según se describirá más adelante.

45

50

Haciendo referencia todavía a la FIG. 9, la unidad de exploración del lado derecho 464 se configura para rotar aproximadamente noventa grados con respecto a la estación base de la unidad de exploración del lado derecho 456 desde una configuración almacenada o de almacenamiento (FIG. 9) a una configuración de exploración o desplegada (FIG. 10) para explorar una superficie lateral derecha de una parte de una pieza de trabajo 44 (FIG. 11). La unidad de exploración del lado derecho 464 contiene un láser del lado derecho 476 (FIG. 10). El lado derecho del láser 476 en la forma de realización ilustrada es del tipo convencional que emite un haz de luz con una configuración de franja en forma de "lámina de luz" plana o en forma de abanico que, al impactar sobre la superficie de una pieza de trabajo, define una línea recta en la superficie según se muestra, por ejemplo, en la FIG. 11 en donde la franja en forma de abanico se designa 477 y la línea recta se designa 479 en la FIG. 11. En otras palabras, el láser del lado derecho 476 se coloca para dirigir la luz en una franja vertical 477 (a lo largo del eje z, perpendicular a la exploración o eje x) a lo largo de una parte del lado derecho de la pieza de trabajo 44.

55

60

La unidad de exploración del lado derecho 464 contiene una cámara lateral derecha 484. La cámara lateral derecha 484 se coloca con un ángulo conocido y predeterminado con respecto al láser del lado derecho 476, de tal manera que la cámara lateral derecha 484 pueda grabar la ubicación tridimensional de la línea vertical 479 en el lado derecho de una pieza de trabajo y almacenarla en la memoria local para la transmisión posterior a un sistema de control para procesarla en una aplicación de control.

5

Haciendo referencia todavía a la FIG. 9, la placa trasera 444 tiene un segundo lado o izquierdo a lo largo del cual se extienden dos raíles lineales 488 que se extienden horizontalmente. Los raíles lineales 488 soportan una placa intermedia 489 desde la cual se extiende otra pareja de brazos 490. Los brazos 490 terminan, y soportan, en una estación base de la unidad de exploración del lado izquierdo 494. La estación base de la unidad de exploración del lado izquierdo 494 soporta un actuador o motor 498 para rotar una CLU del lado izquierdo que puede rotar o una unidad de exploración del lado izquierdo 502. En la forma de realización ilustrada en el sistema inventivo 40, el motor 498 es un motor neumático, pero puede ser un servomotor, o cualquier otro motor o actuador adecuado. La estación base de la unidad de exploración del lado izquierdo 494 tiene además dos cubiertas de abertura 506 (las FIG. 9 y 10) para cubrir o sellar de otro modo una pareja de aberturas coincidentes en la unidad de exploración del lado izquierdo 502 con fines de protección de la instrumentación en su interior de los deshechos, elementos y desgaste, según se describirá más adelante.

10

15

Haciendo referencia todavía a la FIG. 9, la unidad de exploración del lado izquierdo 502 también se configura para rotar unos noventa grados con respecto a la estación base de la unidad de exploración del lado izquierdo 494 desde la configuración almacenada o de almacenamiento (FIG. 9) a una configuración de exploración o desplegada (FIG. 10) para explorar una superficie lateral izquierda de una parte de una pieza de trabajo 44 (FIG. 11). La unidad de exploración del lado izquierdo 502 contiene un láser del lado izquierdo 514 (FIG. 10). El láser del lado izquierdo 514 en la forma de realización ilustrada es del tipo convencional que emite un haz de luz que tiene una configuración de franja en forma de "lámina de luz" plana o en forma de abanico que, al impactar sobre la superficie de una pieza de trabajo, define una línea recta en la superficie según se muestra, por ejemplo, en la FIG. 11 en donde la franja con forma de abanico se designa como 515 (la línea recta en la superficie izquierda de la pieza de trabajo 44 no es visible en la FIG. 11). En otras palabras, el láser del lado izquierdo 514 se coloca para dirigir la luz en una franja vertical 515 (a lo largo del eje z, perpendicular a la exploración o eje x) a través de una parte del lado izquierdo de la pieza de trabajo 44. La unidad de exploración del lado izquierdo 502 contiene una cámara lateral derecha 522. La cámara lateral izquierda 522 se coloca con un ángulo conocido predeterminado con respecto al láser del lado derecho 514, de manera que la ubicación tridimensional de la línea vertical en el lado izquierdo de una pieza de trabajo 44 se puede grabar mediante la cámara lateral izquierda 522, y almacenar en la memoria local para su posterior transmisión a un sistema de control para procesarla en una aplicación de control.

20

25

30

Los raíles lineales 488 permiten que la unidad de exploración del lado izquierdo 502 se mueva horizontalmente hacia o alejándose del lado izquierdo de una pieza de trabajo 44, dependiendo del tamaño y forma de la pieza de trabajo 44 particular a explorar.

35

Haciendo referencia todavía a la FIG. 9, la placa trasera 444 se dota además con una pareja de raíles lineales 526 que se extienden verticalmente, lo que permite el movimiento vertical de una primera estación base de la unidad de exploración superior 530. La primera estación base de la unidad de exploración superior 530 soporta un motor 534 para accionar una primera CLU superior giratoria o primera unidad de exploración superior 538. El motor 534 es preferiblemente un motor neumático, pero puede ser un servomotor o cualquier otro motor o actuador adecuado. La primera estación base de la unidad de exploración superior 530 tiene además dos cubiertas de abertura 542 (FIG. 10) para cubrir o sellar de otro modo una pareja de aberturas en la primera unidad de exploración superior 538 con fines de protección de la instrumentación en su interior de los deshechos, elementos y desgaste, según se describirá a continuación.

40

45

Haciendo referencia todavía a la FIG. 9, la primera unidad de exploración superior 538 también se configura para rotar aproximadamente noventa grados alrededor de un eje vertical con respecto a la primera estación base de la unidad de exploración superior 530 desde la configuración almacenada o de almacenamiento (FIG. 9) a una configuración de exploración o desplegada (FIG. 10) para explorar una superficie superior de una parte de una pieza de trabajo 44 (FIG. 11). La primera unidad de exploración superior 538 contiene un primer láser superior 550 (FIG. 10). El primer láser superior 550 en la forma de realización ilustrada es del tipo convencional que emite un haz de luz que tiene una configuración de franja en forma de "lámina de luz" plana o en forma de abanico que, al impactar sobre la superficie de una pieza de trabajo, define una línea recta en la superficie según se muestra, por ejemplo, en la FIG. 11 en donde la franja en forma de abanico se designa 551 y la línea recta en la superficie superior de la pieza de trabajo 44 se designa como 552 en la FIG. 11. En otras palabras, el primer láser superior 550 se coloca para dirigir la luz en una franja horizontal 551 (a lo largo del eje y, perpendicular a la exploración o eje x) a través de una parte superior de la pieza de trabajo 44. La primera unidad de exploración superior 538 contiene una primera cámara superior 558. La primera cámara superior 558 se coloca con un ángulo conocido, predeterminado con respecto al primer láser superior 550, de manera que la ubicación tridimensional de la línea horizontal 552 en el lado superior de una pieza de trabajo 44 se puede grabar mediante la primera cámara superior 558 y almacenar en la memoria local para su posterior transmisión a un sistema de control para procesarla en una aplicación de control.

50

55

60

ES 2 699 318 T3

Los raíles lineales 488 en la placa posterior 444, conjuntamente con los raíles lineales 526 que conectan la primera estación base de la unidad de exploración superior 530, permiten que la primera unidad de exploración superior 538 se mueva tanto horizontal como verticalmente hacia o alejándose de una pieza de trabajo 44 en función del tamaño y la forma de la pieza de trabajo 44 particular a explorar.

- 5 Con referencia a la FIG. 9, la placa posterior 444 se dota además con una pareja de raíles lineales 562 que permiten el movimiento vertical de una segunda estación base de la unidad de exploración superior 566. La estación base de la unidad de exploración superior 566 soporta un motor 570 para accionar una segunda CLU superior giratoria o una segunda unidad de exploración superior 574. El motor 570 es preferiblemente un motor neumático, pero puede ser un servomotor o cualquier otro motor o actuador adecuado. La segunda estación
10 base de la unidad de exploración superior 566 tiene además dos cubiertas de abertura 578 (FIG. 9) para cubrir o sellar de otro modo una pareja de aberturas coincidentes en la segunda unidad de exploración superior 574 con fines de protección de la instrumentación en su interior de los desechos, elementos y desgaste, según se describirá a continuación.

- Haciendo referencia todavía a la FIG. 9, la segunda unidad de exploración superior 574 también se configura para rotar aproximadamente noventa grados alrededor de un eje vertical con respecto a la segunda estación base de la unidad de exploración superior 566 desde una configuración almacenada o de almacenamiento (FIG. 9) a una configuración de exploración o desplegada (FIG. 10) para explorar una superficie superior de una parte de una pieza de trabajo 44 (FIG. 11). La segunda unidad de exploración superior 574 contiene un segundo láser superior 586 (FIG. 10). El segundo láser superior 586 en la forma de realización ilustrada es del tipo convencional que emite un haz de luz que tiene una configuración de franja en forma de "lámina de luz" plana o en forma de abanico que, al impactar sobre la superficie de una pieza, define una línea recta en el superficie según se muestra, por ejemplo, en la FIG. 11 en donde la franja en forma de abanico se designa 587 y la línea recta en la superficie superior de la pieza de trabajo 44 se designa como 588 en la FIG. 11. En otras palabras, el segundo láser superior 586 se coloca para dirigir la luz en una franja horizontal 587 (a lo largo del eje y, perpendicular a la exploración o eje x) a través de una parte superior de la pieza de trabajo 44. La segunda
20 unidad de exploración superior 574 contiene una segunda cámara superior 594 (FIG. 10). La segunda cámara superior 594 se coloca con un ángulo conocido, predeterminado con respecto al segundo láser superior 586, de manera que la segunda cámara superior 594 pueda grabar la ubicación tridimensional de la línea horizontal 588 en el lado superior de una pieza de trabajo 44, y almacenarla en la memoria local para su posterior transmisión a un sistema de control para procesarla en una aplicación de control.

Los raíles lineales 562 que conectan la placa trasera 444 y la estación base de la unidad de exploración superior 566, permiten que la unidad de exploración superior 574 se mueva verticalmente hacia o alejándose de una pieza de trabajo 44, en función del tamaño y la forma de la pieza de trabajo 44 particular a explorar.

- En la forma de realización ilustrada particular del sistema inventivo, todos los láseres utilizados en el conjunto de exploración 400 son generadores de líneas láseres rojas de longitud de onda de 660 nanómetros, ZM18S3-F-660-LP60, con una configuración en abanico o de propagación de 60 grados considerablemente lisa o plana fabricada por Z-Laser que tiene las instalaciones en 15-101 Boul. Don Quichotte, Suite 355, Ile Perrot, QC J7V 7X4, Canadá. Además, en la forma de realización particular ilustrada del sistema inventivo, todas las cámaras utilizadas en el conjunto de exploración 400 son preferiblemente cámaras Ranger E50 fabricadas por SICK que
40 tiene las instalaciones en Erwin-Sick-Str. 1, 79183 Waldkirch, Alemania, y cada una está equipada con una lente de 12,5 mm fabricada por Edmund Optics que tiene las instalaciones en 101 East Gloucester Pike, Barrington, NJ 08007, EE. UU. Se pueden utilizar otros tipos o marcas o modelos de láseres, lentes y cámaras, dependiendo de la velocidad de exploración deseada, la densidad de exploración, el entorno de procesado, las piezas de trabajo particulares a procesar, las condiciones de la superficie de la pieza de trabajo, etc. Los inventores han descubierto que puede ser particularmente ventajoso cambiar el color y/o la longitud de onda del láser en particular que se utiliza en función del estado de la superficie de la pieza de trabajo 44 (por ejemplo, agua condensada en la superficie de la pieza de trabajo, color de la pieza de trabajo, reflectividad de la pieza de trabajo o escala/óxido/suciedad/recubrimientos en la superficie de la pieza de trabajo).

- Se entenderá que el conjunto de exploración 400 puede tener otras formas, y no necesita estar limitado al movimiento a lo largo de solamente un único eje de exploración y no necesita estar unido a un pórtico para algunas aplicaciones. Por ejemplo, el conjunto de exploración se podría colocar en otro robot industrial multieje o en una pista de rotación situada alrededor de la trayectoria de procesado "P". El conjunto de exploración 400 se podría colocar adyacente a la trayectoria de procesado "P" (por ejemplo, en el lado izquierdo, lado derecho, por debajo, etc.). Además, el conjunto de exploración 400 se podría proporcionar como parte del transportador 48 o
50 pórtico 88 de entrada, o como una estructura independiente separada, y no es necesario que se una o sitúe sobre el transportador de salida 300.

- Se entenderá también a partir de esta descripción que la cantidad, ubicación y configuración de las unidades de exploración se puede cambiar dependiendo de diversos factores tales como la velocidad deseada de la exploración, la densidad deseada de la exploración, la forma de la pieza de trabajo y el espacio disponible para el sistema 40.
60

Con referencia a las FIG. 7 y 9, se puede observar que el pórtico de exploración 404 se dota de un conjunto de sujeción de referencia secundario o de salida 598 para sujetar una parte de una pieza de trabajo 44 dentro del pórtico de exploración 404. El conjunto de sujeción de referencia de salida 598 incluye un lado derecho o elemento de sujeción de referencia 602 (solo FIG. 7) que se puede ajustar horizontalmente en una dirección
 5 generalmente perpendicular a la trayectoria de procesado "P" mediante una pareja de actuadores lineales neumáticos (no visibles). El conjunto de sujeción de referencia de salida 598 incluye además un elemento de sujeción del lado izquierdo 610 (solo FIG. 9) que se conecta a la parte inferior del pórtico de exploración 404 mediante una pareja de raíles lineales, y se puede mover horizontalmente, hacia o alejándose del elemento de sujeción del lado derecho 602. El elemento de sujeción del lado izquierdo 610 se acciona a lo largo de los raíles
 10 lineales 611 (solo FIG. 9) mediante un conjunto de tornillo hidráulico 618 (solo FIG. 9). El conjunto de sujeción de referencia de salida 598 se puede utilizar en cualquier momento para sujetar una parte de una pieza de trabajo 44 que se encuentra debajo del pórtico de exploración 404, y es particularmente útil para sujetar una pieza de trabajo 44 cuando se realiza una operación de procesado en una parte trasera de la pieza de trabajo 44, según se describirá en detalle más adelante en la presente memoria.

La arquitectura y el diseño del sistema de control o la aplicación para el conjunto de exploración 400 se muestran esquemáticamente en el Apéndice. Las cuatro unidades de exploración 464, 502, 538 y 574 mencionadas anteriormente están conectadas eléctricamente y controladas por un sistema de control electrónico. El sistema de control electrónico controla la secuencia de adquisición de datos de las unidades de exploración individuales 464, 502, 538 y 574 en función de la información de ubicación del eje x del carro de exploración 408 proporcionada por un generador de pulsos (no visible). El generador de pulsos determina la posición del carro de exploración 408 a lo largo de los raíles lineales 412 con respecto al pórtico de exploración 404. Cada una de las unidades de exploración individuales 464, 502, 538, y 574 y el sistema de control electrónico 622 se conectan eléctricamente a una aplicación de control o proceso de visión que se ejecuta en un ordenador o terminal de control 630 (FIG. 1). Los datos de superficie tridimensionales, o puntos cartesianos, de la pieza de trabajo 44 son adquiridos por cada una de las unidades de exploración individuales 464, 502, 538 y 574, y posteriormente se unen en una nube de puntos de conjunto mediante la aplicación de control que se ejecuta en el terminal de control 630.
 15
 20
 25

La aplicación de control preferiblemente es, o incluye, un único programa de software que controla todos los aspectos operativos del sistema 40 (por ejemplo, el sistema PLC (es decir, "controlador lógico programable"), el conjunto de exploración 400, el robot industrial 208 y/o el sistema de mezcla de gases descrito a continuación). Sin embargo, se entenderá que la aplicación de control se puede dividir en cualquier cantidad de programas o aplicaciones que se ejecutan en el terminal de control 630 o en cualquier otro ordenador. Por ejemplo, el conjunto de exploración 400 se puede controlar mediante una aplicación de visión, mientras que el robot industrial 208 se puede controlar mediante un software de control robótico, y dichas aplicaciones pueden comunicarse o compartir de otro modo datos para fines de procesado de la pieza de trabajo 44. Una forma de ejemplo de la aplicación de control se describe en el Apéndice.
 30
 35

La aplicación o el algoritmo para controlar la adquisición de datos y el procesado de datos se puede realizar mediante cualquier ordenador general o especial, que será fácilmente evidente para un experto en la técnica, y cuyos detalles no forman parte de la presente invención. Se apreciará que el conjunto de exploración 400 puede tener otras formas y puede funcionar de manera diferente que las estructuras de ejemplo mostradas en el Apéndice adjunto.
 40

Los inventores han descubierto que dotar al sistema 40 con un sistema inteligente de mezcla de gases 700 (FIG. 17), descrito en detalle a continuación, se puede utilizar ventajosamente para tratar una serie de problemas comunes con el control de los gases utilizados en los sistemas de procesado anteriores. La ubicación de los diversos detectores de presión permite al software de control o la aplicación que se ejecuta en el terminal de control 630 determinar si existe una condición anormal dentro del sistema de mezcla de gases, desde las fuentes de suministro de gas hasta la boquilla de procesado 708 (solo FIG. 17). Durante el procesado de la pieza de trabajo 44 con un soplete de gas, las presiones dentro del sistema de mezcla de gases 700 son supervisadas y grabadas en la memoria mediante la aplicación. Los datos históricos de presión se utilizan por la aplicación de control para rastrear las tendencias de la presión para predecir condiciones anormales. (1) Teniendo en cuenta los impulsos de presión transitorios conocidos provocados por el movimiento de la boquilla de procesado 708 cerca de la superficie de la pieza de trabajo 44, y (2) con la comparación de la presión normal del gas de operación con los datos históricos, la aplicación puede determinar: (i) la obstrucción de la boquilla de procesado 708 (debido al aumento gradual de la presión con el tiempo); (ii) el desgaste de la boquilla de procesado 708 (debido a la disminución gradual de la presión con el tiempo); (iii) saltos de línea (debido a fuertes descensos de presión); y (iv) bloqueos en la línea (debido a fuertes aumentos de presión).
 45
 50
 55

El sistema de mezcla de gases 700 mostrado esquemáticamente en la FIG. 17 puede proporcionar una automatización completa de la mezcla de gases para la herramienta de procesado, que en la forma de realización preferida ilustrada del sistema 40 (FIG. 1) es para el soplete de oxiacetileno 192 (FIG. 6), sin embargo, se entenderá que se pueden utilizar otros gases y tipos de soplete con el sistema de mezcla de gases 700. El sistema de mezcla de gases 700 ofrece además la capacidad de detectar fugas en la línea de gas, desgaste, bloqueo y obstrucciones de la boquilla del soplete. El sistema de mezcla de gases 700 también proporciona la capacidad de disminuir el desperdicio de gases utilizados en el procesado de una pieza de
 60

trabajo 44 (FIG. 12) al grabar y analizar la información de posición cartesiana de la herramienta de procesado particular cuando se une al robot industrial 208 (FIG. 12).

Haciendo referencia todavía a la FIG. 17, el sistema de mezcla de gases 700 se controla y monitoriza mediante un software o aplicación de control que se ejecuta en el terminal de control 630 (FIG. 1) para el sistema de procesado 40. El sistema de mezcla de gases 700 incluye un subsistema de oxígeno 704 para controlar el flujo del gas oxígeno a una boquilla de procesado 708 de una herramienta de procesado determinada (por ejemplo, el soplete de oxiacetileno 192, etc.). El subsistema de oxígeno 704 incluye una válvula de corte de la línea de suministro de oxígeno manual 712 que se sitúa aguas abajo de una fuente de suministro de oxígeno, la última de las cuales no forma parte de la presente invención. La válvula de corte de la línea de suministro de oxígeno manual 712 se utiliza para el mantenimiento del subsistema de oxígeno 704 y durante la sustitución de la fuente de suministro de oxígeno. Una válvula todo/nada 716 accionada eléctricamente se sitúa aguas abajo de la válvula de corte de la línea de suministro de oxígeno manual 712, y se controla mediante la aplicación para controlar el flujo de oxígeno durante el funcionamiento normal del sistema de mezcla de gases 700. Un primer transductor de presión o detector de presión 720 se sitúa en el subsistema de oxígeno 704, aguas abajo de la válvula todo/nada 716 accionada eléctricamente, y proporciona datos de presión de una primera ubicación a la aplicación. Aguas abajo del primer detector de presión 720, el subsistema de oxígeno 704 se divide en dos líneas: una línea de precalentamiento de oxígeno 724 y una línea de eliminación de material 728.

Aguas abajo del primer detector de presión 720, la línea de precalentamiento de oxígeno 724 tiene una válvula de control proporcional operada neumáticamente 732 que se controla mediante la aplicación. Aguas abajo de la válvula de control proporcional 732 hay un segundo detector de presión 736 y un indicador visual de presión analógico 740. El segundo detector de presión 736 proporciona información de presión a la aplicación para fines de control de retroalimentación para la válvula de control proporcional 732. Aguas abajo del segundo detector de presión 736 hay otra válvula todo/nada 744 accionada eléctricamente que, cuando se acciona, se abre para permitir que el oxígeno de precalentamiento (es decir, precalentado) fluya a la boquilla de procesado 708.

Con respecto a la línea de eliminación de material 728, aguas abajo del primer detector de presión 720 de la línea de eliminación de material 728 tiene una válvula de control proporcional operada neumáticamente 748 que se controla mediante la aplicación. Aguas abajo de la válvula de control proporcional 748 hay un detector de presión 752 y un indicador visual de presión analógico 756. El detector de presión 752 proporciona información de presión a la aplicación para fines de control de retroalimentación de la válvula de control proporcional 748. Aguas abajo del detector de presión 752 hay una válvula todo/nada 760 accionada eléctricamente que, cuando se acciona, permite que el oxígeno eliminado del material fluya a la boquilla de procesado 708.

Haciendo referencia todavía a la FIG. 17, el sistema de mezcla de gases 700 incluye además un subsistema de combustible 764 para controlar el flujo de gas combustible (por ejemplo, acetileno, propano, propano metilacetileno-propadieno, propileno, gas natural, aire comprimido, nitrógeno, etc.) a la boquilla de procesado 708 de una herramienta de procesado determinada. El subsistema de combustible 764 incluye una válvula de corte de la línea de suministro de combustible manual 768 que se sitúa aguas abajo de una fuente de suministro de combustible, la última de las cuales no forma parte de este aspecto de la invención. La válvula de corte de la línea de suministro de combustible manual 768 se utiliza para el mantenimiento del subsistema de combustible 764 y durante el reemplazo de la fuente de suministro de combustible. Una primera válvula todo/nada 772 accionada eléctricamente se sitúa aguas abajo de la válvula de corte de la línea de suministro de combustible manual 768, y se controla mediante la aplicación para controlar el flujo del combustible. Un primer transductor de presión o detector de presión 776 se sitúa en el subsistema de combustible 764 aguas abajo de la primera válvula todo/nada 772 accionada eléctricamente y proporciona datos de presión a la aplicación. Después del primer detector de presión 776, el subsistema de combustible 764 tiene una válvula de control proporcional 780 operada neumáticamente que se controla mediante la aplicación. Aguas abajo de la válvula de control proporcional 780 hay un segundo detector de presión 784 y un indicador visual de presión analógico 788. El segundo detector de presión 784 proporciona información de la presión a la aplicación para fines de control de retroalimentación de la válvula de control proporcional 780. Aguas abajo del segundo detector de presión 784 hay otra válvula todo/nada 792 accionada eléctricamente que, cuando se activa, permite que el gas combustible fluya a la boquilla de procesado 708.

Se entenderá que el sistema de mezcla de gases inteligente 700 en la presente memoria no necesita estar limitado a solamente una pareja de subsistemas (por ejemplo, oxígeno y combustible) y se puede utilizar con cualquier cantidad de subsistemas para cualquier cantidad de gases o combustibles, dependiendo en el proceso particular o la herramienta de procesado requerida por un usuario del sistema 40. Además, el sistema de mezcla de gases 700 puede incluir menos o más detectores y válvulas para proporcionar retroalimentación y control diferentes, dependiendo de la naturaleza de la aplicación.

Los inventores han descubierto además que el sistema de mezcla de gases 700 inteligente descrito en la presente memoria se puede utilizar de manera ventajosa para mejorar la calidad y la eficiencia del proceso (por ejemplo, la eliminación de material) y mejorar la gestión de los gases utilizados por el sistema de procesado de la herramienta de procesado. El software de control o la aplicación que se ejecuta en el terminal de control 630 recibe y graba las coordenadas cartesianas tridimensionales de la boquilla de procesado 708 o una herramienta de procesado particular que se une al robot industrial 208 desde el PLC al principio y al final del proceso en

particular. Los datos históricos de ubicación de la boquilla de procesado 708 se pueden entonces utilizar para minimizar, o al menos reducir, la utilización de gases de proceso (por ejemplo, durante el precalentamiento del oxígeno), y además se pueden utilizar para minimizar, o al menos reducir, el tiempo requerido para completar un proceso particular (por ejemplo, reducción del tiempo de ciclo del proceso).

5 De acuerdo con una forma de funcionamiento inicial del sistema 40, un operador del sistema 40 utilizará la aplicación de software que se ejecuta en el terminal de control 630 para iniciar un trabajo de procesado. Los parámetros del trabajo de procesado se pueden determinar en la aplicación por el operador, o más preferiblemente, se pueden crear en la aplicación cargando un archivo CAD/CAM existente (o cualquier otra representación virtual de la pieza de trabajo 44 y las características a cortar o marcar en la pieza de trabajo 44)
10 para la pieza de trabajo particular 44 a procesar. Cuando se carga el archivo CAD/CAM, la aplicación muestra una representación gráfica de la pieza 44. A continuación, se proporciona a la aplicación del PLC la información básica de la pieza de trabajo 44, tal como la forma (por ejemplo, viga en H, viga en I, viga en L, viga en U, etc.), tamaño, espesor, longitud, etc. La aplicación del PLC utiliza esta información para preparar el sistema para la pieza de trabajo 44 particular. Específicamente, la aplicación del PLC mueve las unidades de exploración
15 individuales 502, 538 y 574 a las ubicaciones ideales del eje y y del eje z moviendo las unidades de exploración individuales 502, 538 y 574 a lo largo de los raíles lineales 488, 526 y 562. Además, la aplicación del PLC controla la posición de carga y la presión hidráulica para el conjunto de sujeción 96. Las presiones hidráulicas se determinan en función del espesor y la forma del material de la pieza de trabajo 44.

La aplicación asigna automáticamente una herramienta de procesado en particular (por ejemplo, un soplete de oxiacetileno 192, un soplete de corte por plasma 196, un soplete de marcado por plasma 200, etc.) para la creación de cada una de las diversas características (por ejemplo, agujeros de los tornillos, el diseño del marcado, los perfiles de corte) en el archivo CAD/CAM. A continuación, la aplicación crea un árbol de procesado para cada proceso secuencial (por ejemplo, corte, copiado, marcado, etc.) a realizar en la pieza de trabajo 44 para crear estas características. El operador puede ajustar manualmente, en la aplicación, la herramienta de
20 procesado particular que se va a utilizar y/o deshabilitar uno o más procesos para que no se realicen. El operador también puede ajustar manualmente, en la aplicación, la densidad de exploración del conjunto de exploración 400 y las ubicaciones del eje y y del eje z de las unidades de exploración individuales 502, 538 y 574.

Con referencia a la FIG. 1, en la siguiente descripción se asumirá que la pieza de trabajo 44 tiene la forma de una viga en I que tiene un ala primera o del lado derecho 56, un ala segunda o del lado izquierdo 60 y un alma central 64 que conecta las alas de los lados izquierdo y derecho 56 y 60, respectivamente. La pieza de trabajo 44 se puede colocar en los rodillos 84 de la superficie de soporte del transportador de entrada 48, tal como empleando un transportador de acoplamiento, una carretilla elevadora, una grúa u otra máquina (no ilustrada), de manera que el ala del lado derecho generalmente se sitúe en el lado derecho del transportador de entrada 48
30 y el ala del lado izquierdo generalmente se sitúe en el lado izquierdo del transportador de entrada 48.

Después de que el operador haya terminado la preparación del trabajo de procesado en la aplicación, y después de que la pieza de trabajo 44 se haya colocado sobre el transportador de entrada 48, el trabajo de procesado se inicia mediante la inicialización del sistema PLC cuando el operador presiona un botón de inicio físico. Los rodillos 84 del transportador de entrada se hacen rotar para mover la pieza de trabajo 44 hacia adelante de manera que el extremo anterior o delantero de la pieza de trabajo 44 se extienda hacia delante por debajo del pórtico 88. La dirección de movimiento de la pieza de trabajo 44 a lo largo de la trayectoria de procesado "P" del transportador de entrada 48 hacia el pórtico 88 define un "lado derecho" y un "lado izquierdo" según se utilizarán en la presente memoria.

El extremo delantero de la pieza de trabajo 44 se transporta hacia delante en el transportador de entrada 48 hasta que la pieza de trabajo 44 se coloca entre un primero de los detectores láser 112 y los reflectores 116 asociados, bloqueando la luz láser del detector 112. Una vez que la pieza de trabajo 44 ha bloqueado la trayectoria del primer detector láser 112, la pieza de trabajo 44 se acciona más hacia adelante mediante el sistema PLC una distancia predeterminada en función del tamaño, la forma y la longitud de la pieza de trabajo 44, y a continuación la pieza de trabajo 44 se sujeta mediante el conjunto de sujeción 96. Específicamente, la segunda superficie de sujeción 104 se acciona hidráulicamente contra el ala del lado izquierdo 60, forzando al ala del lado derecho 56 contra la superficie de sujeción primera o de referencia 100. Con el ala del lado derecho 56 ubicada contra la línea de referencia definida por la primera superficie de sujeción 100, la rueda generadora de pulsos 124 hace contacto rodante con el ala del lado derecho 56. Con la rueda generadora de pulsos 124 en contacto con la pieza de trabajo 44, la pieza de trabajo 44 se mueve más hacia adelante mediante el conjunto de sujeción 96 hasta que una longitud anterior suficiente de la pieza de trabajo 44 se extiende o se pone en voladizo dentro del volumen de procesado entre el transportador de entrada 48 y el transportador de salida 300 para alojar el proceso deseado (es decir, programado) (es decir, corte, marcado, taladrado, etc.) en una primera ubicación de una característica (por ejemplo, agujero de tornillo, perfil, marcación del diseño) por detrás del extremo anterior de la pieza de trabajo 44.

60 Con referencia ahora a las FIG. 9-11, cuando una parte de extremo frontal de la pieza de trabajo 44 se sitúa dentro del volumen de procesado, la aplicación del PLC mueve las unidades de exploración individuales 464, 502, 538 y 574 de la configuración de almacenamiento a la configuración desplegada. Específicamente, el motor

neumático 460 rota la unidad de exploración del lado derecho 464 aproximadamente noventa grados con respecto a la estación base de la unidad de exploración del lado derecho 456, de manera que el láser del lado derecho 476 se coloque para dirigir una franja vertical de luz (en el eje z, perpendicular a la exploración o eje x) a través del ala 56 en la parte del lado derecho de una pieza de trabajo 44 (por ejemplo, véase la línea de luz 479 en la FIG. 11). Del mismo modo, el motor neumático 498 (FIG. 10) gira la unidad de exploración del lado izquierdo 502 aproximadamente noventa grados con respecto a la estación base de la unidad de exploración del lado izquierdo 494, de manera que el láser del lado izquierdo 514 se coloque para dirigir una franja vertical de luz (en el eje z, perpendicular a la exploración o eje x) a través del ala 60 en la parte del lado izquierdo de una pieza de trabajo 44 (FIG. 11). Además, el motor neumático 534 (FIG. 10) gira la primera unidad de exploración superior 538 aproximadamente noventa grados con respecto a la primera estación base de la unidad de exploración superior 530 de manera que el primer láser superior 550 se coloque para dirigir una franja horizontal de luz (en el eje y, perpendicular a la exploración o eje x) a través de una parte superior de una pieza de trabajo 44 (por ejemplo, la línea de luz 552 en el alma 64 en la FIG. 11). De manera similar, el motor neumático 570 (FIG. 10) rota la segunda unidad de exploración superior 574 aproximadamente noventa grados con respecto a la segunda estación base de la unidad de exploración superior 566, de manera que el segundo láser superior 586 se coloque para dirigir una franja horizontal de luz (en el eje y, perpendicular a la exploración o eje x) a través de una parte superior de una pieza de trabajo 44 (por ejemplo, la línea de luz 588 en la FIG. 11).

Haciendo referencia a la FIG. 11, el PLC mueve a continuación el carro de exploración 408 a lo largo del eje x en los raíles lineales 412 alejándose del pórtico de exploración 404 y hacia el extremo delantero de la pieza de trabajo 44. A medida que el carro de exploración 408 se mueve sobre el extremo delantero de la pieza de trabajo 44, cada una de las cuatro franjas de luz golpea y se mueve en la dirección x a lo largo de lo que se puede caracterizar como una "ventana de proceso" sobre la superficie de la pieza de trabajo 44. Del mismo modo, cada cámara 484, 522, 558, 594 asociada con cada láser 476, 514, 550, 586 asociado graba la ubicación tridimensional de la franja de luz respectiva que se mueve a lo largo de las regiones objetivo de la pieza de trabajo 44. De esta manera, el conjunto de exploración 400 puede explorar las ubicaciones de la superficie de la pieza de trabajo (en los lados derecho, izquierdo, superior) adquiriendo segmentos o secciones de la ubicación en la superficie de la pieza de trabajo 44 en el plano yz cuando el carro de exploración 408 se mueve a lo largo del eje x.

Los inventores han descubierto que es particularmente ventajoso secuenciar cada pareja de láser y cámara con el fin de minimizar la potencial interferencia debido a la intersección de la luz láser y además para reducir al mínimo una grabación de una cámara en particular de la ubicación de la luz de un láser no asociado (por ejemplo, la primera cámara superior 558 grabando erróneamente la ubicación de la luz láser del segundo láser superior 586).

Como un ejemplo de dicha secuenciación, el láser del lado derecho 476 se puede activar durante un período de tiempo predeterminado mientras la cámara del lado derecho 484 graba la ubicación de la franja vertical de luz sobre la superficie lateral derecha de la pieza de trabajo 44. Al final del periodo de tiempo predeterminado, el láser del lado derecho 476 se desactiva mientras que cámara del lado derecho 484 deja de grabar. A continuación, el láser del lado izquierdo 514 se activa mientras que la cámara del lado izquierdo 522 graba la ubicación de la franja vertical de luz en la superficie lateral izquierda de la pieza de trabajo 44, y así sucesivamente. La densidad deseada de la exploración determina el período de tiempo para la exploración/adquisición de datos, disminuyendo con una exploración más densa la velocidad con la que el carro de exploración 408 se mueve a lo largo del eje x. Los inventores han descubierto que la relación entre la densidad de la exploración (la densidad de la representación de la nube de puntos tridimensional de la superficie de la pieza de trabajo 44) y la velocidad de la exploración (v_{max}) (por ejemplo, el movimiento del carro de

exploración 408 a lo largo del eje de exploración) se puede determinar mediante la ecuación $v_{max} = \frac{S_d}{t}$, donde S_d es la densidad de exploración y donde $t = \sum_{n=1}^k (L_t + C_t)_n$ es el tiempo total necesario para capturar una única adquisición de todas las unidades de exploración.

Preferiblemente, en una forma de realización del sistema ilustrado 40, el conjunto de exploración 400 puede alcanzar una velocidad de exploración de 1 metro a lo largo del eje x en 19 segundos. Del mismo modo, el conjunto de exploración 400 puede alcanzar preferiblemente un rango de densidades de exploración (densidad de la nube de puntos) desde aproximadamente 0,0015 cm hasta aproximadamente 8 cm.

Con referencia a la FIG. 12, cuando el carro de exploración 408 ha alcanzado el final de la distancia de exploración predeterminada o "ventana de proceso", el carro 408 regresa hacia el pórtico de exploración 404 a lo largo del eje x y alejándose de la pieza de trabajo 44. La aplicación evalúa los datos de ubicación adquiridos por cada unidad de exploración, grabados en forma de tabla en la memoria, y une los datos en una sola representación de nube de puntos tridimensional de las superficies de la pieza de trabajo 44. La aplicación crea una malla triangular a partir de la nube de puntos. Con el fin de encontrar la verdadera normalidad de una superficie determinada de la pieza de trabajo 44, la aplicación analiza los datos de exploración en el centro de cada característica a crear en la pieza de trabajo 44 (por ejemplo, agujero de tornillo). La aplicación se mueve hacia afuera desde el centro de la función en dos direcciones y realiza un ajuste de línea en cada dirección. Tomar el producto cruzado de la línea se ajusta a los resultados en un vector normal de la superficie

determinada. La aplicación puede promediar los vectores normales de múltiples ajustes de línea para llegar a un vector normal a utilizar por el robot industrial 208 para controlar la guiñada, el cabeceo y el alabeo de la herramienta de procesado. La diferencia entre la normal de la superficie calculada del mundo real y la normal de la superficie de la pieza en el archivo CAD/CAM se programa en el robot industrial 208 como un desplazamiento.

5 Se apreciará que se puedan utilizar otros algoritmos para el cálculo del desplazamiento o de la normal de la superficie del mundo real. Por ejemplo, la normal se puede calcular variando la cantidad de puntos de la nube de datos adyacentes muestreados, o se puede variar la cantidad de vectores normales utilizados o promediados, etc. En la técnica se conocen una variedad de algoritmos para la construcción de mallas y el análisis de datos y se pueden encontrar en Surface Reconstruction from Unorganized Point Cloud Data via Progressive Local Mesh Matching, Ji Ma, University of Western Ontario, agosto de 2011.

10 Los inventores han determinado además que la representación de nubes de puntos tridimensionales de las superficies de la pieza de trabajo 44 permite que la aplicación determine y supervise el espesor del ala (por ejemplo, el ala del lado derecho 56 y/o el ala del lado izquierdo 60). Si la aplicación detecta diferencias entre los espesores del mundo real y los espesores ideales de la pieza de trabajo en el archivo CAD/CAM, más allá de un umbral predeterminado, la aplicación puede entonces alertar al usuario sobre la discrepancia. Dicha advertencia anticipada al operador puede reducir el tiempo de ciclo del proceso.

15 Los inventores han determinado además que la representación de nubes de puntos tridimensionales de las superficies de la pieza de trabajo 44 permite que la aplicación determine la existencia de defectos en la pieza de trabajo 44 (por ejemplo, retorcidos en la pieza de trabajo, abolladuras en la superficie de la pieza u otras deformaciones provocadas por la manipulación de materiales o la producción de la pieza de trabajo). Si la aplicación detecta diferencias entre la geometría del mundo real de la pieza de trabajo 44 y la geometría ideal de la pieza de trabajo en el archivo CAD/CAM, más allá de un umbral predeterminado, entonces la aplicación puede alertar al usuario sobre la discrepancia. Dicha advertencia anticipada al operador de defectos en la pieza de trabajo 44 también puede reducir el tiempo de ciclo del proceso. Por ejemplo, la aplicación puede incluir un umbral predeterminado de variación permisible para una pieza de trabajo 44 determinada. Idealmente, el alma 64 es normal a las alas 56, 60 de la pieza de trabajo 44. Si el alma 64 interseca una de las alas 56, 60 con un ángulo interior de 80 grados, que excede la variación de umbral permitida, entonces la aplicación puede alertar al usuario. Por lo tanto, el conjunto de exploración 400 en la presente memoria puede alertar al usuario del sistema 40 sobre la existencia de defectos que de otro modo podrían hacer que una parte de la pieza de trabajo 44 no sea adecuada.

20 La aplicación entonces genera y envía instrucciones para el movimiento del robot industrial 208, que se deben transformar al marco de referencia o espacio de coordenadas tridimensionales del robot industrial 208. Preferiblemente, las instrucciones de movimiento para el robot industrial 208 las proporcionan la aplicación a través del protocolo de transferencia de archivos "FTP" a través de una conexión de red. Cuando las instrucciones de movimiento se han transferido con éxito, el PLC inicia el procesado mediante el robot industrial 208. La aplicación muestra el estado de cada proceso cuando es completado por el robot industrial 208. Para comenzar un proceso, el accesorio universal 216 del robot industrial 208 se acopla con uno del soplete de oxiacetileno 192, el soplete de corte por plasma 196 y el soplete de marcado por plasma 200 según lo determinado por la aplicación. La aplicación graba las coordenadas tridimensionales de la herramienta de procesado particular que se está utilizando por el robot industrial 208 y controla el encendido y la mezcla de gases a través de las válvulas electrónicas y neumáticas del sistema inteligente de mezcla de gases 700. Los datos de presión y ubicación históricos se graban durante cada proceso y se pueden almacenar en la memoria.

25 En un ejemplo de funcionamiento, el robot industrial 208 recibirá las instrucciones de movimiento para cortar el primero de varios agujeros de tornillo en el ala del lado derecho 56 de la pieza de trabajo 44. El robot industrial 208 se unirá o acoplará con el soplete de corte por plasma 196 y se moverá hacia el centro del primer agujero a cortar. La ubicación del soplete de corte 196 con respecto a la superficie del ala del lado derecho 56 se determina mediante la representación de la nube de puntos mencionada anteriormente de la pieza de trabajo 44. El robot industrial 208 procederá a cortar el primer agujero de tornillo en el ala del lado derecho 56 y repetirá el proceso para los agujeros de tornillo restantes. Una vez completado el trabajo o la tarea de cortar los agujeros de los tornillos, se le asignará una nueva tarea al robot industrial 208, como la marcación del diseño del alma 64 de la pieza de trabajo 44. El robot industrial 208 recibirá instrucciones de movimiento para marcar el alma 64 y se unirá o acoplará con el soplete de corte de marcado por plasma 200 y se moverá a la ubicación de la primera marca de diseño a realizar. La ubicación del soplete de corte de marcado por plasma 200 con respecto a la superficie del alma 64 se determina mediante la representación de la nube de puntos antes mencionada de la pieza de trabajo 44. El robot industrial 208 procederá a marcar el alma 64.

30 Los datos históricos del sistema de mezcla de gases 700 se pueden utilizar para disminuir el tiempo de ciclo del proceso. Por ejemplo, si la primera característica a cortar en la pieza de trabajo 44 es un primer agujero de tornillo, una parte de la superficie de la pieza de trabajo 44 en la ubicación del primer agujero de tornillo se debe precalentar con la línea de precalentamiento de oxígeno antes de iniciar la eliminación del material y las líneas de combustible para cortar el agujero del tornillo. Si la siguiente característica a cortar en la pieza de trabajo 44 es un segundo agujero de tornillo en la proximidad del primer agujero de tornillo, la parte de la superficie de la pieza de trabajo 44 en la ubicación del segundo agujero de tornillo no necesita entonces precalentarse, tanto

como la ubicación del primer agujero de tornillo debido a la transferencia de calor por conducción a través de la pieza de trabajo 44. Teniendo en cuenta dicha transferencia de calor, la aplicación puede reducir el precalentamiento de la pieza de trabajo 44 en la segunda y posteriores ubicaciones de características para reducir el tiempo de ciclo del proceso.

- 5 El pequeño material de desecho que se elimina de la pieza de trabajo 44 cae sobre los rodillos 364 del transportador de desechos 340 y se puede transportar fuera del sistema 40 en cualquier momento.

10 Cuando todos los procesos se han realizado en la primera parte anterior o longitud de la pieza de trabajo 44 en el volumen de procesado, el transportador de entrada 48 mueve la pieza de trabajo sujeta hacia delante a lo largo de la trayectoria de procesado "P" hacia y sobre el transportador de salida 300 de manera que la siguiente parte o longitud de la pieza de trabajo 44 a explorar se sitúe dentro del volumen de procesado (la segunda o la siguiente ventana de proceso) para ser sometida a las etapas de exploración y procesado, según se describió anteriormente para la primera parte de la pieza de trabajo 44.

15 Cuando sólo quedan procesos a realizar en el extremo posterior de la pieza de trabajo 44, el conjunto de empuje 164 se puede utilizar para ayudar a la pieza de trabajo 44 en el movimiento hacia delante sobre el transportador de salida 300 hasta que el extremo posterior se sitúe dentro del volumen de procesado. Con el extremo posterior situado dentro del volumen de procesado, el conjunto de referencia de salida 598 se acopla a la pieza de trabajo 44. Específicamente, el elemento de sujeción del lado izquierdo 610 se acopla al ala del lado izquierdo 60 para impulsar el ala del lado derecho contra el elemento de sujeción del lado derecho 602. Con la pieza de trabajo 44 sujeta de este modo, el extremo posterior de la pieza de trabajo 44 se puede explorar y procesar según se describió anteriormente.

Tras el procesado del extremo posterior de la pieza de trabajo 44, la pieza de trabajo 44 se elimina entonces de la cinta transportadora de salida 300 tal como siendo transportada por un transportador de acoplamiento, levantada por una carretilla elevadora o una grúa, etc. (no ilustrada).

25 Será fácilmente evidente a partir de la descripción detallada anterior de la invención y a partir de las ilustraciones de la misma que se pueden efectuar numerosas variaciones y modificaciones sin apartarse del alcance de los nuevos conceptos o principios de esta invención según se definen en las reivindicaciones adjuntas.

30 Por ejemplo, en algunas aplicaciones, el conjunto de exploración 400 se puede proporcionar para su incorporación en, y/o para cooperar con, un sistema de procesado diferente para realizar diferentes tipos de procesos a los descritos anteriormente (por ejemplo, dichos otros procesos incluyen la perforación, el punzonado, y otros procesos de manipulación de materiales, etc.). Además, se apreciará que en una aplicación de este tipo, el conjunto de exploración 400 no necesita estar dotado de ningún sistema de mezcla de gases 700.

35 En otro ejemplo, en otras aplicaciones, el sistema de mezcla de gases 700 se puede proporcionar para su incorporación en, y/o para cooperar con, un sistema de procesado diferente para realizar diferentes tipos de procesos que no empleen el conjunto de exploración 400 descrito anteriormente y que en su lugar pueden utilizar un sistema de detección de borde láser o un sistema de detección táctil.

En todavía otras aplicaciones, el conjunto de exploración 400 y/o el sistema de mezcla de gases 700 se pueden proporcionar por separado para su utilización con equipo, maquinaria, u otros sistemas de procesado preexistentes o diferentes.

40 Detalles adicionales del hardware, el circuito eléctrico y el software del sistema Line Scan 3D Vision, se describen a continuación con respecto al diseño del sistema, la funcionalidad, el flujo de proceso y los algoritmos de funcionamiento preferidos.

45 El sistema Line Scan 3D Vision, abreviado LSVS desde este punto en adelante, es un sistema que recoge puntos cartesianos tridimensionales de la superficie de un objeto dentro de su región de exploración. Esto se logra utilizando una cámara bidimensional, un generador de líneas láser y un eje de tercera dimensión móvil. El LSVS es un sistema de exploración por líneas, lo que significa que se obtienen segmentos individuales del eje yz del sistema y la posición del segmento x se obtiene a medida que el sistema se mueve a lo largo del eje x dentro de la región de exploración. Juntos, esto forma las coordenadas tridimensionales totales del objeto explorado.

50 El sistema puede tener cualquier cantidad de parejas de cámara/láser individuales. La secuencia de adquisición de la pareja de cámara/láser se controla mediante un sistema de control electrónico especializado, abreviado ECS. El ECS acepta una única fuente de entrada de generador de pulsos lineal, junto con los ajustes de parámetros preestablecidos, para determinar la densidad de datos del eje X para una exploración dada y la serialización de las parejas de cámara/láser dentro de ese intervalo de densidad. Esto es necesario para
55 garantizar que los láseres adyacentes de las otras parejas de cámara/láser no creen interferencias con la pareja de cámara/láser que está bajo la adquisición actual. También permite la corrección de la alineación entre las unidades de cámara/láser de una manera concisa y determinística.

Cada unidad de cámara/láser tiene una conexión independiente con el software de la aplicación. Todos los datos durante una exploración en particular se almacenan dentro de la memoria local de cada unidad para su posterior procesamiento y presentación. Una vez que se capturan todos los segmentos para una exploración en particular, se aplican a continuación varios filtros de software para eliminar los artefactos de ruido que puedan existir en los datos sin procesar. A partir de los datos de puntos de la unidad individual, se aplican una o más transformaciones lineales a los datos. A continuación, los datos de puntos se unen con fines de triangulación y se forma una nube de puntos para la imagen tridimensional final del objeto explorado.

El diseño hardware del LSVS se divide en dos partes principales, la unidad de cámara/láser y el ECS, así como una placa trasera común y un eje servo de exploración. Además, son compatibles con el hardware necesario para completar la implementación final. Incluyen un PC de visión, un switch Ethernet Gigabit y un switch fieldbus EtherNET/IP. Estos no se describirán en detalle, pero se mencionarán en esta sección para completar el diseño.

La primera parte principal es la unidad de cámara/láser individual, abreviada CLU desde este punto hacia adelante, con o sin ningún servo/s de posicionamiento auxiliar. La segunda parte es el diseño eléctrico para el ECS, que controla la secuencia de las CLU individuales. El sistema hardware completo se construye a partir de una o más CLU y un único ECS. El diseño no se limita a una cantidad fija de CLU; sin embargo, en el diseño implementado del LSVS, existen cuatro CLU para completar la tarea de exploración requerida para su procesamiento. Cada CLU puede o no estar en una diapositiva servo posicional auxiliar para la utilización de la posición-yz óptima con respecto al objeto que se está explorado. Todas las CLU se montan en una placa trasera común que proporciona un movimiento lineal de un único eje que forma la línea/eje de exploración. Téngase en cuenta que los ejes mencionados anteriormente son completamente arbitrarios y pueden ser en cualquier combinación, de manera que la cámara siempre devuelva dos ejes y la exploración por líneas proporcione el tercer eje.

Cada CLU contiene una cámara que comunica sus datos a través de una trayectoria de gigabit. Se conectan a un switch gigabit común, que se conecta al PC de visión para formar el enlace eléctrico con cada CLU. El switch EtherNET/IP forma una conexión de interfaz de máquina entre el PC de visión y los dispositivos de control de la máquina.

La FIG. 20 ilustra un esquema de implementación de hardware del diseño de hardware básico de un LSVS genérico. Incluye entidades de hardware adicionales que no son parte de la invención real, pero son necesarias para la funcionalidad total. Las dos partes principales del diseño, la CLU y el ECS se describirán en detalle en las siguientes secciones.

La unidad de cámara/láser (CLU) es un único sistema de medición tridimensional que contiene los componentes mínimos de hardware necesarios para llevar a cabo la tarea requerida. La CLU se diseña de tal manera que se pueda precalibrar y validar en el OEM. Después de lo cual, se coloca en el conjunto del equipo final. La orientación y la posición de la unidad se prueba una vez en el conjunto final del equipo. Este enfoque simplifica tanto la construcción OEM como el mantenimiento de las unidades, minimizando de este modo el tiempo de inactividad del equipo.

La FIG. 21 muestra el esquema básico para una CLU. Algunos elementos pueden ser opcionales dependiendo de las necesidades particulares de la aplicación. En la parte superior de la FIG. 21 está la parte opcional que comprende un motor neumático giratorio 90 grados junto con su bobina de accionamiento de la válvula y dos detectores asociados con el mecanismo de accionamiento. La intención de estos componentes es proporcionar una posición de descanso, lo que mantiene a la unidad fuera del espacio de trabajo de la ventana de proceso. También hay una posición de trabajo que es la ubicación deseada de la unidad cuando se necesita una adquisición. Además, la posición de descanso sirve para proporcionar una ubicación sellada para las regiones abiertas de la unidad, de manera que se pueda mantener un ambiente de presión positiva. Esto ayuda a que los gases y la contaminación del entorno se acumulen en la lente de la cámara y el generador óptico de láseres. A continuación, sigue la combinación de cámara/lente, la placa de interconexión del secuenciador y el generador de líneas láser rojas/azules.

La combinación de cámara/lente se monta rígidamente en la caja de la CLU con un ángulo óptimo con el láser/láseres requerido(s) para la profundidad de medición del rango particular. Dispone de conexiones eléctricas con la placa de interconexión del secuenciador.

La CLU contiene al menos un generador de líneas láser. El tipo de espectro se determina por el material del proceso en particular que se va a explorar. También puede contener dos generadores de líneas láser con dos canales espectrales para procesos que tienen diferentes colores de superficie de material.

La placa de interconexión del secuenciador (SIB) proporciona dos conexiones eléctricas exteriores en el exterior de la CLU. Se conecta al ECS y a la Ethernet gigabit. En el interior de la CLU, el SIB dirige las señales eléctricas hacia el(los) láser/láseres y la cámara a través de sus respectivos cables de interconexión. El sistema de control electrónico (ECS) es un sistema electrónico especializado utilizado para controlar el proceso de adquisición de cada CLU. El sistema consta de dos placas de circuitos electrónicos: la placa del secuenciador láser/cámara (CLSB) mostrada en la FIG. 23; y la placa de interconexión del secuenciador (SIB) mostrada en la FIG. 22.

La placa del secuenciador cámara/láser (CLSB) controla la secuencia de todas las CLU conectadas durante una secuencia de operación de exploración por líneas. La CLSB es una unidad de control integrada, como tal, la secuenciación se controla con precisión en el tiempo. Este control de tiempo permite un medio altamente preciso para calcular las compensaciones de posición de la CLU, desde la posición de exploración Pexploración durante cada evento de secuenciación según se determina a partir de las ecuaciones, descritas en detalle a continuación, que no se puede lograr fácilmente con las estructuras de exploración PLC tradicionales. También permite la secuenciación de la serialización en tiempo real de la cadena CLU.

La FIG. 23 muestra la estructura de hardware básica de esta placa. La placa tiene un conector de entrada que permite la conexión de tanto un generador de pulsos lineal como rotativo que implementa un canal de señalización RS422. Esta conexión entra en la lógica de la interfaz del generador de pulsos que filtra y convierte las señales en una señal más preferible que luego se conecta a la MCU (unidad de microcontrolador).

La MCU expone un puerto de conexión OLED auxiliar para fines de diagnóstico. Tiene una interfaz en un módulo FieldBUS EtherNET/IP para comunicaciones con un sistema PLC. El protocolo de comunicaciones real no se limita a FieldBUS EtherNET/IP, sino que se puede adaptar a la mayoría de los protocolos industriales sin ninguna modificación de firmware adicional. La MCU controla las CLU a través de una interfaz de aislamiento óptico, así como proporciona interruptores de alimentación con fusibles. Esto permite el control por software del sistema de potencia de la CLU.

Desde la sección de aislamiento óptico, las señales CLU individuales y la alimentación se envían a los conectores de puertos individuales para facilitar la instalación y el mantenimiento. Estos puertos luego se conectan al SIB que es parte de la CLU.

Es importante comprender la secuencia de tiempos que proporciona esta placa para tener una comprensión completa de su propósito. La FIG. 24, muestra la relación de tiempo entre tres unidades CLU arbitrarias. Suponiendo que la referencia de tiempo comienza en t_1 , el láser L_{n-1} está activado. En el instante t_2 , lo cual permite un retraso de L_t , se activa la cámara C_{n-1} . Al permitir el retraso de tiempo C_t en el instante t_3 en la adquisición, tanto L_{n-1} como C_{n-1} están apagados. Al mismo tiempo, L_n se activa. En el instante t_4 , se activa C_n . Permitiendo otro retraso de C_t , L_n y C_n se desactivan en el instante t_5 . En el instante t_5 , se activa L_{n+1} y, al permitir un retraso C_t en el instante t_6 , se activa C_{n+1} . Finalmente, en el instante t_7 después de que el retardo C_t de C_{n+1} , L_{n+1} y C_{n+1} se desactiven. Esto completaría una única secuencia de exploración en un solo intervalo de exploración.

La placa de interconexión del secuenciador (SIB), FIG. 22, proporciona los medios mediante los cuales la CLU se conecta con el ECS. La placa se monta dentro de la CLU y expone dos conectores al exterior de la caja. Solo uno de los conectores se conecta con el CLSB. Además, expone 3 conexiones interiores que permiten que las señales se dispersen a la cámara y al láser, como se puede ver en la FIG. 21. Además, hay un módulo fuera de la placa que proporciona una conexión de paso para la Ethernet Gigabit hacia la cámara. Esto no se muestra en la FIG. 22, sin embargo, en futuras versiones se puede integrar dentro del SIB.

El conector de interconexión CLSB-SIB se divide en varias secciones y conectores en la placa. La energía va a un regulador de conmutación integrado que genera fuentes de bajo voltaje de 5,0 V y 3,3 V para algunas de las lógicas integradas y la MCU. La señal de activación de la cámara va a un generador de impulsos RS422 que genera un par diferencial RS422 para conectarse al conector de la interfaz del generador de pulsos de la cámara. Las señales de habilitación y reinicio adicionales se envían a un conector diferente que también se conecta a la cámara.

El(los) láser/láseres recibe(n) sus propios 24 VCC desde el conector CLSB-SIB. El control del encendido/apagado del láser se pasa directamente a través del conector CLSB-SIB al conector LI1. Hay una señal adicional que se puede utilizar para el láser. Esta señal es para controlar la intensidad de la potencia de salida del láser. Se controla directamente mediante una MCU integrada.

La MCU se dota con una única señal de transceptor RS422 semidúplex que proporciona un medio para que el CLSB envíe y reciba mensajes que puedan controlar las señales actuales y futuras para su posterior expansión. En este instante, se utiliza para seleccionar entre el láser activo, así como para configurar la intensidad de la potencia del láser. Esto se hace utilizando un DAC (convertidor digital a analógico) o directamente por PWM, todo depende del láser particular que se utilice para el diseño del conjunto.

Las CLU dentro de la LSVS solo proporcionan un plano de información bidimensional único. Para poder insertar la información de la tercera dimensión, se necesita un eje en movimiento. Este eje se denomina como el eje de exploración. El eje de exploración se logra a través de un servo de exploración lineal. En esta implementación particular, un eje auxiliar de robot Fanuc forma el eje de exploración de la tercera dimensión. Un generador de pulsos lineal se une a este eje y tiene una conexión eléctrica a la CLSB, FIG. 23.

El diseño de software/firmware se compone de dos partes independientes. La primera parte es la biblioteca de componentes de la interfaz de programación de aplicaciones. La segunda parte es el firmware de control CLSB para el control de la secuenciación de las CLU.

La biblioteca de componentes API LSVS proporciona todos los componentes de interfaz necesarios para obtener y mostrar información 3D de un objeto explorado desde una o más CLU. La biblioteca hace uso de componentes adicionales contenidos en las bibliotecas de soporte API de Peddinghaus para las necesidades específicas de la exploración iniciada por la máquina y la visualización de los datos en una ventana de la aplicación de usuario utilizando gráficos OpenGL. En la presente memoria, solo se describirán los componentes utilizados de estas bibliotecas de soporte. Las siguientes listas de componentes se enumeran como sigue: TVision; TFastVisionThread; TCameraOpenGLPlot; TOrientation; TScanDatabase; y THmiCAMERA. La FIG. 25 muestra el nivel más alto de acceso a la aplicación de usuario. La aplicación de usuario obtiene su acceso a través de un componente llamado TVision. TVision contiene todos los componentes de dependencia necesarios para facilitar la integración de la aplicación de usuario. La aplicación de usuario proporciona identificadores para soportar los componentes necesarios para visualizar los datos de visión.

El componente TVision es el componente principal que la aplicación de usuario implementará para cada CLU. El componente utiliza un ejemplo de TFastVisionThread para controlar un canal de comunicaciones impulsado por el estado con la cámara real. Como su nombre lo indica, TFastVisionThread se ejecuta en un hilo independiente en lugar del hilo principal de la aplicación. Esto garantiza que un bloqueo en el hilo de la aplicación principal de la aplicación no provocará cuellos de botella en el canal de comunicaciones debido a que la aplicación no pueda leer los datos de manera oportuna. El componente proporciona varias propiedades y eventos a los que se puede acceder desde la aplicación de usuario y se describirán cada uno. La tabla 1 a continuación es un resumen de estas propiedades y eventos.

20 TABLA 1 - Propiedades y eventos TVision

Nombre de la propiedad	Modo	Breve descripción
FgDataPort	R/W	Establece/recupera el digitalizador de vídeo UDP
FgRedundantPort	R/W	Establece/recupera el puerto redundante del digitalizador de vídeo
ThreadState	R	Recupera el estado actual del hilo.
ParentControl	R	Recupera el identificador de la ventana parental
Database	R	Recupera el identificador a la base de datos de exploración
DatabasItemCount	R	Recupera la cantidad de elementos en la base de datos de exploración
VisionMode	R/W	Establecer/recuperar el modo de visión
LiveScanLine	R	Identificar los datos de la línea explorados en directo
ThreadEventTimeout	R/W	Establecer/Recuperar tiempo de espera de evento de hilo
ScanTimeout	R/W	Establecer/recuperar tiempo de espera de exploración
IpAddress	R/W	Establecer/recuperar la dirección IP de la cámara
LutDirectory	R/W	Establecer/Recuperar el directorio de la tabla LUT
LutFileName	R/W	Establecer/Recuperar nombre de archivo de la tabla LUT
Param Directory	R/W	Establecer/Recuperar el directorio del archivo de parámetros de la cámara
ParamFileName	R/W	Establecer/Recuperar nombre de archivo del archivo de parámetros
CalibrationType	R/W	Establecer/Recuperar tipo de calibración
FastEthernet	R/W	Establecer/Recuperar el modo Fast Ethernet

BlockingMode	R/W	Establecer/Recuperar el modo de bloqueo de propiedades
ProtocolTimeout	R/W	Establecer/Recuperar el tiempo de espera del protocolo
BufferHeight	R/W	Establecer/Recuperar la altura del búfer de video
NumberOfScans	R/W	Establecer/Recuperar la cantidad de exploraciones (altura de búfer)
BufferSize	R/W	Establecer/Recuperar el tamaño del búfer
RecoveryInterval	R/W	Establecer/Recuperar intervalo de recuperación
Version	R/W	Establecer/Recuperar versión
OpenGLWindow	R/W	Establecer/Recuperar identificador OpenGLWindow
StaticOffset	R/W	Establecer/Recuperar compensación estática
Orientation	R/W	Establecer/Recuperar orientación
PLCTagProperties	R	Recuperar el identificador a las propiedades de etiqueta de PLC
On Error	R/W	Establecer/Recuperar el identificador OnError
OnCameraError	R/W	Establecer/Recuperar el identificador OnCameraError
OnInitialized	R/W	Establecer/Recuperar el identificador OnInitialized
OnConnected	R/W	Establecer/Recuperar el identificador OnConnected
OnPropertyChanged	R/W	Establecer/Recuperar el identificador OnPropertyChanged
OnExecuteFinished	R/W	Establecer/Recuperar el identificador OnExecuteFinished
On Disconnected	R/W	Establecer/Recuperar el identificador OnDisconnected
OnAcquire	R/W	Establecer/Recuperar el identificador OnAcquire
On DataReceived	R/W	Establecer/Recuperar el identificador OnDataReceived

5 El componente TFastVisionThread es el corazón del sistema de adquisición de la CLU. Está contenido dentro y es propiedad del componente TVision. Crea una trayectoria de ejecución independiente en el PC que identifica todas las comunicaciones y la recopilación de datos con la cámara CLU correspondiente. Este componente no es directamente accesible para la aplicación de usuario. En su lugar, se controla indirectamente por las propiedades del componente TVision desde la aplicación de usuario. Este componente expone una cantidad limitada de propiedades y eventos, que se muestran en la Tabla 2 a continuación, a los que solo se puede acceder mediante el componente TVision.

TABLA 2 - Propiedades y eventos de TFastVisionThread

Nombre de la propiedad	Modo	Breve descripción
Flags	R	Recupera marcas de estado
State	R	Recupera el estado actual del hilo.

Connected	R/W	Establecer/Recuperar el estado de conexión
Acquiring	R/W	Establecer/Recuperar el estado de adquisición
LastError	R	Recuperar el ultimo error
LastErrorMsg	R	Recuperar el último mensaje de error
OnProcessData	R/W	Establecer/Recuperar el identificador OnProcessData

5 Este componente tiene una trayectoria de ejecución controlada por el estado determinista que se puede controlar indirectamente a través de TVision y/o una interfaz de control de la máquina PLC. La FIG. 27 muestra el flujo de ejecución controlable. En cualquier punto determinado de la máquina de estado, su estado actual siempre se retransmite a un control de la máquina PLC si se han configurado las etiquetas apropiadas. El componente TFastVisionThread contiene varios componentes de soporte requeridos para su funcionalidad, según se ve en la FIG. 26. Estos componentes de soporte se componen principalmente de clases de envoltorios alrededor de la biblioteca API suministrada por el proveedor de la cámara específica. Estos componentes de soporte son TCameraBasic y TFGBasic. TVision es una manera de que TFastVisionThread tenga acceso de nuevo a TVision para varios parámetros. TScanPos es una estructura que contiene una coordenada individual de una fila de exploración del sistema de visión más una posición de exploración por líneas basada en las ecuaciones descritas a continuación.

10 TCustCalibration está contenido dentro de este componente y es una clase de calibración que acepta los parámetros de la lente del proceso de calibración del proveedor de la cámara y genera una tabla de búsqueda (LUT) local expandida. La clase también proporciona un medio para insertar varios filtros durante la secuencia de búsqueda que puede operar sobre una base de píxel por píxel, mejorando entonces el rendimiento general cuando se utilizan filtros. La clase proporciona propiedades y métodos a los que TFastVisionThread puede acceder, según se ve en la Tabla 3 y la Tabla 4 a continuación.

TABLA 3 - Propiedades de TCustCalibration

Nombre de la propiedad	Modo	Breve descripción
Homography	R/W	Recuperar elementos de la matriz de homografía.
Optical Center	R	Recuperar las coordenadas del centro óptico.
Distortion	R	Recuperar los coeficientes de distorsión.
LookupTable	R	Recuperar el identificador a la tabla de búsqueda
ParamFileName	R/W	Establecer/Recuperar el nombre del archivo de parámetros de calibración de la cámara
LensModel	R/W	Establecer/Recuperar modelo de lente
Yaw	R/W	Establecer/Recuperar la giñada
Pitch	R/W	Establecer/Recuperar el cabeceo
Role	R/W	Establecer/Recuperar el alabeo

ES 2 699 318 T3

Boundary	R	Recuperar el límite de calibración
Matrix2d	R	Recuperar la matriz 2D
Matrix3d	R	Recuperar la matriz 3D
Use2dMatrix	R/W	Establecer/Recuperar la marca para utilizar la matriz 2D
Use3dMatrix	R/W	Establecer/Recuperar la marca para utilizar la matriz 3D

TABLA 4 - Métodos TCustCalibration

Métodos	Breve descripción
GenerateTable	Genera una tabla de búsqueda a partir de información de parámetros
SaveLookupToFile	Guarda una tabla de búsqueda generada en forma binaria.
SaveLookupToStrFile	Guarda una tabla de búsqueda generada en forma ASCII
LoadLookupFromFile	Cargar una tabla de búsqueda
SetCalibrationInput	Establecer la estructura de entrada de calibración de acuerdo a la cámara
PrepareCalBufferFromBuffer	Prepara un buffer
PrepareCalibrationBuffer	Prepara un buffer
ApplyCalibration	Aplica la calibración a un búfer de datos determinado.
RotateX2d	Realiza una rotación 2D alrededor del eje X y devuelve una matriz de rotación
Rotate Y2d	Realiza una rotación 2D alrededor del eje Y y devuelve una matriz de rotación
RotateZ2d	Realiza una rotación 2D alrededor del eje Z y devuelve una matriz de rotación
RotateX3d	Realiza una rotación 3D alrededor del eje X y devuelve una matriz de rotación.
RotateY3D	Realiza una rotación 3D alrededor del eje Y y devuelve una matriz de rotación.
RotateZ3D	Realiza una rotación 3D alrededor del eje Z y devuelve una matriz de rotación
Translate2d	Realiza una translación y devuelve la matriz 2D.
Translate3d	Realiza una translación y devuelve la matriz 3D.
MirrorX2d	Devuelve una matriz que se refleja sobre el eje X
MirrorY2d	Devuelve una matriz que se refleja en el eje Y
MirrorZ2d	Devuelve una matriz que se refleja sobre el eje Z
MirrorX3d	Devuelve una matriz que se refleja sobre el eje X
MirrorY3d	Devuelve una matriz que se refleja en el eje Y

MirrorZ3d	Devuelve una matriz que se refleja sobre el eje Z
-----------	---

5 La clase TCameraOpenGLPlot proporciona la capacidad del componente TVision para hacer que los datos explorados se representen en la ventana de la aplicación de usuario. La clase está contenida dentro de TVision y tiene acceso a sus propiedades y métodos. La aplicación de usuario no tiene acceso directo a esta clase. Sin embargo, cuando la aplicación de usuario asigna un identificador válido a la propiedad OpenGLWindow de TVision, esta clase se representa en esa ventana.

La clase de orientación está contenida dentro de TVision. Esta clase está expuesta a la aplicación de usuario. La clase se utiliza para aplicar una matriz de transformación lineal que se multiplica en los puntos de datos TScanDatabase. Esta clase reemplaza la propiedad StaticOffset depreciada.

10 TScanDatabase es una matriz de memoria dinámica que está contenida dentro de TVision. La matriz contiene líneas de exploración individuales y cada línea de exploración contiene los puntos cartesianos individuales a lo largo de un segmento de exploración. Como su nombre lo indica, la matriz se puede redimensionar dinámicamente. El tamaño de la matriz se determina por el tamaño de explorado $S_{\text{tamaño}}$ de las ecuaciones descritas a continuación. La aplicación de usuario tiene acceso completo a esta base de datos en memoria.

15 La Clase THmiCamera proporciona todas las propiedades de enlace de etiquetas PLC para que un programa de control de máquina PLC inicie una exploración, proporcione configuraciones de información de exploración y servo posiciones de diapositivas de CLU auxiliares. Esta clase está contenida en TVision y es accesible por la aplicación de usuario. La Tabla 5 proporciona una lista de las propiedades y eventos accesibles para el usuario de esta clase.

20 TABLA 5 - Propiedades y eventos THmiCAMERA

Nombre de la propiedad	Modo	Breve descripción
DataSource	R/W	Fuente de datos para recuperar datos de enlace del PLC
TagType	R/W	Tipo de datos de etiqueta predeterminado
EnableTagName	R/W	Habilitar nombre de etiqueta
VisibleTagName	R/W	Nombre de etiqueta visible
EnabledByteOffset	R/W	Habilitar el desplazamiento de bytes
VisibleByteOffset	R/W	Desplazamiento de bytes visible
StatusTagName	R/W	Nombre de la etiqueta de retroalimentación del estado de la cámara
OffsetTagName	R/W	Nombre de la etiqueta del desplazamiento de coordenadas controlado por el PLC
ScanStartPosTagName	R/W	Nombre de la etiqueta de la posición de inicio de exploración
ScanEndPosTagName	R/W	Nombre de la etiqueta de la posición de parada de la exploración
ScanIntervalTagName	R/W	Nombre de la etiqueta del intervalo/densidad de exploración
PLCCommandTagName	R/W	Nombre de etiqueta del comando del PLC
PLCFunctionModeTagName	R/W	Nombre de la etiqueta del modo funcional del PLC
StatusByteOffset	R/W	Desplazamiento del byte de retroalimentación del estado de la cámara
PosOffsetsByteOffset	R/W	Desplazamiento del byte del desplazamiento posicional controlado por el PLC

ES 2 699 318 T3

ScanStartPosByteOffset	R/W	Desplazamiento del byte de la posición de inicio de exploración
Scan End PosByteOffset	R/W	Desplazamiento del byte de la posición final de exploración
ScanIntervalByteOffset	R/W	Desplazamiento del byte del intervalo/densidad de exploración
PLCCommandByteOffset	R/W	Desplazamiento del byte del comando del PLC
PLCFunctionModeByteOffset	R/W	Desplazamiento del byte del modo funcional del PLC
Owner	R	Propietario de la interfaz de clase
TagEnabled	R	Estado habilitado de la etiqueta
TagVisible	R	Estado visible de la etiqueta
EnableHandleValid	R	Reservado/uso interno solamente
VisibleHandleValid	R	Reservado/uso interno solamente
Notify	R	Notificar al identificador de eventos
OnPropertyChange	R	Identificador de evento cambio de propiedad
CameraStatus	R	Estado de la condición de la cámara
OffsetX	R	Valor del desplazamiento en el eje X
OffsetY	R	Valor del desplazamiento en el eje Y
OffsetZ	R	Desplazamiento en el eje Z
Offsets	R	Desplazamientos como estructura de recopilación.
ScanStartPos	R	Valor de la posición de inicio de exploración
ScanEndPos	R	Valor de la posición final de exploración
ScanInterval	R	Valor del intervalo/densidad de exploración
PLCCommand	R	Solicitud de comando al PLC
PLCFunctionMode	R	Valor del modo funcional del PLC

5

La clase TCameraOpenGLPlot proporciona los medios mediante los cuales los datos cartesianos del LSVS se representan en la ventana de una aplicación de usuario. La clase está contenida en TVision y se le proporciona acceso a la propiedad de la base de datos de TVision que contiene los datos cartesianos mencionados anteriormente. Además, la clase recibe un identificador indirecto a través de TVision. Este identificador se utiliza para representar los datos en la ventana de la aplicación de usuario. La tabla 6 enumera las propiedades disponibles para esta clase.

TABLA 6 - Propiedades de la clase TCameraOpenGLPlot

Nombre de la propiedad	Modo	Breve descripción
PlotColor	R/W	Establece/recupera el color utilizado para la representación de los datos.

Nombre de la propiedad	Modo	Breve descripción
GridColor	R/W	Establece/recupera el color de la cuadrícula que se utiliza.
GridSpacing	R/W	Establece/recupera la separación de las líneas de la cuadrícula.
GridVisible	R/W	Establece/recupera el estado visible de la cuadrícula.

5 La placa del secuenciador cámara/láser utiliza una unidad de microcontrolador integrado dedicado. Como tal, esta MCU tiene un firmware que controla la funcionalidad general de la CLSB. Esta sección proporcionará tanto las unidades estructurales de la MCU que se utilizan para esta implementación, así como la estructura y el flujo de estado lógico del firmware. La FIG. 28 ilustra las unidades de hardware internas funcionales utilizadas en esta implementación de MCU.

10 Hay seis secciones principales que completan la funcionalidad general. Comenzando con las rutinas de los servicios de interrupción preventiva (ISR), existen el ISR interfaz paralela EtherNET/IP, el ISR generador de pulsos y un ISR temporizador. Existe un único canal DMA concurrente que no sea "robo de ciclo", utilizado para el intercambio de datos entre la MCU y el controlador dedicado EtherNET/IP. Existen las señales lógicas de control de las CLU. Finalmente, existe la rutina principal de la lógica de control y del estado de la máquina que administra la totalidad de las tareas de la MCU. Cada una de estas se describe en las siguientes subsecciones.

15 Esta rutina de servicio de interrupción responde para procesar solicitudes de lectura/escritura de datos y mensajes de solicitud de servicio desde el módulo EtherNET/IP. La rutina establece una señal de evento global a la que responde la máquina de estado principal en su trayectoria de ejecución.

20 Existen dos ISR generadores de pulsos que se originan a partir de las señales de avance y retroceso del circuito del generador de pulsos lineal. Cuando la MCU ingresa estas rutinas, la rutina correspondiente o bien incrementará o bien disminuirá un contador de posición. El contador de posición tiene doble búfer de manera que una actualización no provoque problemas de pasar por encima con la lógica de la máquina de estado principal. Una vez actualizado el contador de posición, la rutina genera un evento global para que lo utilice la lógica de la máquina de estado principal. Estos ISR tienen la prioridad de interrupción más alta.

25 El ISR temporizador es una interrupción periódica que se configura para interrumpir la MCU cada milisegundo. Al ingresar al ISR, las grabaciones de la base de tiempo se incrementan para formar un temporizador de ejecución que proporciona elementos de días, horas, minutos, segundos y milisegundos. Al final de la actualización de la base de tiempo, se genera un evento del tiempo del sistema para la lógica de la máquina de estado principal.

30 El canal DMA de la interfaz paralela EtherNET/IP se configura para permitir que la lógica de estado principal inicie una transferencia de memoria de bloque a/desde el controlador EtherNET/IP a través del puerto maestro/esclavo paralelo de la MCU. La transferencia de bloques DMA es capaz de mover la memoria hacia y desde la memoria interna fuera al controlador externo EtherNET/IP sin incurrir en ciclos de reloj MCU adicionales. La lógica de la máquina de estado principal puede continuar ejecutando su código de programa una vez que se ha iniciado la transferencia.

35 Las señales lógicas de control de la CLU son un grupo de señales que incluyen una habilitación de cámara, un reinicio de cámara, una activación de cámara, una activación de láser y una habilitación de potencia CLU. La lógica de control de la máquina de estado principal gestiona el estado de estas señales.

40 La máquina de estado principal (MSM) forma la trayectoria primaria de ejecución para el funcionamiento de la CLSB. Responde a eventos globales/de sistema que son iniciados por los diversos ISR. El estado actual del MSM junto con un evento particular determina qué salidas se modifican tanto para los datos de procesamiento EtherNET/IP como para las señales de control de la CLU. La FIG. 29 muestra las trayectorias de ejecución de MSM.

45 La funcionalidad del sistema Line Scan 3D Vision se divide en dos secciones principales, una es la aplicación de usuario de PC y el control de la máquina PLC, la segunda es el control de la CLSB. Cada una de las secciones son operaciones asíncronas pero están vinculadas en colaboración para el funcionamiento funcional total. Esta funcionalidad se puede ver como un sistema de capas según se muestra en la FIG. 30. La capa inferior es la CLU que se controla directamente desde la CLSB. La CLSB se comunica con la aplicación de servicio de control de la máquina PLC. A su vez, el servicio de control de la máquina PLC se comunica con la aplicación de usuario. La aplicación de usuario procesa, retiene y muestra todos los datos recopilados durante una secuencia de exploración. El PLC controla el inicio y la detención de una secuencia de exploración cuando el sistema está en

modo automático. El inicio y la detención de la secuencia de exploración en cualquier otro modo se inicia a través de la interfaz de la aplicación HMI del PLC. Nota: Las cámaras contenidas en la CLU tienen una línea de comunicación con la aplicación de usuario, por lo que todos los datos fluyen desde la cámara directamente a la aplicación de usuario. El resto de esta sección describirá la funcionalidad "compartida" como iniciada desde el servicio de control de la máquina PLC.

5

La FIG. 31 proporciona un solo diagrama de flujo de la función de exploración de cada una de las capas. Este diagrama de flujo asume que todas las capas se han inicializado y esperan los comandos del servicio de control de la máquina PLC. Según se puede ver en la FIG. 31, un proceso de exploración comienza con el PLC.

10

Tras iniciar una secuencia de exploración por líneas, el PLC enviará los siguientes parámetros de exploración a la CLSB: posición inicial, posición de parada y densidad de exploración. A continuación, el PLC establecerá la marca de control de adquisición de la CLSB. El PLC establecerá entonces un comando de inicio de adquisición de visión que se enviará a la aplicación de usuario. El PLC emitirá entonces un comando de inicio de movimiento al eje servo de exploración por líneas. El PLC ingresará entonces una espera condicional hasta que la CLSB envíe la marca del final de adquisición.

15

Tras recibir el comando de inicio de adquisición desde el PLC, el componente TVision de la aplicación de usuario primero vaciará la base de datos de exploración anterior. TFastVisionThread colocará la cámara en el modo de adquisición y luego hará la transición para adquirir el estado de ejecución. Allí, TFastVisionThread esperará los datos entrantes de la cámara. Al mismo tiempo, mientras TFastVisionThread responde a su solicitud de adquisición, la CLSB comenzará a responder a su comando de inicio de adquisición.

20

Cuando la CLSB recibe el comando de inicio de adquisición, hará la transición a su estado de adquisición. Mientras está en el estado de adquisición, la CLSB está supervisando la posición del generador de pulsos y comparándola con la posición de inicio. Esto ocurrirá simultáneamente con el movimiento del servo de exploración por líneas. Una vez que la grabación de la posición del generador de pulsos sea igual y/o mayor que la posición de inicio de exploración, la CLSB comenzará la secuenciación de las CLU en cada índice de densidad de exploración. Continuará con esto hasta que la grabación de la posición de exploración del generador de pulsos sea mayor y/o igual que la posición de parada de exploración. Al mismo tiempo que cada secuencia de CLU, TFastVisionThread comienza a recibir los buffers de datos sin procesar.

25

Dentro de la aplicación de usuario, TFastVisionThread comienza la recogida de los buffers de datos sin procesar a partir de su cámara correspondiente. Tras recibir cada búfer, cada elemento del búfer se mapea primero desde la forma sin procesar a los puntos cartesianos locales de la cámara según su calibración de la tabla de búsqueda (LUT). Mientras que en la misma iteración del circuito cerrado, se aplican los filtros de ruido adjuntos. Los filtros específicos se describen con mayor detalle a continuación en la presente memoria. Después de aplicar los filtros, se aplicará una matriz de transformación lineal, específica para cada cámara, a los puntos cartesianos locales para llegar a las coordenadas mundiales finales. En este punto, la colección de puntos puede o no transformarse en una serie de segmentos de línea para la utilización de memoria optimizada y la generación de una malla triangular.

30

35

A medida que el TFastVisionThread de la aplicación de usuario está recopilando y procesando los datos sin procesar, la CLSB está secuenciando continuamente cada CLU adjunta. Continuará esto hasta que la grabación de la posición del generador de pulsos sea igual y/o mayor que la posición de parada de exploración. Cuando la CLSB alcanza la posición de parada de exploración, hará la transición al estado siguiente, estableciendo de este modo su marca de finalización de adquisición mientras realiza la transición al estado siguiente.

40

Al mismo tiempo, el PLC ve la marca de finalización de la adquisición de la CLSB y sale fuera de su condición de espera. A continuación, enviará una señal de parada de adquisición al TFastVisionThread dentro de la aplicación de usuario. Al mismo tiempo, el PLC enviará un comando de inicio de movimiento al eje servo de exploración por líneas.

45

TFastVisionThread de la aplicación de usuario saldrá de su modo de adquisición y detendrá el estado de adquisición de la cámara correspondiente al recibir el comando de detención de adquisición del PLC. TFastVisionThread realizará los identificadores de eventos específicos de la aplicación de usuario al completar el estado de adquisición, completando de este modo su secuencia de adquisición.

50

Simultáneamente, el PLC espera a que el servo de exploración por líneas llegue a su posición inicial. Una vez en la posición inicial, el PLC enviará un reinicio del generador de pulsos a la CLSB, de manera que los dos sistemas siempre estén sincronizados de forma lineal. Esto completa tanto la secuencia de exploración única funcional del PLC como la de la CLSB.

55

Existen tres técnicas de filtrado actualmente utilizadas dentro del LSVS, que son un filtro de suavizado, un filtro de impulsos y un filtro de detección/eliminación de pared. Cada uno de los filtros se describe en las subsecciones siguientes.

El filtro de suavizado utiliza un algoritmo de filtrado (paso bajo) de promedio móvil basado alrededor de ecuaciones que se describen a continuación. El filtro comienza en la región de inicio de interés y continúa hasta

el final de la región de interés. El algoritmo analiza los datos de exploración de una sola línea y primero comienza a aplicar la ecuación de filtro una vez que se han detectado datos válidos. Los datos válidos son todos los datos que no tienen un valor R y X de cero. Cuando R y X tienen un valor de cero, esto indica la ausencia de datos (vacío/oclusión). Cuando el filtro se aplica a datos válidos y se detecta una región no válida, se examina la diferencia entre los datos actuales y los siguientes encontrados. Si es más grande que un valor preestablecido, entonces el filtro reiniciará su algoritmo en los siguientes datos válidos. En otras palabras, el promedio móvil se reinicia y comienza con los nuevos datos.

5

El filtro de impulso se utiliza para eliminar/reemplazar los puntos aleatorios que son de naturaleza esporádica. El filtro se basa en los puntos históricos, el punto actual y los puntos futuros, así como, entre otros, la comparación de intensidad. Se evalúa la pendiente anterior y posterior del punto actual y si es una pendiente grande, entonces el punto se reemplaza con un promedio tanto de los datos históricos como de los datos futuros. En general, los impulsos son cambios esporádicos en el rango en comparación con los datos anteriores y futuros. Son de corta duración y, por lo tanto, se pueden eliminar y reemplazar por medio de información pasada y futura. Cabe señalar que la información futura solo indica la información que está más adelante en el búfer de datos de lo que el algoritmo está evaluando actualmente.

10

15

El algoritmo del filtro de detección y corrección de la pared observa las oclusiones provocadas por cualquier ángulo del abanico del láser y/o el ángulo FOV de la cámara. La oclusión se detecta por la presencia y luego la ausencia de datos a lo largo del eje X de las cámaras. A medida que el algoritmo avanza en los datos, comienza a buscar la presencia de datos. Estos nuevos datos representan un nuevo perfil que puede tanto ser una pared como un agujero. Si es una pared, entonces los nuevos datos tendrán un rango significativo mayor/menor que los datos anteriores antes de la pared. En esta situación, el hueco se llena con los datos de pendiente de la línea anterior/futura. Los datos se inyectan de nuevo en el búfer de datos. Si los datos en ambos lados de la oclusión tienen relativamente el mismo rango, entonces se considera un agujero y los datos del hueco no se llenan.

20

La velocidad máxima permitida para una exploración por líneas en particular se determina mediante el retardo de estabilización del láser y el tiempo de ciclo total de las cámaras. Como se describió anteriormente, la

25

velocidad máxima se determina como: $v_{max} = \frac{S_d}{s_t}$, donde S_d es la densidad de exploración. El tiempo total necesario para capturar una única adquisición de todas las CLU es: $s_t = \sum_{n=1}^k (L_t + C_t)_n$.

La posición de exploración por líneas representa las coordenadas cartesianas de una exploración individual durante una secuencia de exploración. El proceso de exploración tiene parámetros que establecen el inicio de la posición de exploración P_{inicio} , la densidad de exploración S_d y la posición de parada P_{parada} . Por lo tanto, la posición de exploración por líneas se puede determinar mediante la ecuación $P_{exploración} = (S_{id} * S_d) + P_{inicio}$, donde S_{id} es el ID de exploración que se devuelve desde la cámara en cada evento de activación. El ID de exploración siempre comienza en el valor cero al comienzo de la secuencia de exploración. Al final de una exploración de visión, se aplica un filtro de región de interés a los buffers de datos de cada cámara. Este filtro simplemente elimina (ceros) todos los datos que no encajan dentro de una región de exploración razonable para el perfil de material determinado.

30

35

El tamaño de TScanDatabase se determina por la posición de inicio de la exploración, la posición de parada de la exploración y la densidad de exploración: $S_{tamaño} = (P_{parada} - P_{inicio}) \div S_d + 1$.

El filtro de suavizado utiliza la siguiente ecuación: $P_{nuevo\ rango} = \frac{\sum_{n=1}^k -k(P_n)}{k}$, esta es una técnica de promedio móvil utilizada para amortiguar cualquier ruido de cuantificación, así como el ruido superficial. El desplazamiento posicional de la CLU se puede calcular con precisión durante una secuencia de exploración utilizando la ecuación de movimiento de la mecánica clásica estándar en una dirección, la posición de exploración $P_{exploración}$, la velocidad $S_d = f(k) = P_{scann} + v \sum_{n=1}^k (L_t + C_t)_n$, y la cámara transcurrida y los tiempos del láser sumados a la CLU particular de interés. Recordando la ecuación estándar de movimiento de la siguiente manera:

40

45

$$x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2} a t^2.$$

Puesto que, durante una exploración por líneas, el sistema tiene una velocidad constante y la aceleración es cero, esta ecuación se puede reducir a: $x_f = x_i + v_i t$. Por lo tanto, el desplazamiento de la exploración S_o con respecto a $P_{exploración}$ se puede determinar mediante la siguiente ecuación: $S_o = f(k) = P_{scann} + v \sum_{n=1}^k (L_t + C_t)_n$, donde k es la posición del índice de la CLU particular para la cual se calcula el desplazamiento y v es la velocidad de exploración actual.

50

Los detalles adicionales del hardware del sistema de mezcla de gases inteligente, el diseño del software y la funcionalidad se describen a continuación con respecto a una forma de realización preferida. Además, el control de software se describe junto con cualesquiera algoritmos específicos utilizados en el circuito cerrado de control de proceso y el circuito cerrado de evaluación de fugas. El Sistema Inteligente de mezcla de gases, que se abrevia como IGMS a partir de este punto en adelante, es un sistema de control de mezcla de gases

55

completamente automático que incorpora varios detectores, actuadores proporcionales y válvulas de control con el fin de mezclar los gases necesarios para el proceso de eliminación de material. Se introducen dos gases en el sistema a partir de lo cual el sistema controla la mezcla de estos gases en la boquilla aguas abajo por medio de presiones proporcionales. El diseño del sistema consiste en optimizar y automatizar el proceso de mezcla de gases de manera que mejore la calidad del proceso de eliminación del material, así como para optimizar los gases consumibles y minimizar su derroche. Además, implementa una funcionalidad que puede ayudar a detectar fugas en la línea, desgaste o tamaño de la boquilla y bloqueo de la boquilla. Finalmente, optimiza la totalidad del tiempo del ciclo del proceso utilizando la información posicional cartesiana para predecir el tiempo de precalentamiento necesario al iniciar nuevos cortes.

5

10

La FIG. 17 muestra un esquema de diseño de hardware y proporciona un diseño del diseño detallado que se describe en las siguientes secciones. Téngase en cuenta que los depósitos de suministro no son parte del diseño real, pero se incluyen para comprender el flujo medio de gas a través del sistema. El diseño del hardware para el IGMS se compone de los siguientes componentes fundamentales: detectores/transductores de presión eléctrica; indicadores visuales de presión manuales; actuadores neumáticos proporcionales controlados eléctricamente; actuadores proporcionales controlados neumáticamente; válvulas todo/nada controladas eléctricamente; válvulas de corte manual; encendedor de alto voltaje; detector de detección de llama. Existen dos fuentes de suministro de gas en esta configuración, por lo tanto, se divide en dos subsistemas. El primer subsistema está compuesto por el lado del oxígeno, mientras que el segundo subsistema está compuesto por el lado del combustible. Cada subsistema se describe a continuación. La mayoría de los componentes enumerados anteriormente se aplican al suministro de oxígeno y combustible; sin embargo, los dos últimos componentes, el encendedor de alto voltaje y el detector de detección de llama, son parte del encendido y la retroalimentación de la llama, que se describen funcionalmente más adelante. Estos no están incluidos en la FIG. 17.

15

20

25

30

El IGMS acepta los gases de entrada y es capaz de controlar las presiones en cada una de las tres válvulas del proceso que van a la boquilla de procesado. En la boquilla de procesado, los gases se mezclan. Las presiones individuales de las válvulas proporcionales controladas neumáticamente determinan la mezcla final en la boquilla. Las presiones se pueden regular desde 0 a 150 psi, que es la capacidad del sistema. Dos fuentes de suministro se unen a la entrada del sistema. Una de las fuentes es siempre una fuente de oxígeno, mientras que la otra fuente es un combustible que puede ser de varios tipos diferentes dependiendo de la naturaleza del proceso. La fuente de combustible solo será referenciada como combustible desde este punto en adelante y no se asumirán ningunos tipos específicos de gases combustibles.

35

El gas de suministro de oxígeno comienza en la válvula de corte manual. Esta válvula se usa cuando se requiere mantenimiento y el panel debe retirarse del sistema, o cuando se deben cambiar las líneas de suministro. El suministro de oxígeno entonces tiene una válvula todo/nada controlada eléctricamente que activa el flujo de suministro de oxígeno. Un detector/transductor sigue después de la válvula. Proporciona información de la presión de línea que es utilizada por el software de control. Desde este punto, el suministro toma dos ramas independientes, una para precalentar y la otra para eliminar el material.

40

45

Ambas ramas funcionan de la misma manera, pero tienen diferentes propósitos de procesado. Ambas ramas tienen la misma configuración de hardware y solo se describirá una de las configuraciones. La válvula neumática controlada eléctricamente se controla a una presión de salida específica. Esta presión se aplica luego a la válvula proporcional controlada neumáticamente para llegar a la presión final del gas. Se utiliza un medidor de presión visual analógico para la verificación visual, mientras que un detector/transductor de presión eléctrico se utiliza para la retroalimentación de control. El detector/transductor de presión de retroalimentación lee la presión después de la válvula proporcional controlada neumáticamente, pero antes de la válvula todo/nada del proceso. Finalmente, está la válvula todo/nada del proceso que libera la presión del gas de procesado controlada hacia la boquilla de procesado. Esto se aplica tanto a las trayectorias tanto de precalentamiento como de eliminación de material.

50

55

El gas de suministro de combustible sigue un flujo funcional similar al del oxígeno, sin embargo, solo hay una rama. El suministro de combustible comienza en la válvula de corte manual. Se utiliza una válvula todo/nada de suministro controlada eléctricamente para permitir el suministro de combustible al hardware de regulación. Inmediatamente después de la válvula de suministro, hay un detector/transductor de presión que se utiliza por el software de control. Se aplica una presión de combustible controlada a la válvula neumática controlada eléctricamente, que a su vez aplica una presión neumática controlada sobre la válvula proporcional controlada neumáticamente para llegar a la presión de combustible controlada final. Se utiliza un medidor de presión visual analógico para la comprobación visual y un detector/transductor de presión eléctrico para la retroalimentación de control. El detector/transductor de presión de retroalimentación lee la presión después de la válvula proporcional controlada neumáticamente, pero antes de la válvula todo/nada del proceso de combustible. Finalmente, la válvula todo/nada del proceso de combustible libera la presión de combustible controlada hacia la boquilla de procesado.

60

Una vez que el combustible y el oxígeno están disponibles en la boquilla de procesado, el encendedor se activa de tal manera que se crea una llama. Un detector de detección de llama examina la presencia de una llama, que el software de control utilizará en el circuito cerrado de control de llama.

El software de control del IGMS se diseña para aprovechar los diversos actuadores de hardware y detectores de retroalimentación. Proporciona la funcionalidad de control principal de los gases de proceso que llegan a la boquilla de procesado. El software utiliza los diversos detectores y válvulas para recopilar información histórica que se utiliza tanto para procesar problemas sistémicos activos, así como para problemas sistémicos no activos.

5 Además, proporciona un enlace para la conexión con un sistema de software de la máquina PLC que proporciona retroalimentación posicional. La retroalimentación posicional se puede utilizar para optimizar el tiempo de precalentamiento del proceso, lo que puede mejorar el tiempo de ciclo general. El software de control proporciona el siguiente resumen de características y funcionalidad: control riguroso y preciso de las presiones del gas de proceso (control de circuito cerrado); anticipación de nivel bajo en los tanques de suministro;

10 detección del tamaño de la boquilla (se debe saber que la boquilla está limpia); detección de condiciones de boquilla desgastada u obstruida (el tamaño de la boquilla debe ser conocido y correcto); detección de fugas en la línea dentro de la región mecánica IGMS; detección de posibles fugas en la línea de suministro; detección de posibles fugas en la línea de procesado (requiere una boquilla cerrada al 100% o una boquilla limpia conocida); suministro de datos históricos de la presión de procesado para el trazado y registro; encendido automático y

15 detección de presencia de llama.

La FIG. 32 y 33 ilustran el flujo de proceso del software básico del IGMS. El flujo de proceso del software de control sigue como se enumera a continuación, asumiendo que todas las válvulas de corte manual y todo/nada controladas eléctricamente se encuentran en sus posiciones de inicio iniciales: 1) activar las válvulas de suministro de oxígeno y combustible; 2) verificar las presiones de suministro después de un tiempo de estabilización y almacenarlas en la memoria; 3) grabar la posición cartesiana de la máquina inicial si utiliza la

20 lógica de predicción de precalentamiento; 4) ajustar las presiones de control para todas las válvulas de oxígeno y combustible; 5) abrir la válvula del proceso de precalentamiento de oxígeno y la válvula del proceso de combustible; 6) encender la llama y verificar la presencia de la llama; 7) supervisar continuamente las presiones del gas de suministro y compararlas con la memoria; 8) cuando se le ordene iniciar el corte, activar la válvula del proceso de corte; 9) cuando se le ordena detener el corte, apagar la válvula del proceso de corte y grabar la posición cartesiana de la máquina si utiliza la lógica de predicción de precalentamiento; 10) una vez completado el proceso, cortar el combustible seguido por las válvulas del proceso de precalentamiento y corte.

La detección sistémica es el principio de la detección de una condición anormal dentro de un sistema en el punto de la boquilla de procesado. En este sistema, la detección de los cambios repentinos de presión durante el proceso o una pendiente gradual de la tendencia de la presión con el tiempo constituiría una detección sistémica del problema. Durante un proceso activo, las presiones se supervisan y graban continuamente en una tabla de historial. Los datos de la tabla de historial se utilizan para rastrear las tendencias de presión para predecir mejor las condiciones inusuales (problemas sistémicos) que podrían indicar problemas potenciales durante el procesado del material, lo que se denomina de este modo detección sistémica. Idealmente, para un tamaño de

30 boquilla determinado, las presiones deberían permanecer constantes con la ocurrencia de algún un evento de impulso ocasional. Los impulsos son anticipados y normales, ya que indican el movimiento de la boquilla cerca del material.

Si en algún instante durante el proceso se produce un cambio de presión y no es una reacción de impulso sino una diferencia estable, podría indicar una boquilla obstruida (aumento de presión) o ruptura de línea (caída de presión). Si durante un período de tiempo más largo, hay una pendiente histórica con tendencia descendente, entonces se puede suponer que la boquilla se está desgastando. De manera similar, si la pendiente histórica tiende hacia arriba, esto indicaría que la boquilla se está obstruyendo y debe limpiarse. Los cambios repentinos en la presión que se mantienen indicarían la rotura de la línea o el bloqueo total y el proceso daría fallo y cerraría todas las válvulas. Para que un bloqueo se considere verdadero, también debería producirse una condición de

40 llama apagada. Téngase en cuenta que el bloqueo y la obstrucción no representan las mismas condiciones. Según se dijo, el bloqueo es un cambio de presión repentino y mantenido. Una obstrucción es una pendiente de cambio de presión por la cual la presión aumenta.

Obviamente, para que estas condiciones de bloqueo/obstrucción ocurran debe existir un error de la presión controlada con la real. El algoritmo preciso a utilizar en esta situación se debe determinar. Si los reguladores de flujo no muestran una caída diferencial de lo controlado o lo real en una punta limpia, entonces podría ser difícil determinar estas condiciones. Además, debemos utilizar el error derivado para esta tendencia y no la presión real. Esto es necesario para que el circuito cerrado PID garantice que la punta siempre reciba la presión deseada.

50

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (40) para procesar una pieza de trabajo (44), comprendiendo dicho sistema (40):
 - (A) una superficie de soporte para soportar una pieza de trabajo y definir una trayectoria de procesado (P);
 - (B) una herramienta de procesado (92) que se puede mover con respecto a dicha trayectoria de procesado (P); y
- 5 (C) un sistema de mezcla de gases (700) para controlar un gas utilizado por dicha herramienta de procesado (92),

dicho sistema (40) se caracteriza por que dicho sistema de mezcla de gases (700) controla el flujo de un gas en función de las coordenadas tridimensionales históricas de dicha herramienta de procesado (92).
- 10 2. El sistema (40) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho sistema de mezcla de gases (700) comprende además varios detectores de presión (720, 736, 752, 776, 784) y un sistema de grabación para recopilar datos históricos de la presión de un gas, y dicho sistema de mezcla de gases (700) (i) compara los datos actuales de presión del gas con los datos históricos de presión del gas y (ii) detecta al menos uno del desgaste de dicha herramienta de procesado (92), el bloqueo de dicha herramienta de procesado (92) y la obstrucción de dicha herramienta de procesado (92).
- 15 3. Un método para procesar una pieza de trabajo (44), comprendiendo dicho método las etapas de:
 - (A) adquirir el sistema (40) de una de las reivindicaciones 1-2;
 - (B) cargar una pieza de trabajo (44) sobre dicha superficie de soporte de dicho sistema (40);
 - (C) realizar una operación de procesado en dicha pieza de trabajo (44); y
 - (D) controlar el flujo de un gas utilizado por dicha herramienta de procesado (92) durante dicha operación de procesado en función de las coordenadas tridimensionales históricas de dicha herramienta de procesado (92).
- 20 4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la etapa de realizar una operación de procesado implica el corte de dicha pieza de trabajo (44).
5. El método de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, que comprende además la etapa de:
 - detectar al menos uno del desgaste de dicha herramienta de procesado (92), el bloqueo de dicha herramienta de procesado (92) y la obstrucción de dicha herramienta de procesado (92) en función de los datos de presión históricos de un gas utilizado por dicha herramienta de procesado (92).
- 25

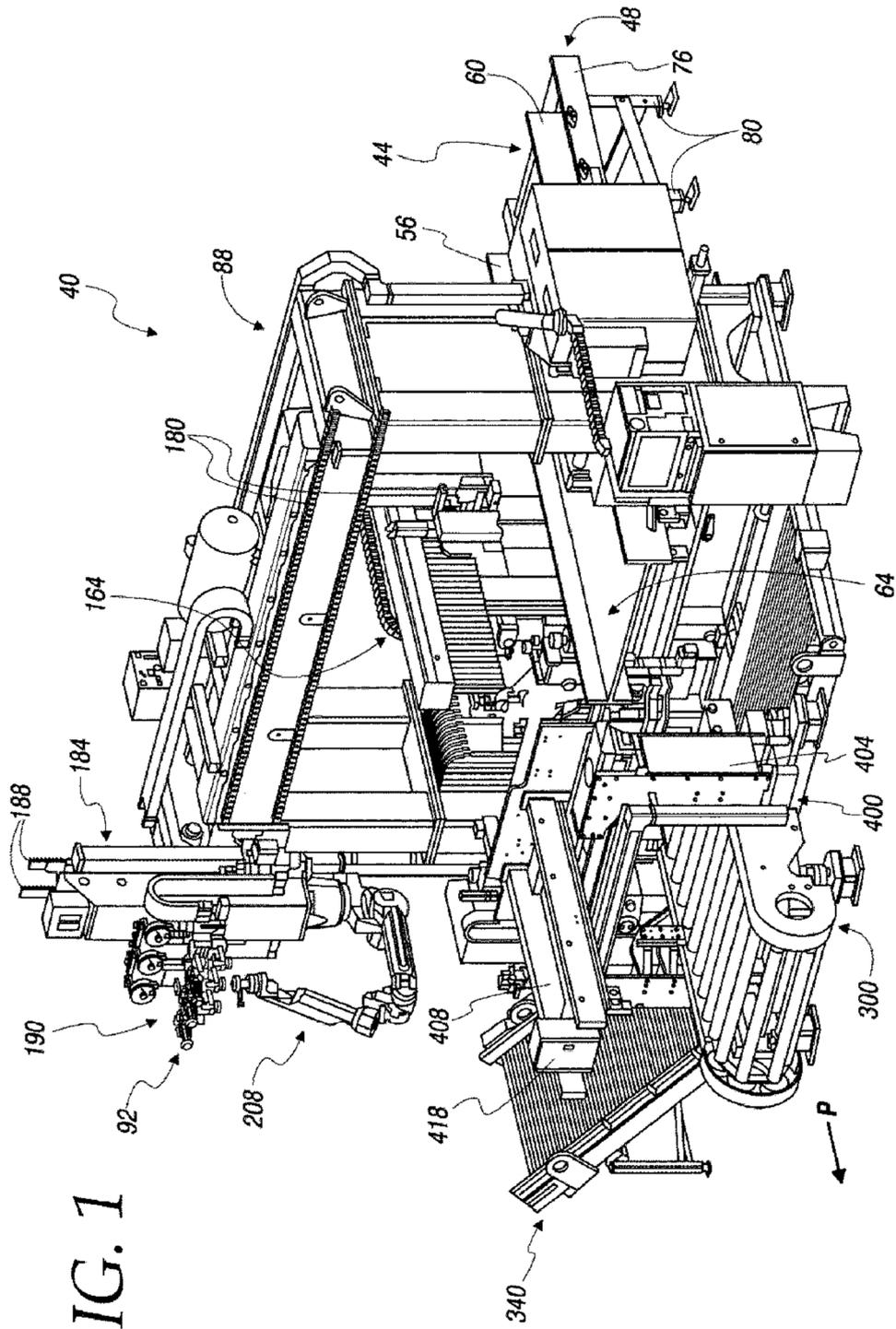
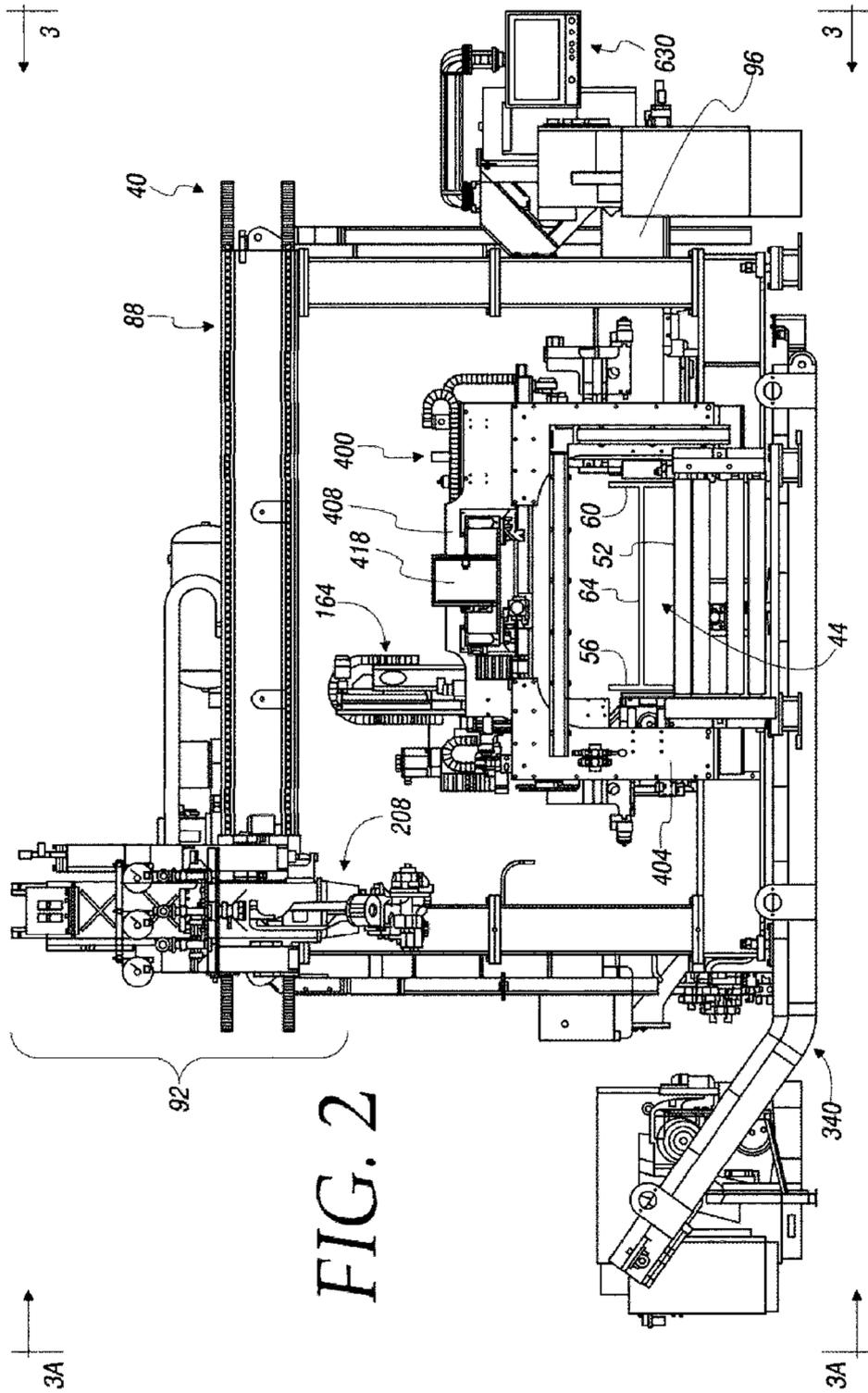


FIG. 1



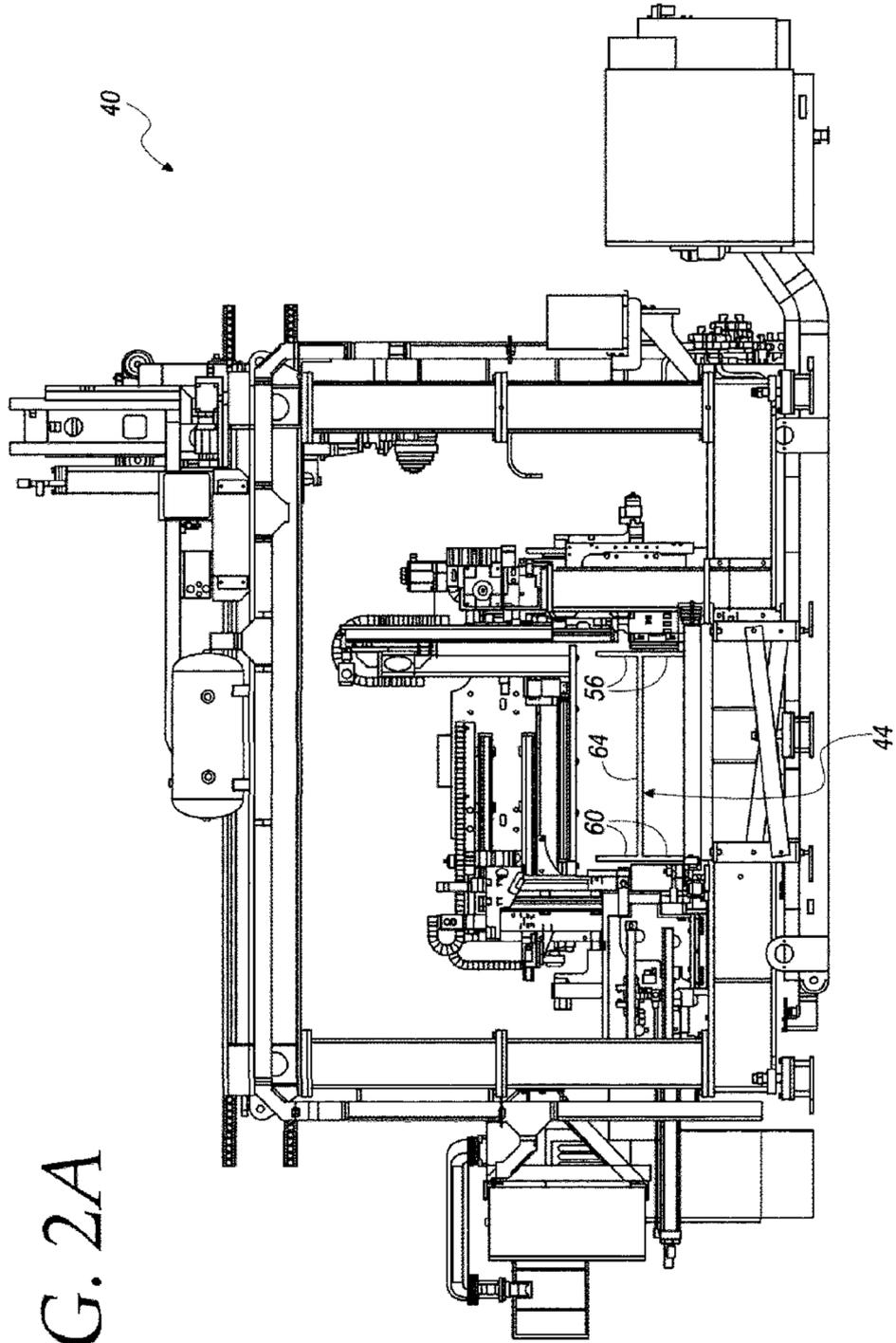


FIG. 2A

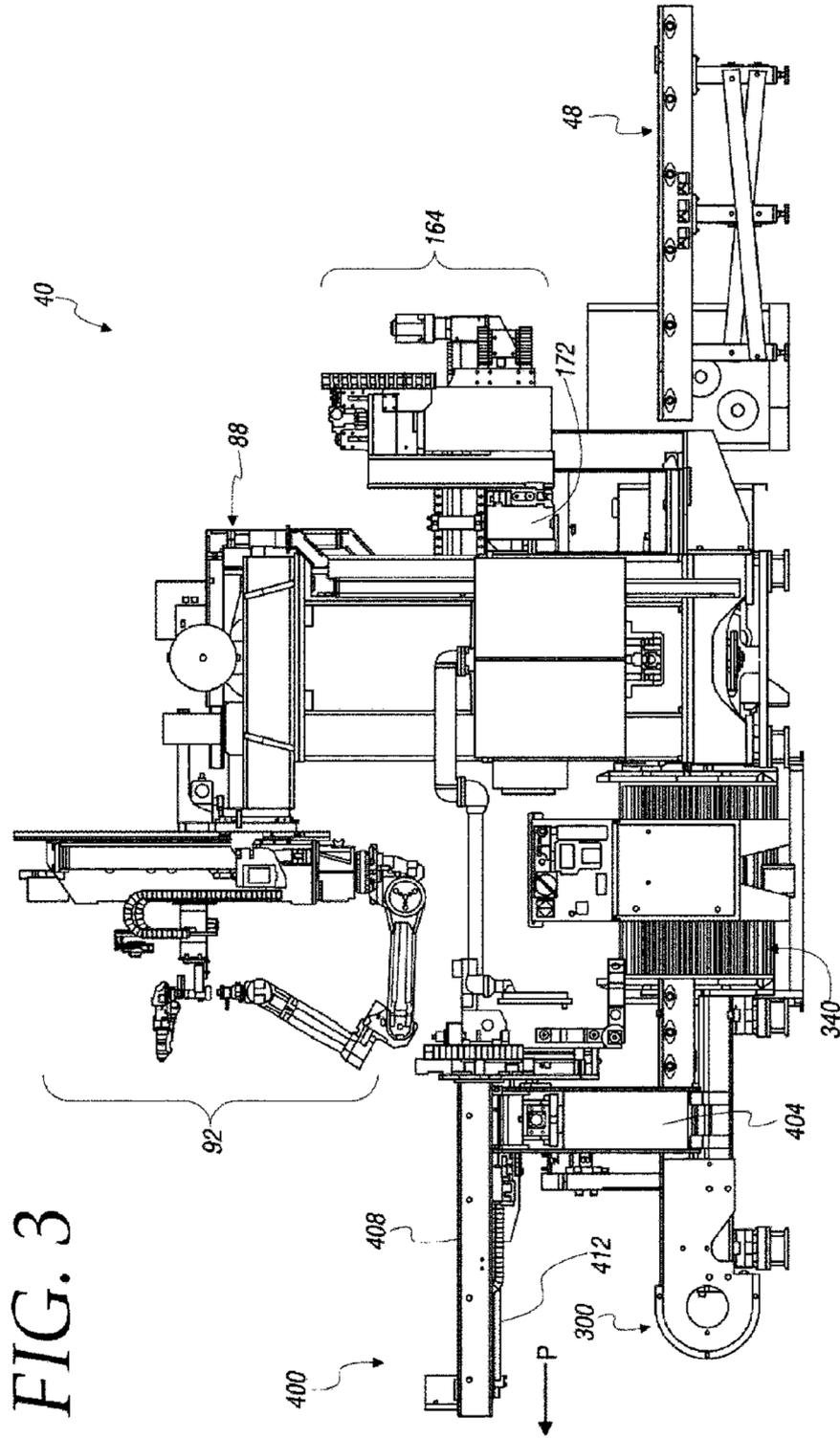


FIG. 3

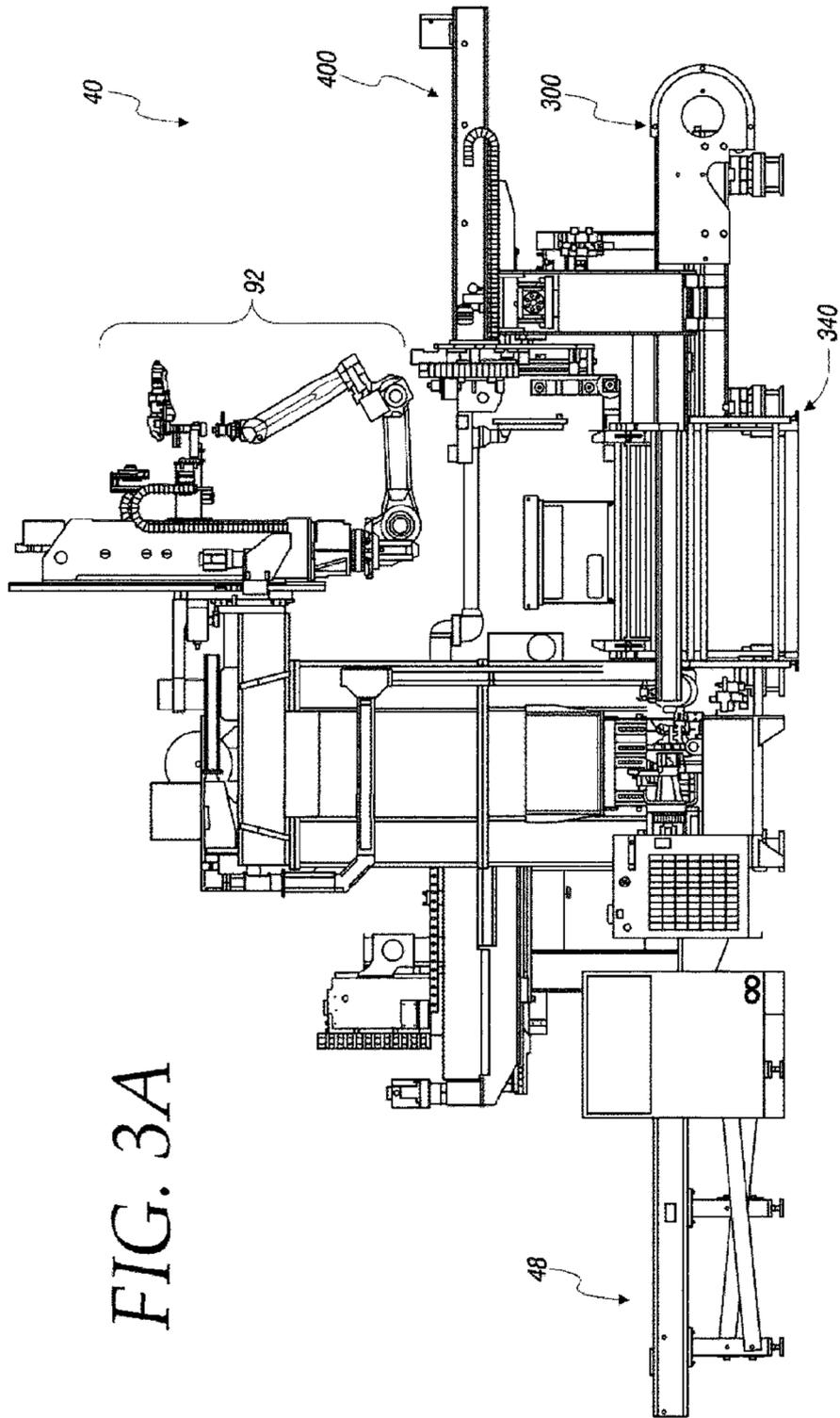


FIG. 3A

FIG. 4

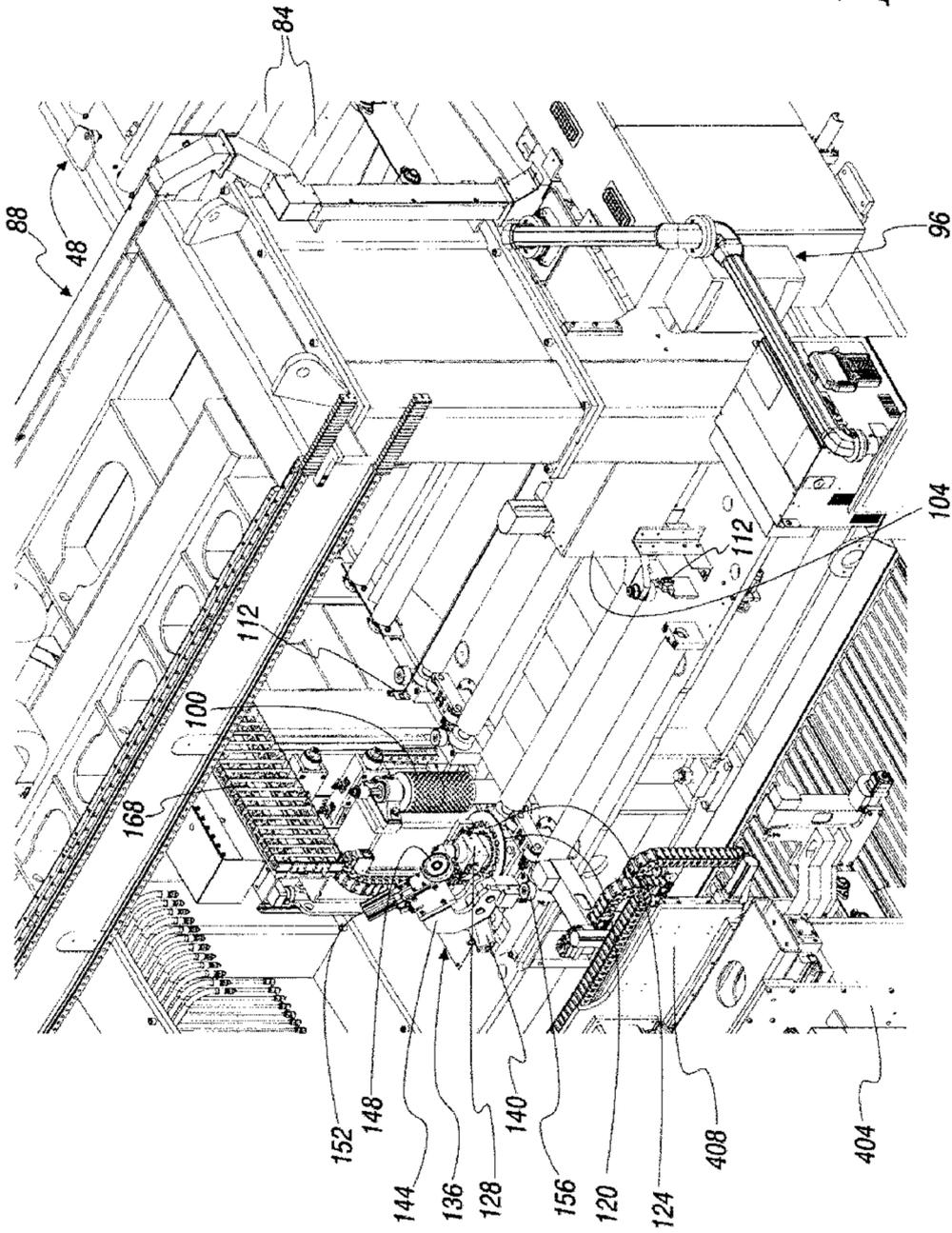
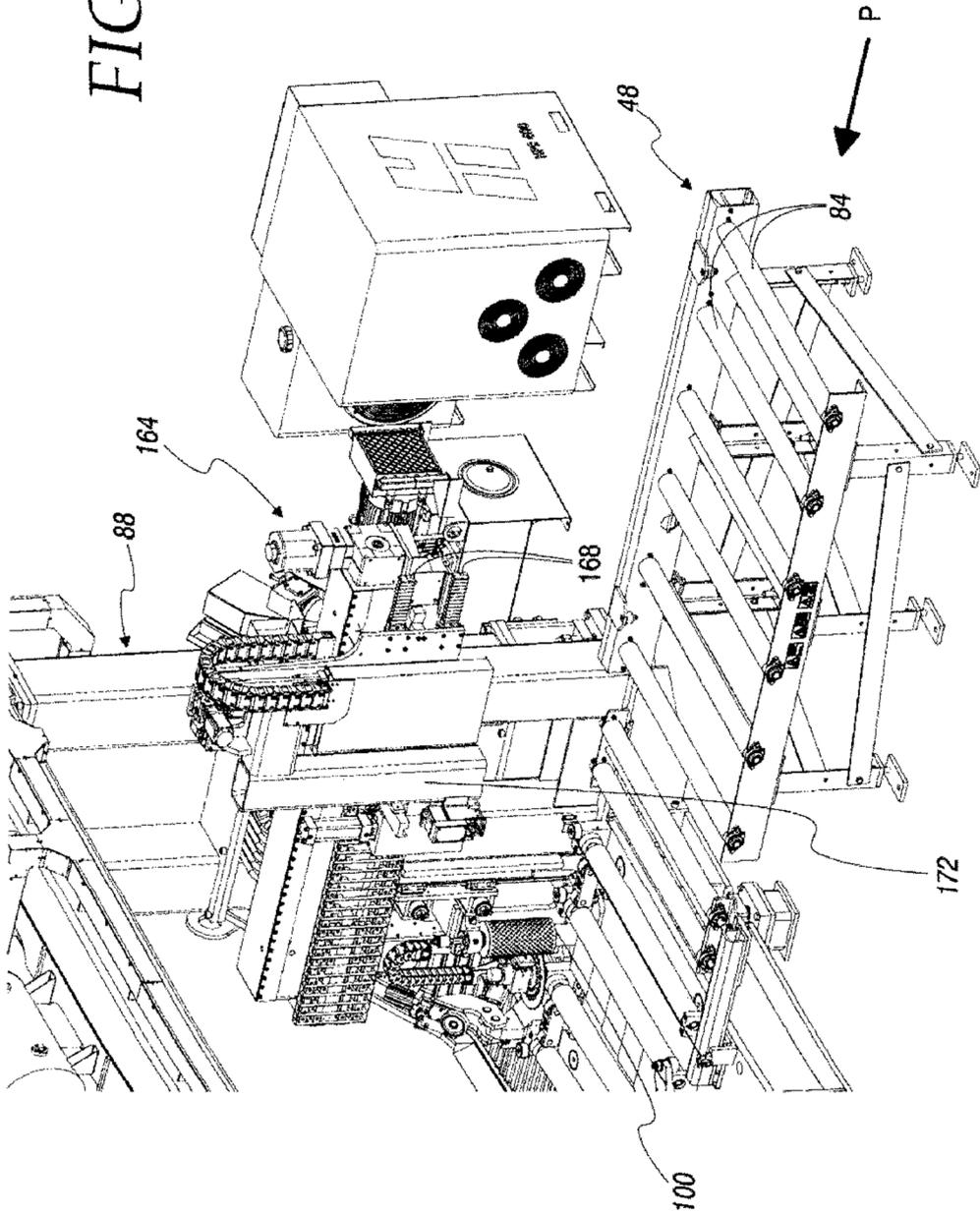


FIG. 5



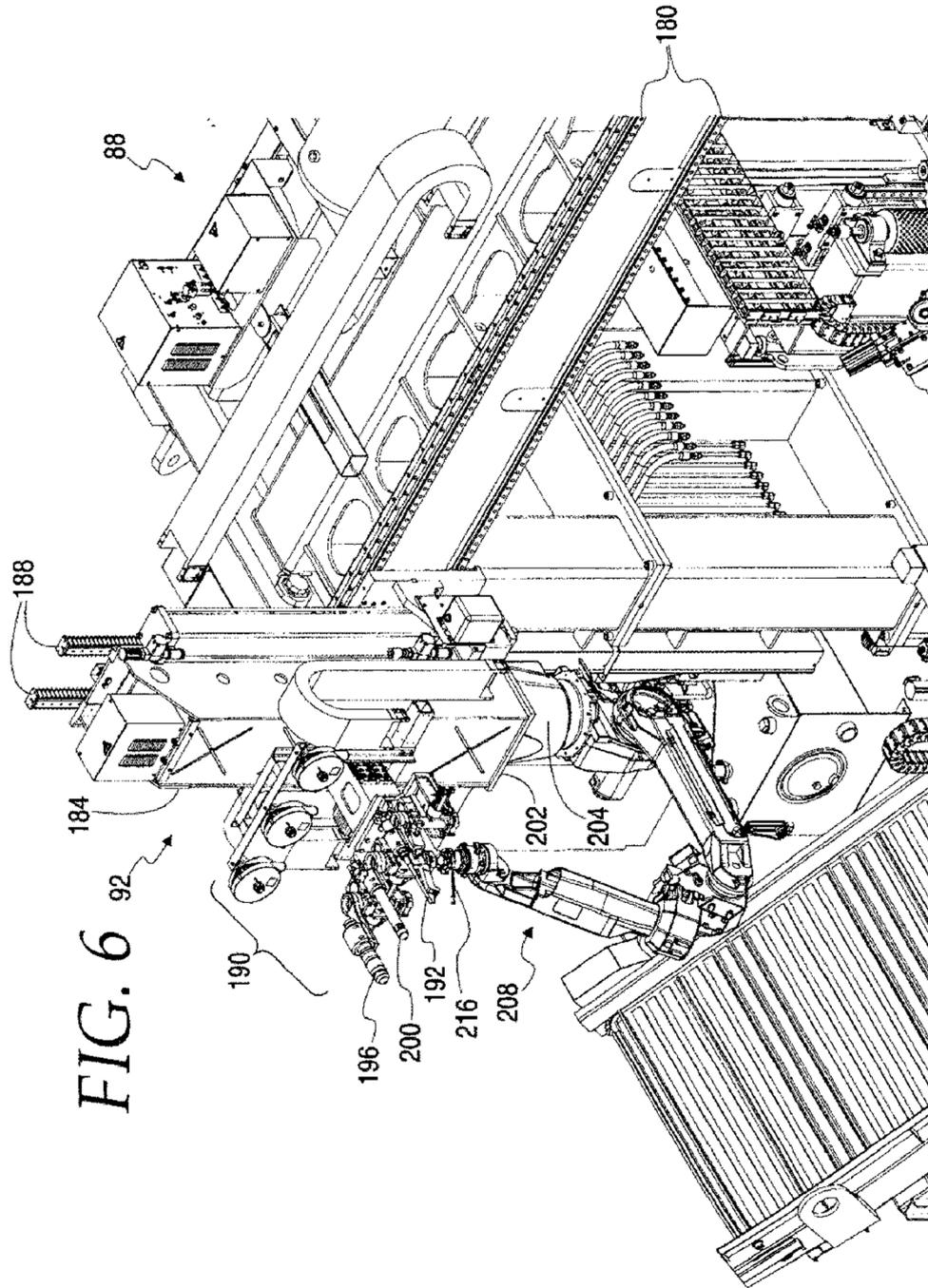


FIG. 6

92

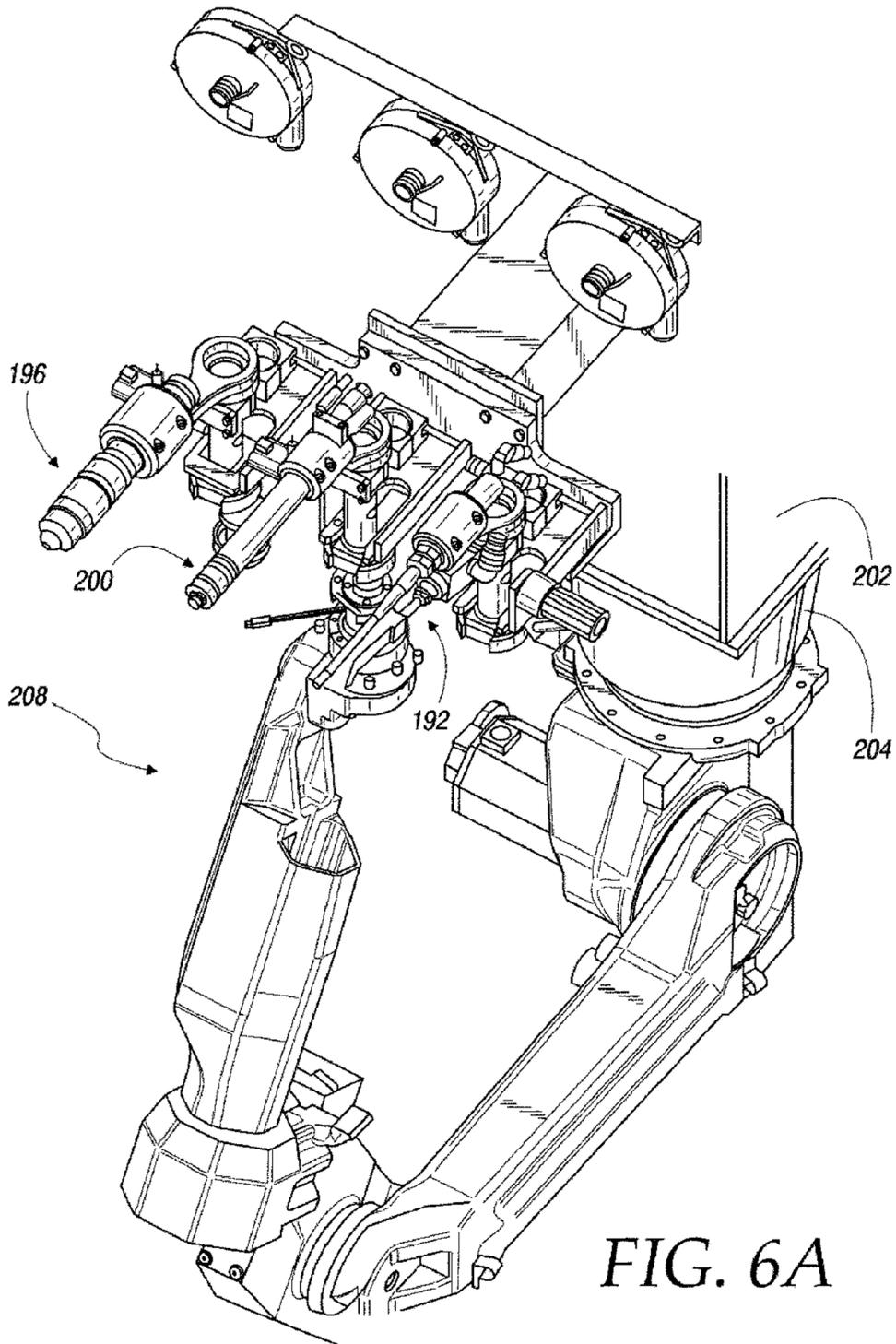


FIG. 6A

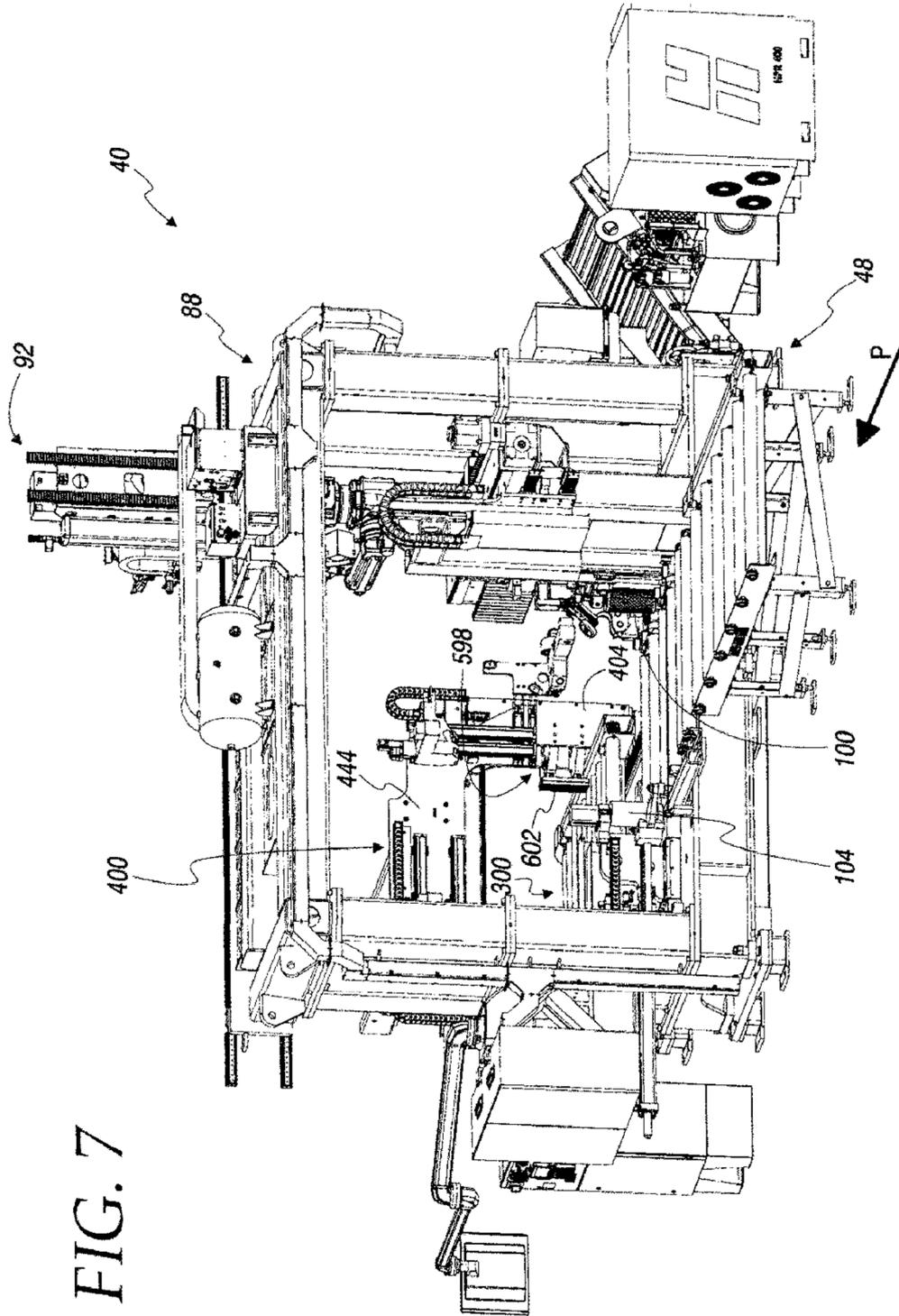


FIG. 7

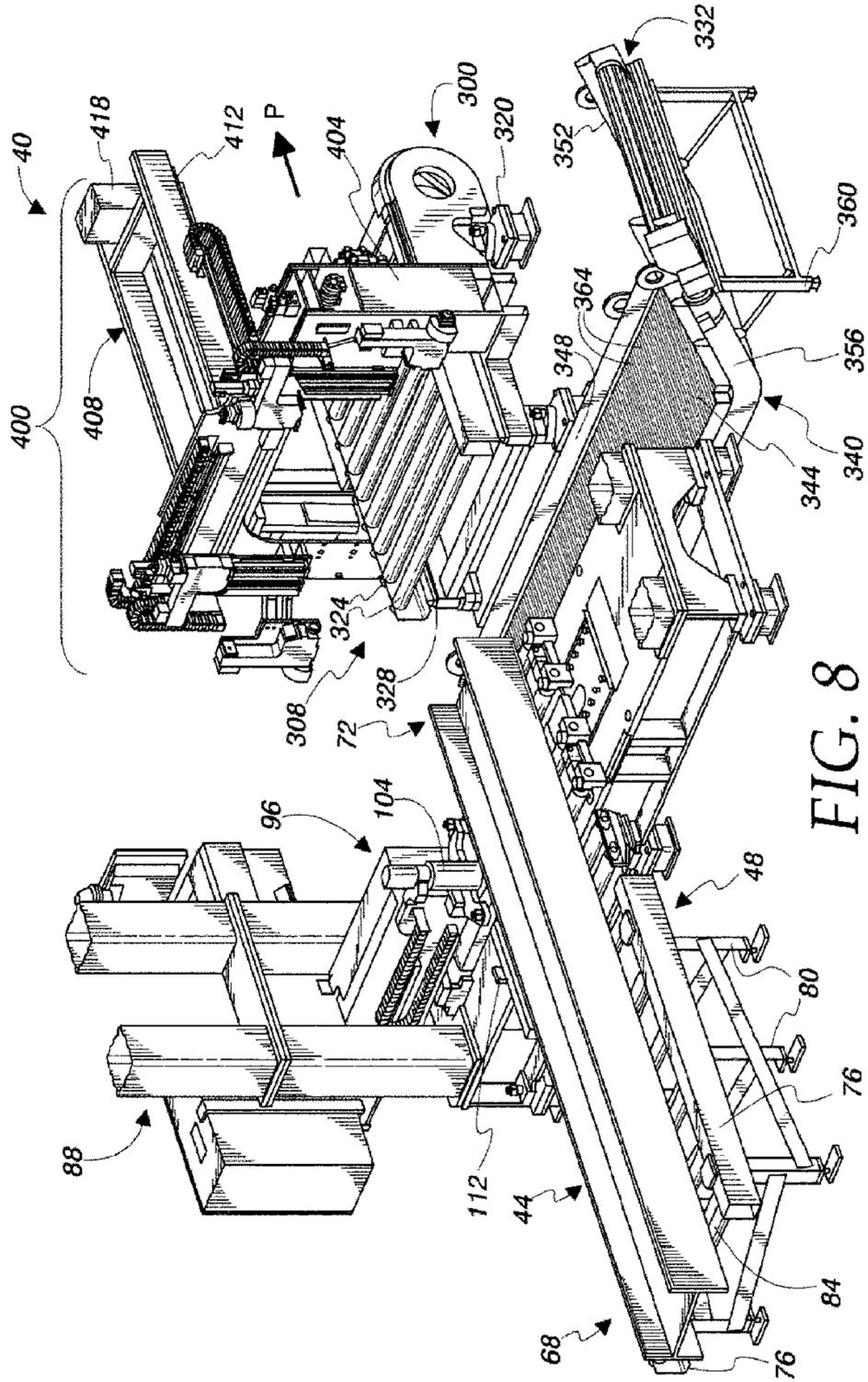


FIG. 8

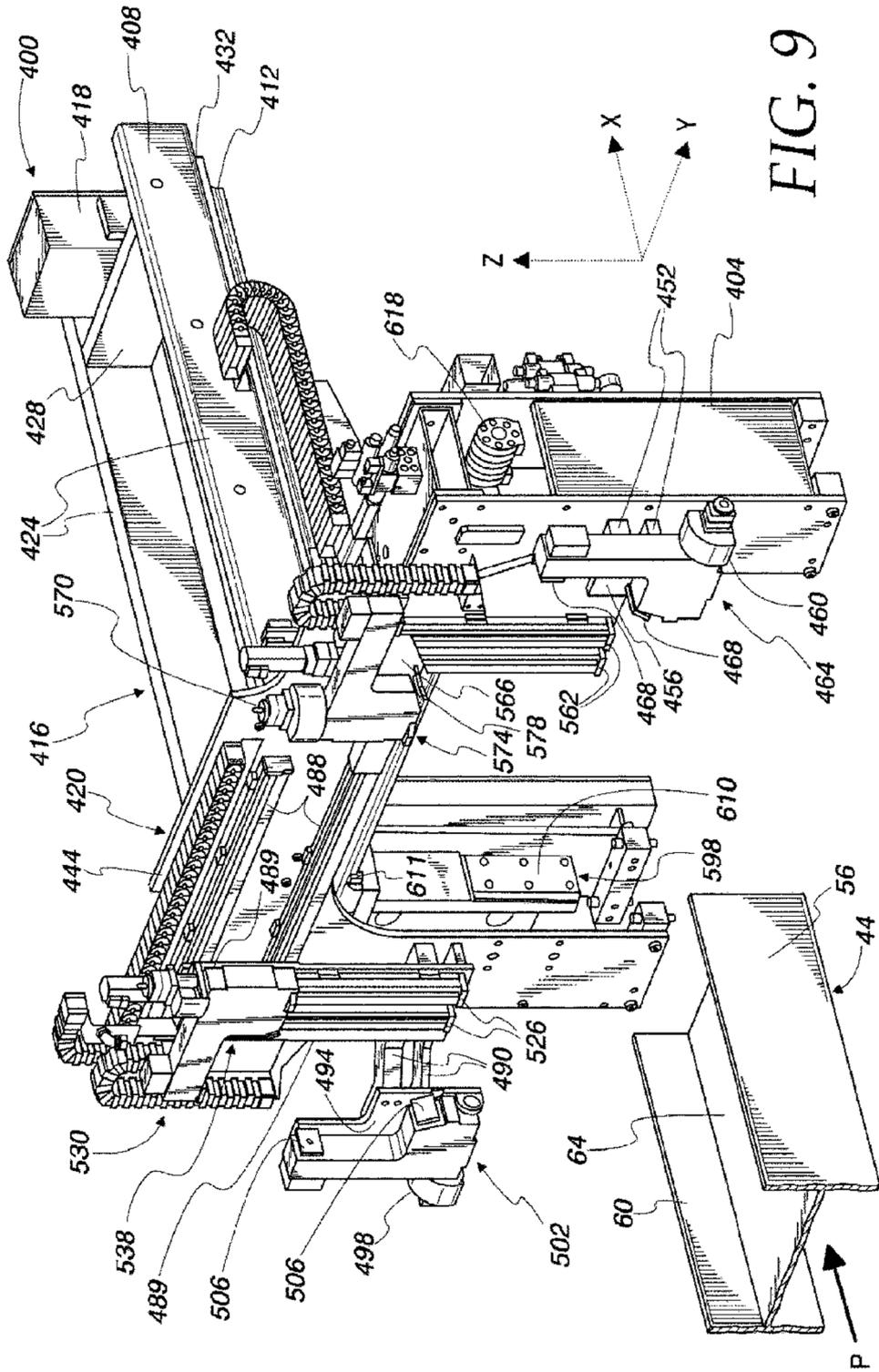


FIG. 9

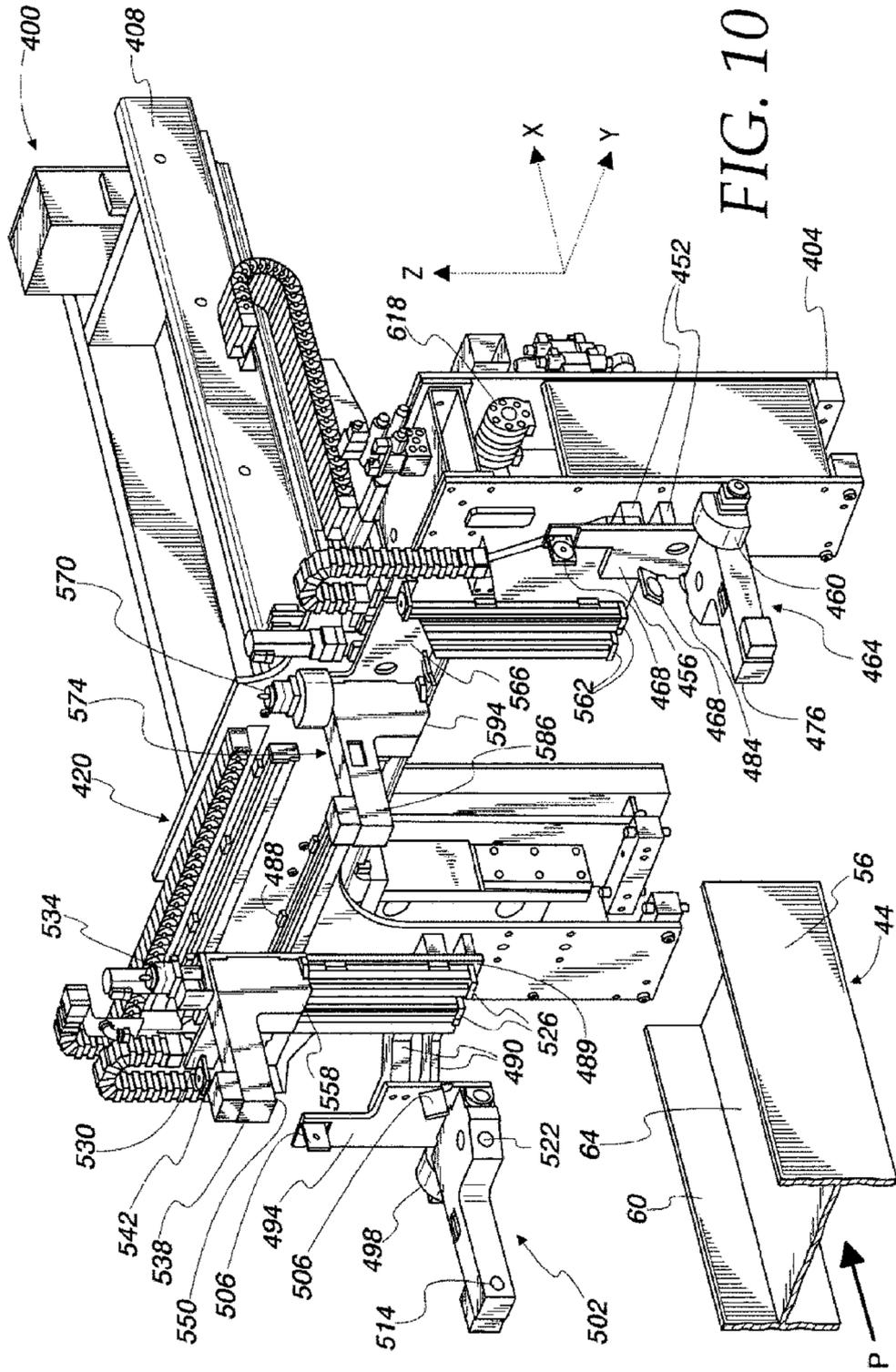
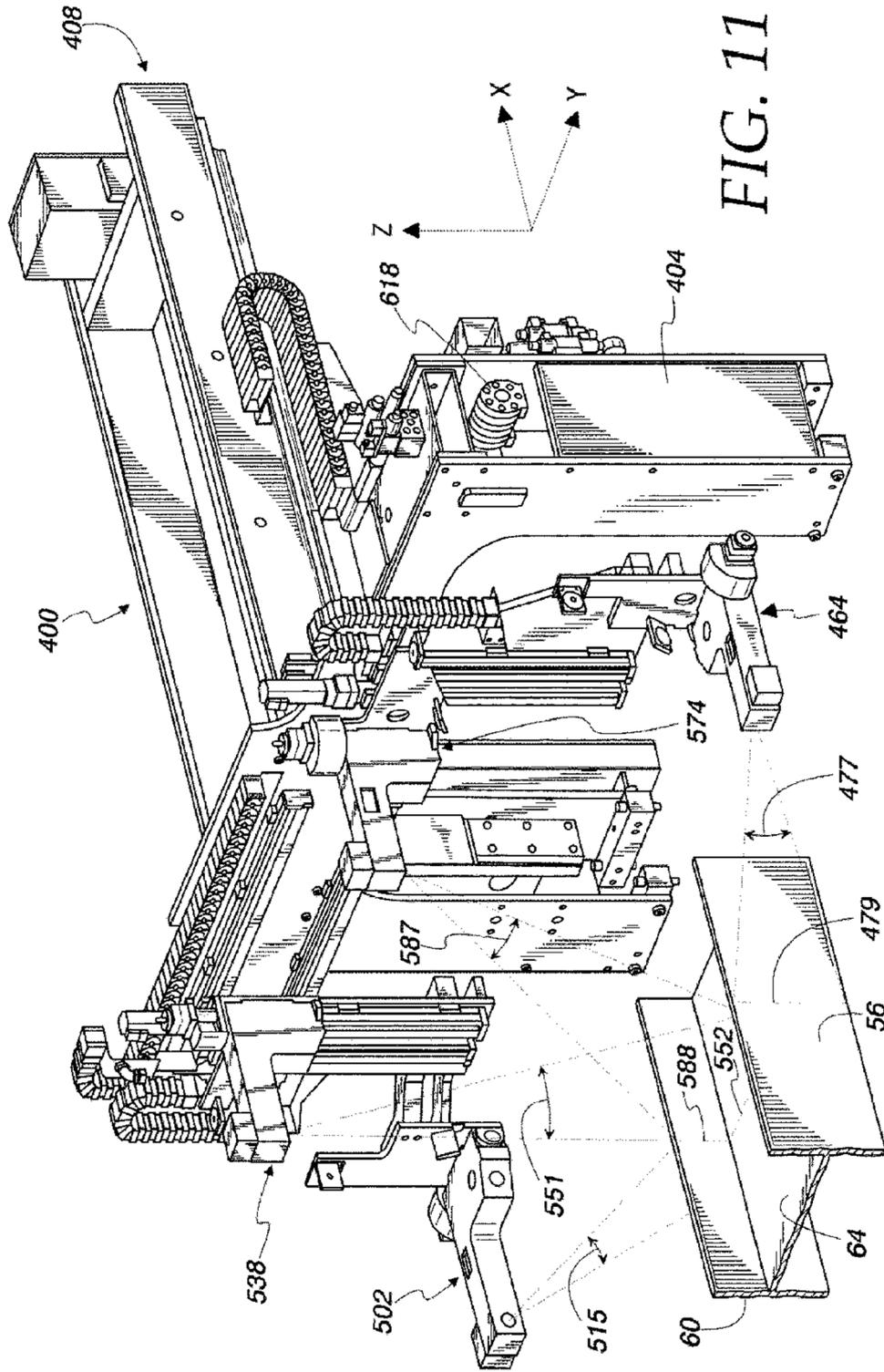


FIG. 10



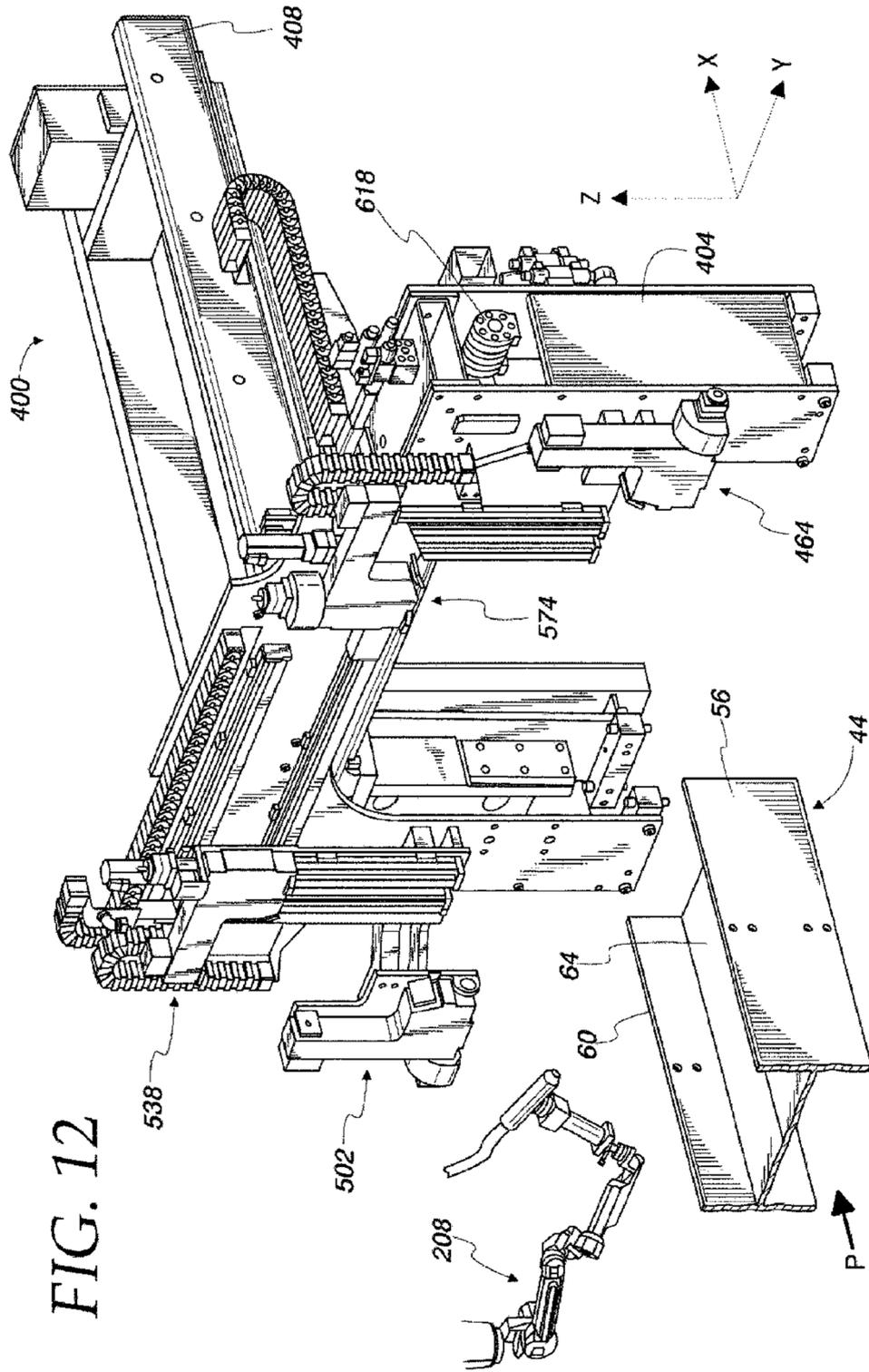


FIG. 12

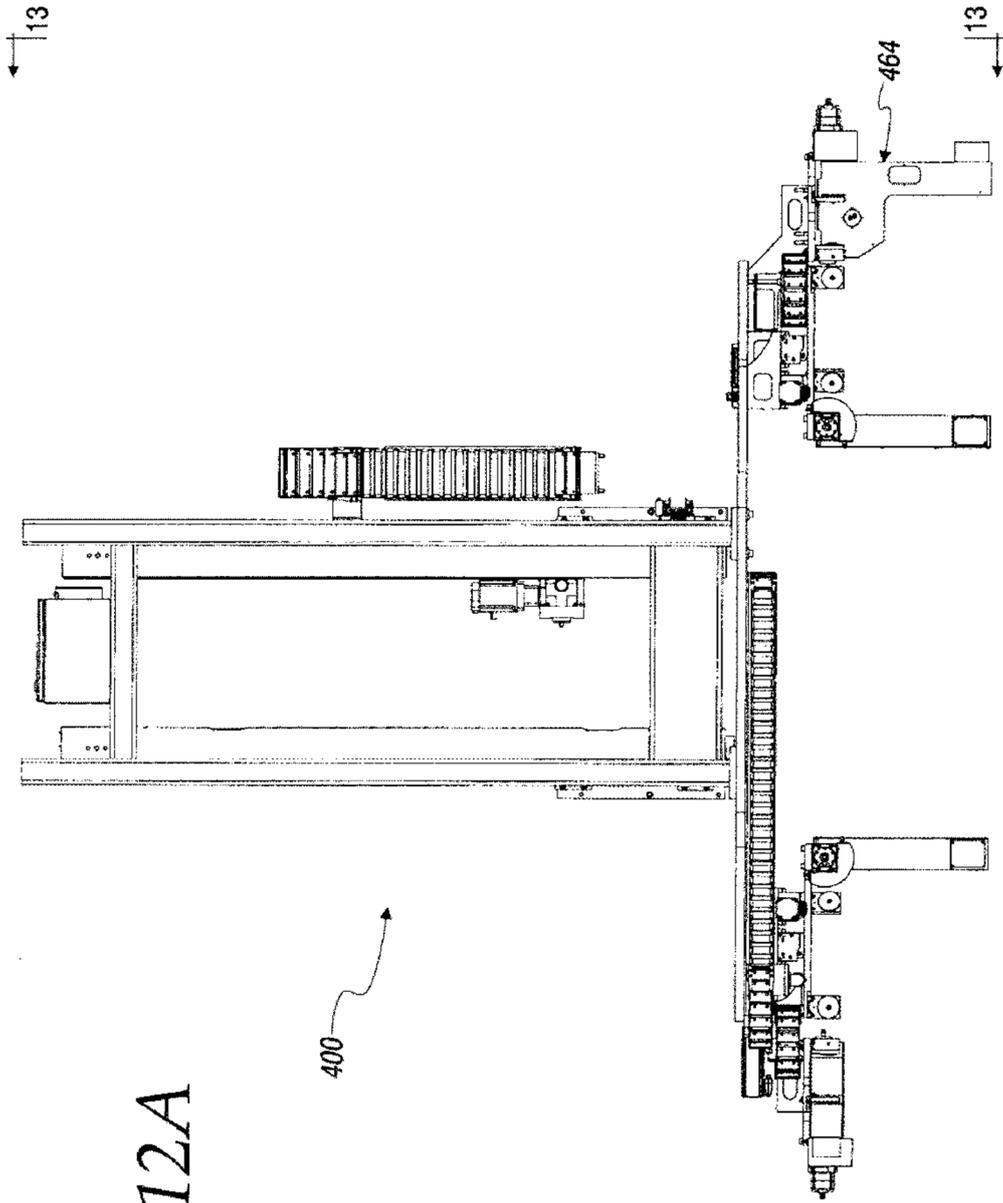


FIG. 12A

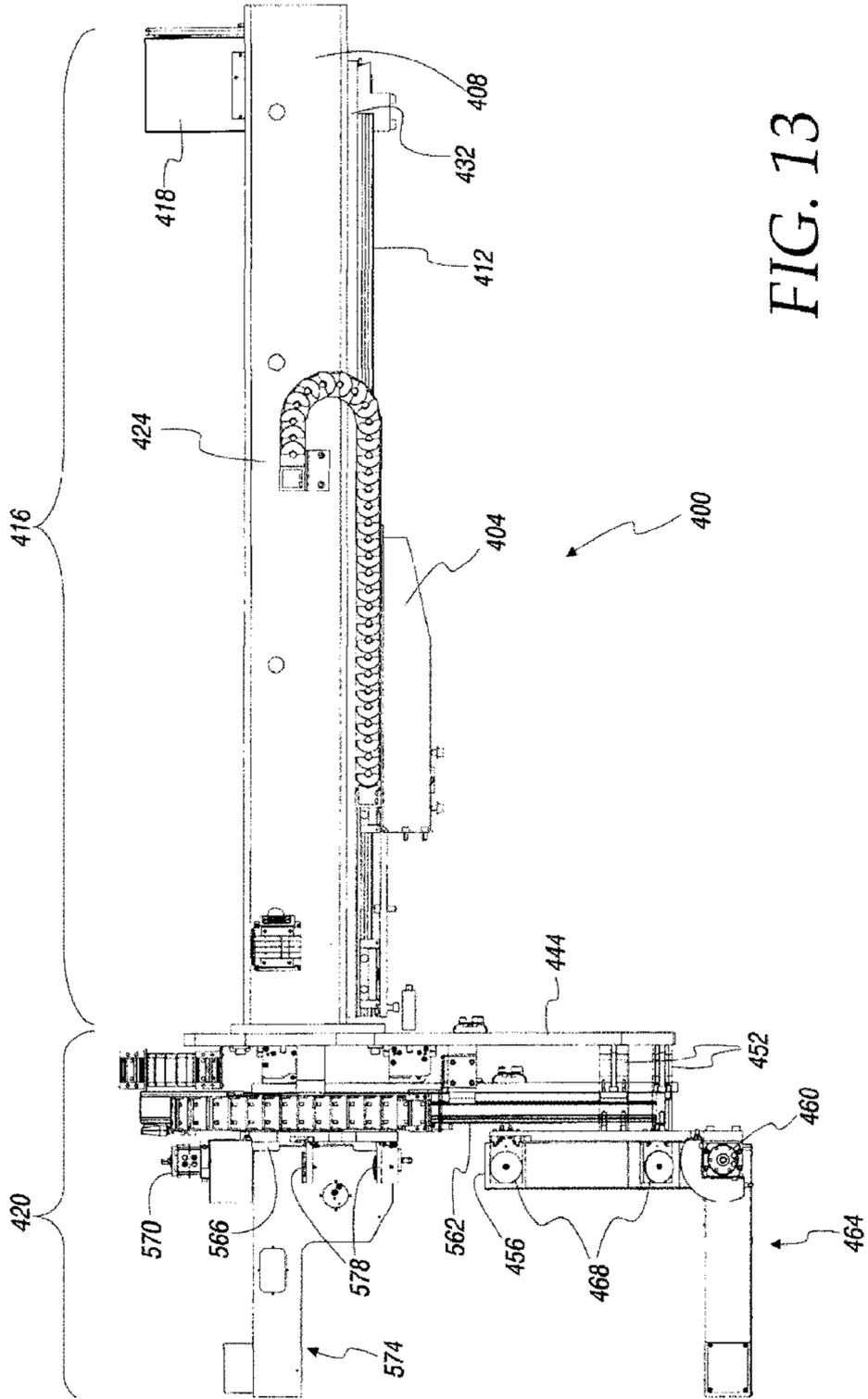


FIG. 13

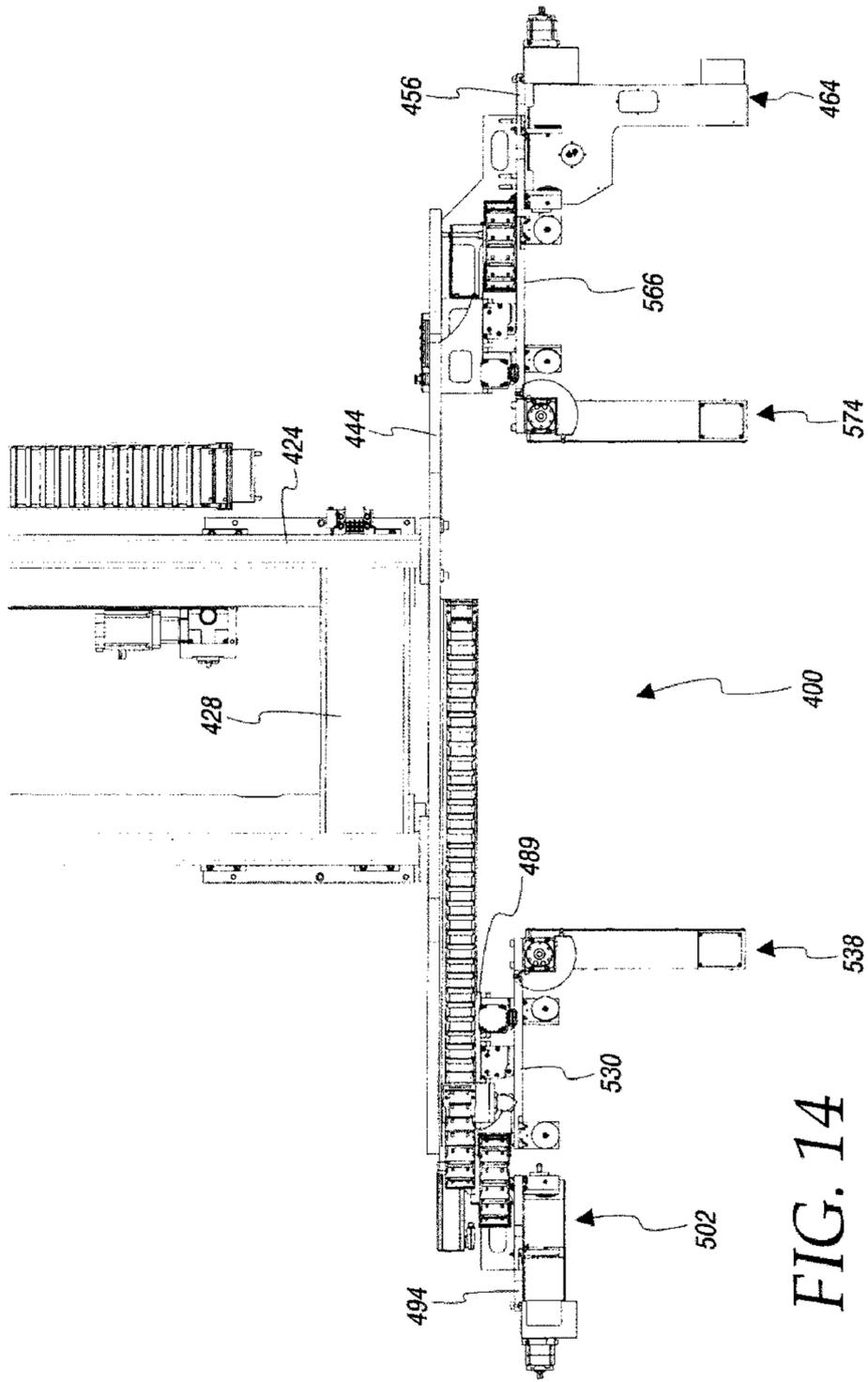
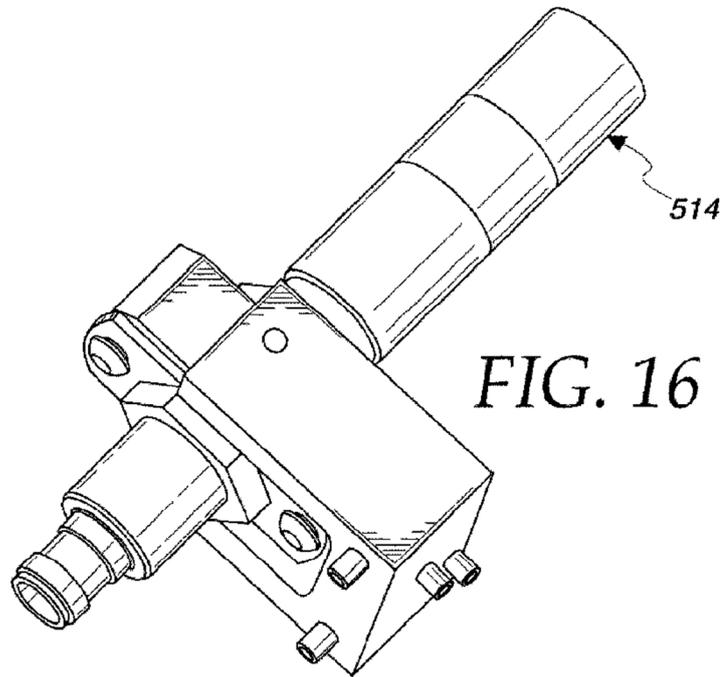
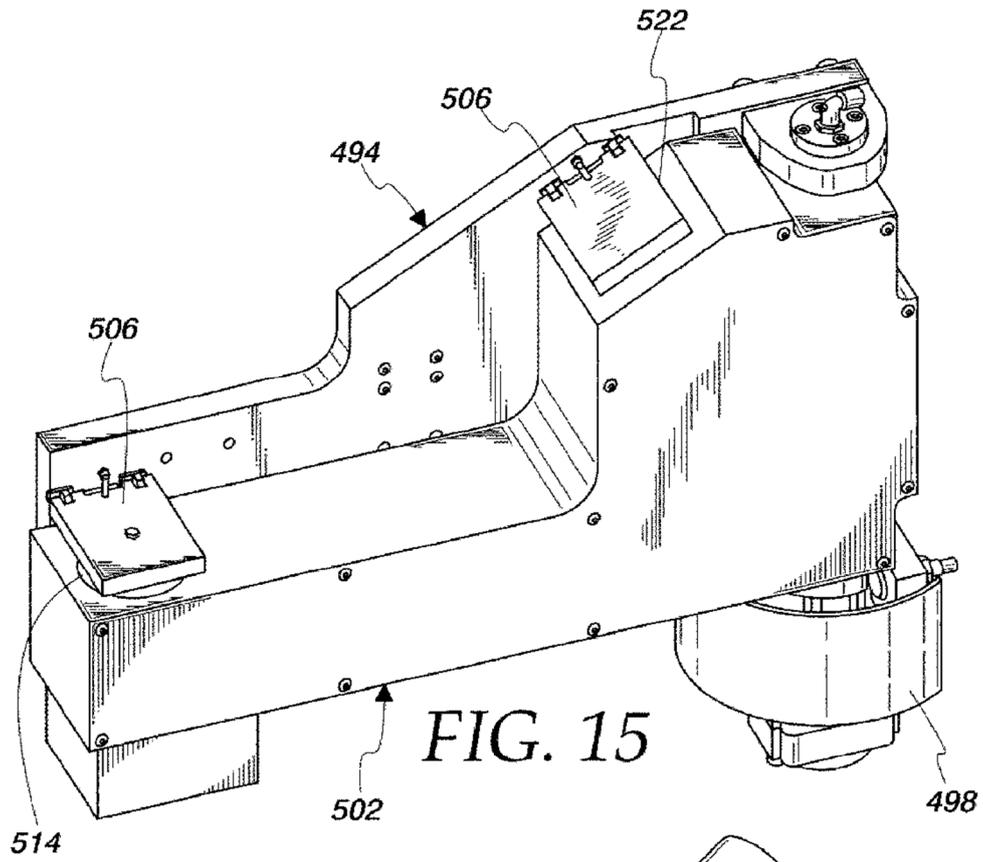
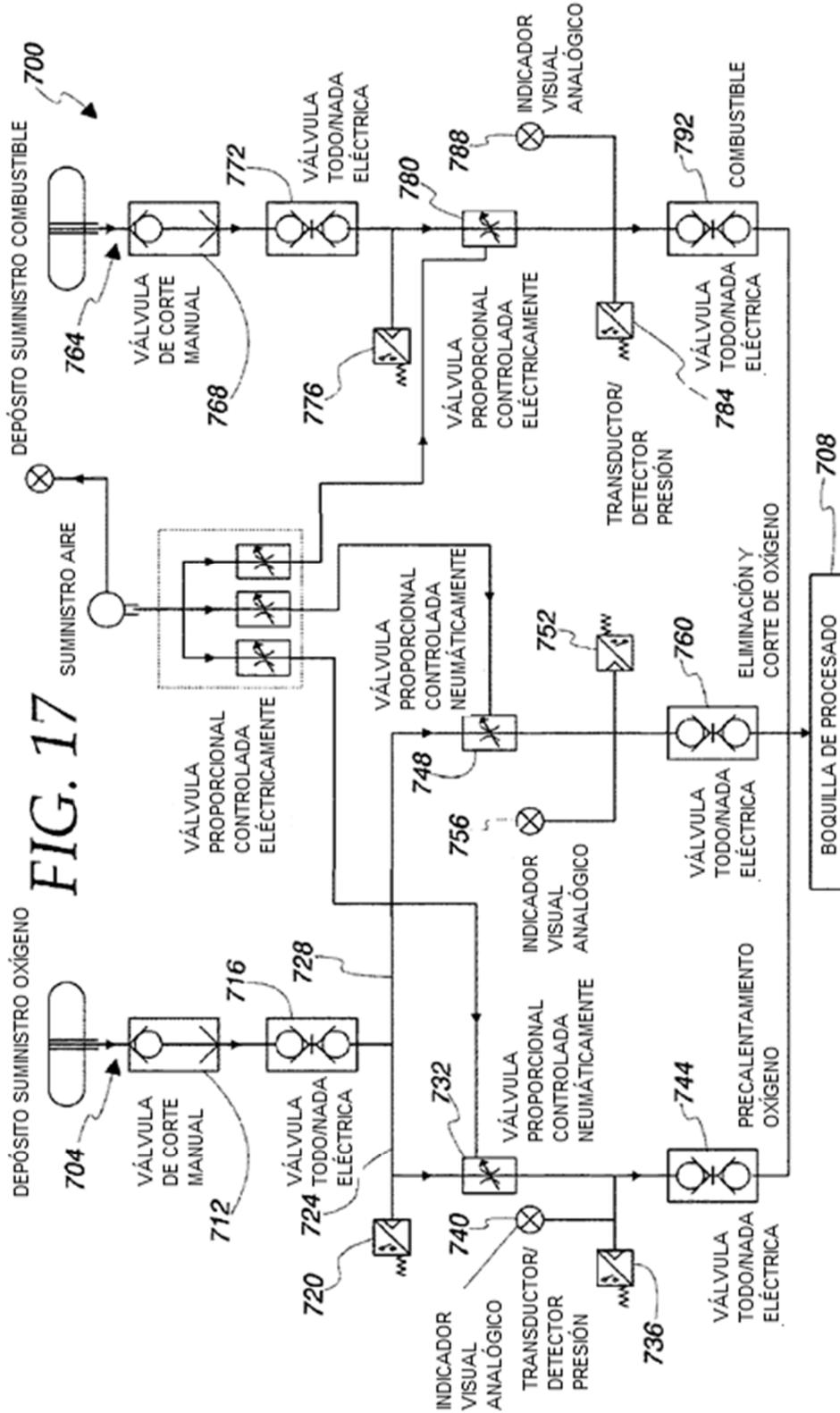


FIG. 14





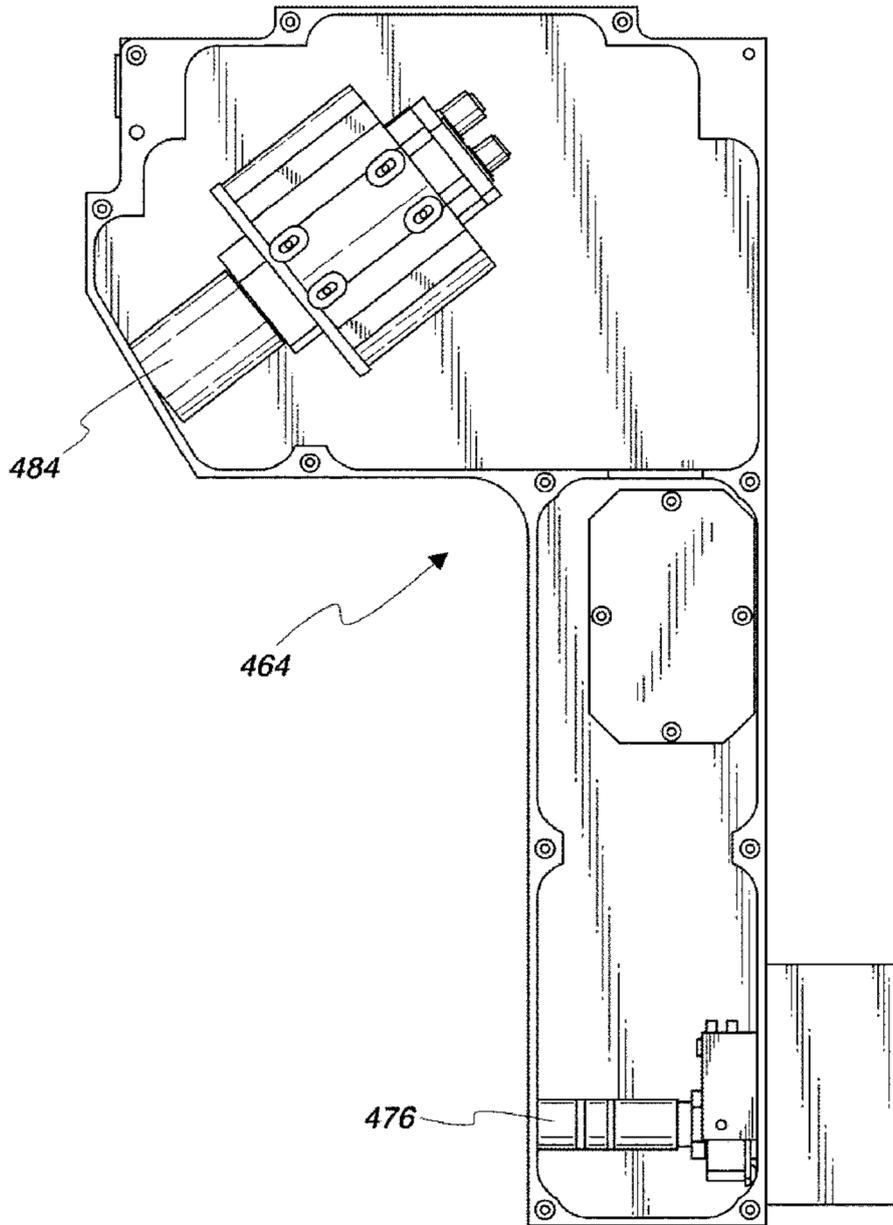


FIG. 18

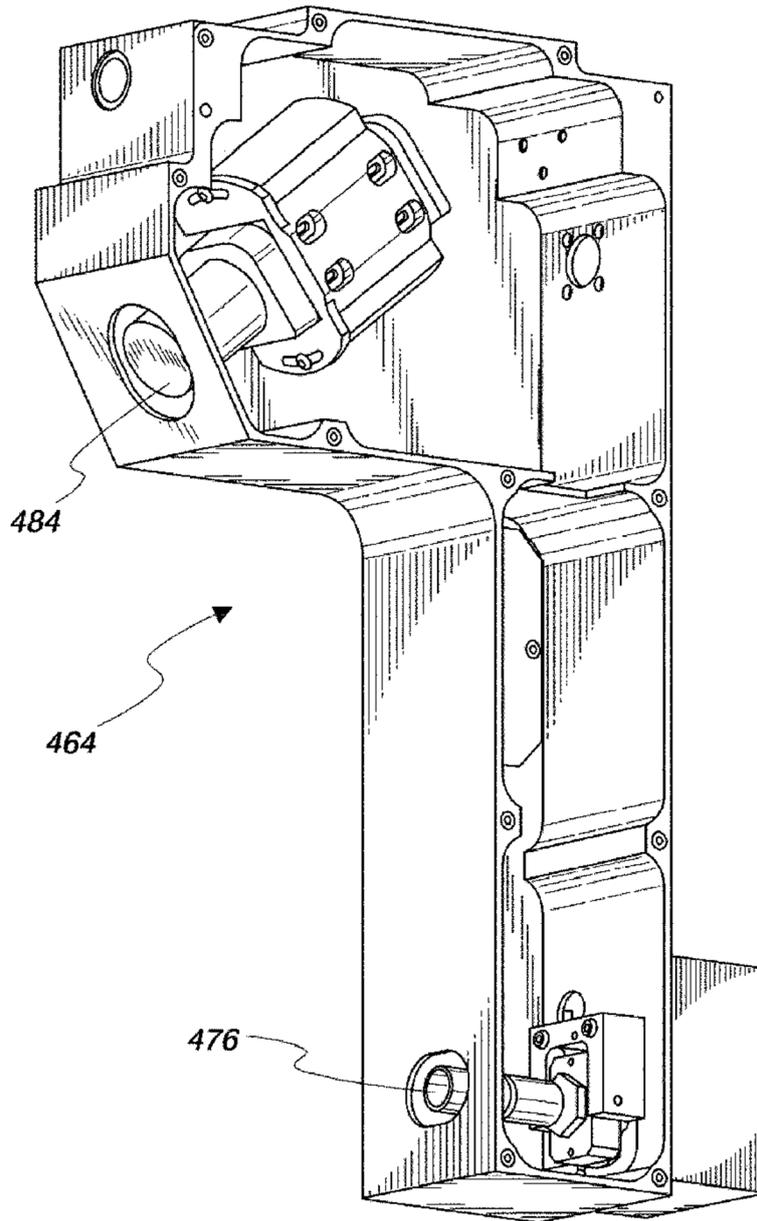


FIG. 19

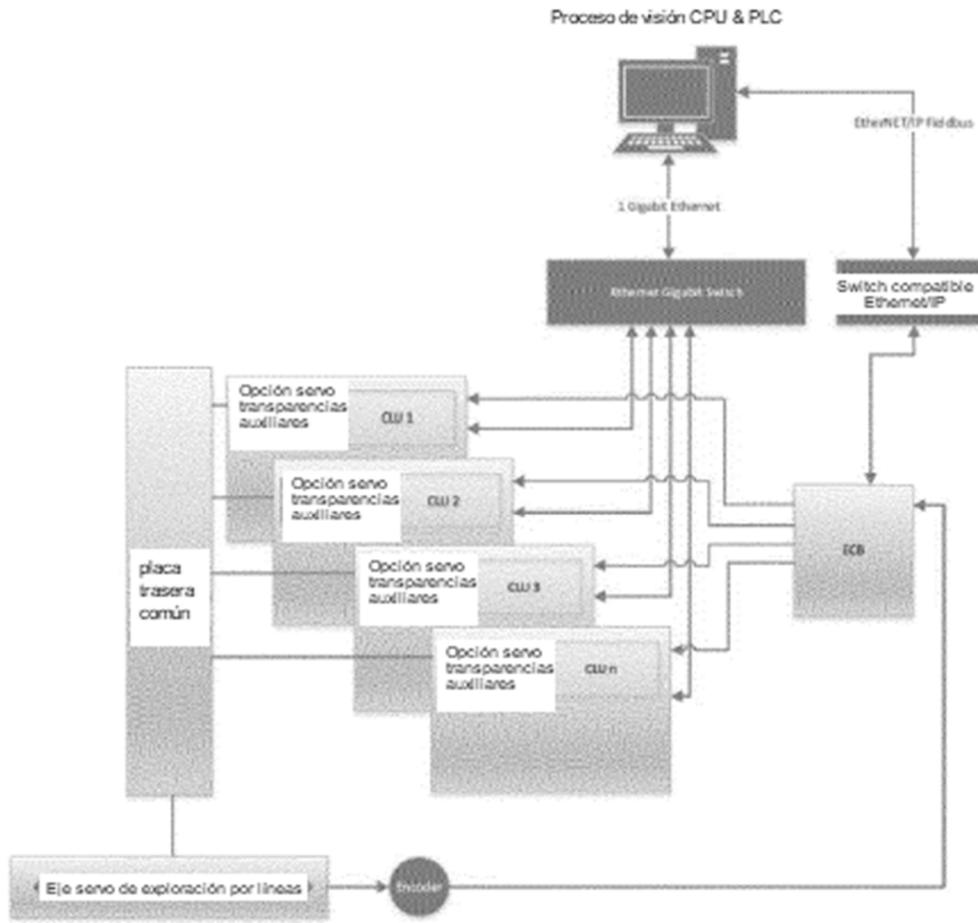


FIG. 20

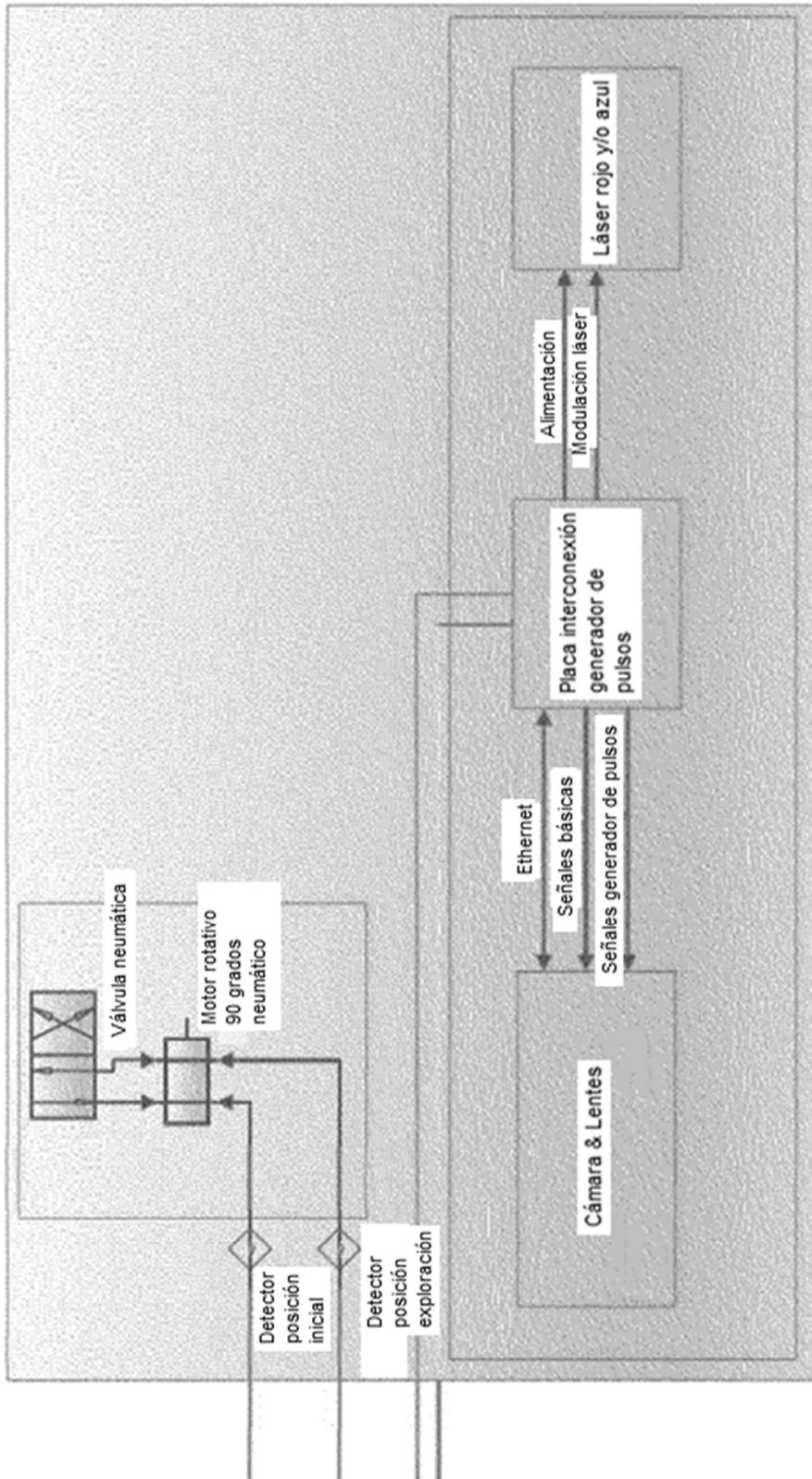


FIG. 21

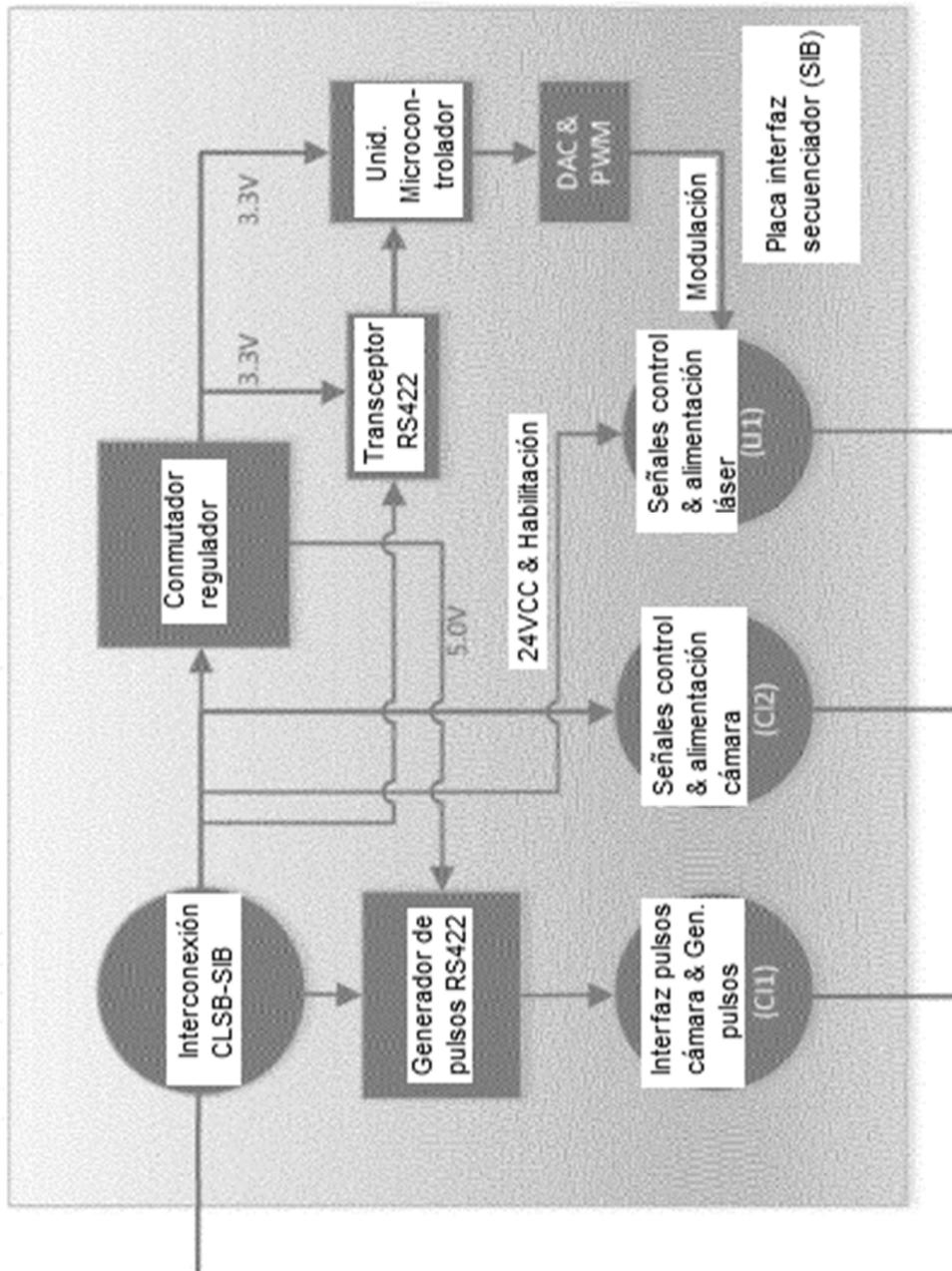


FIG. 22

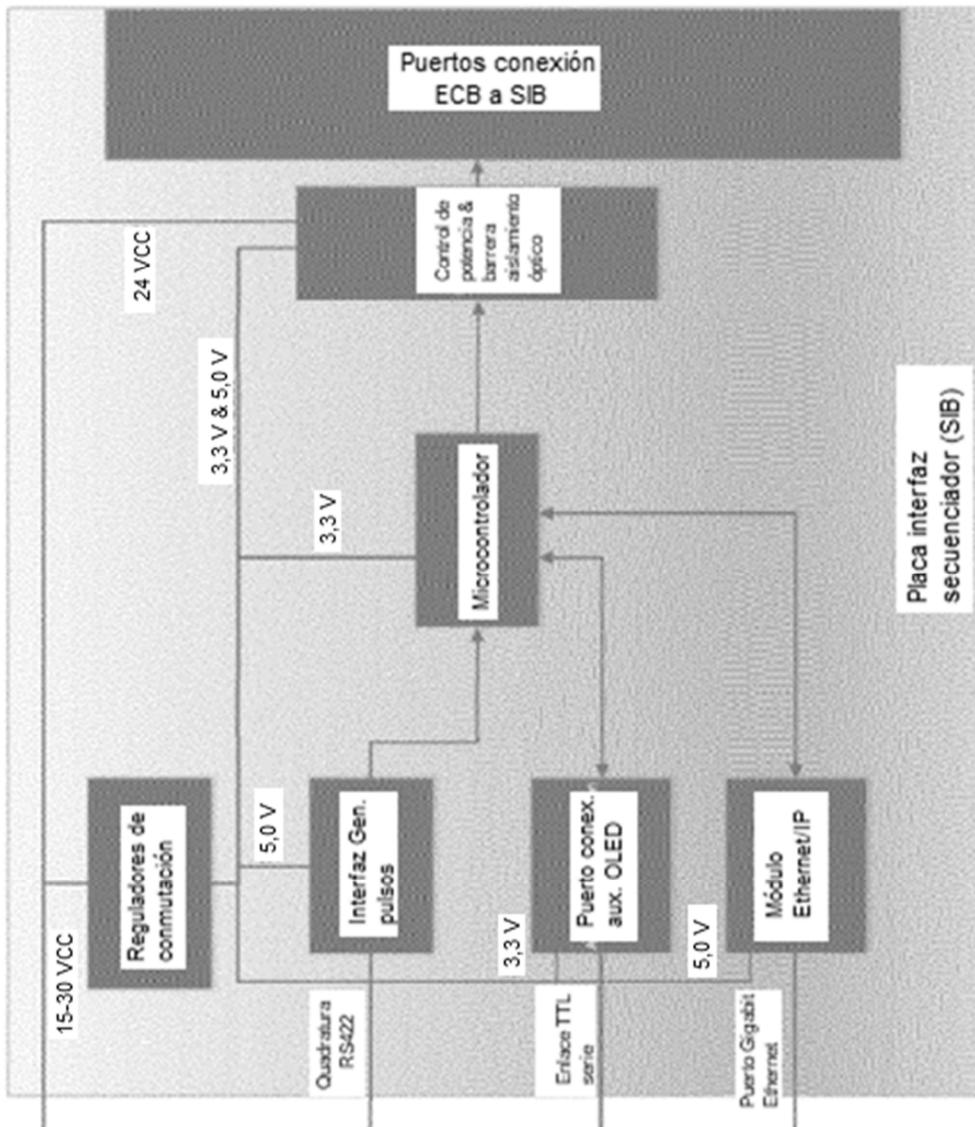


FIG. 23

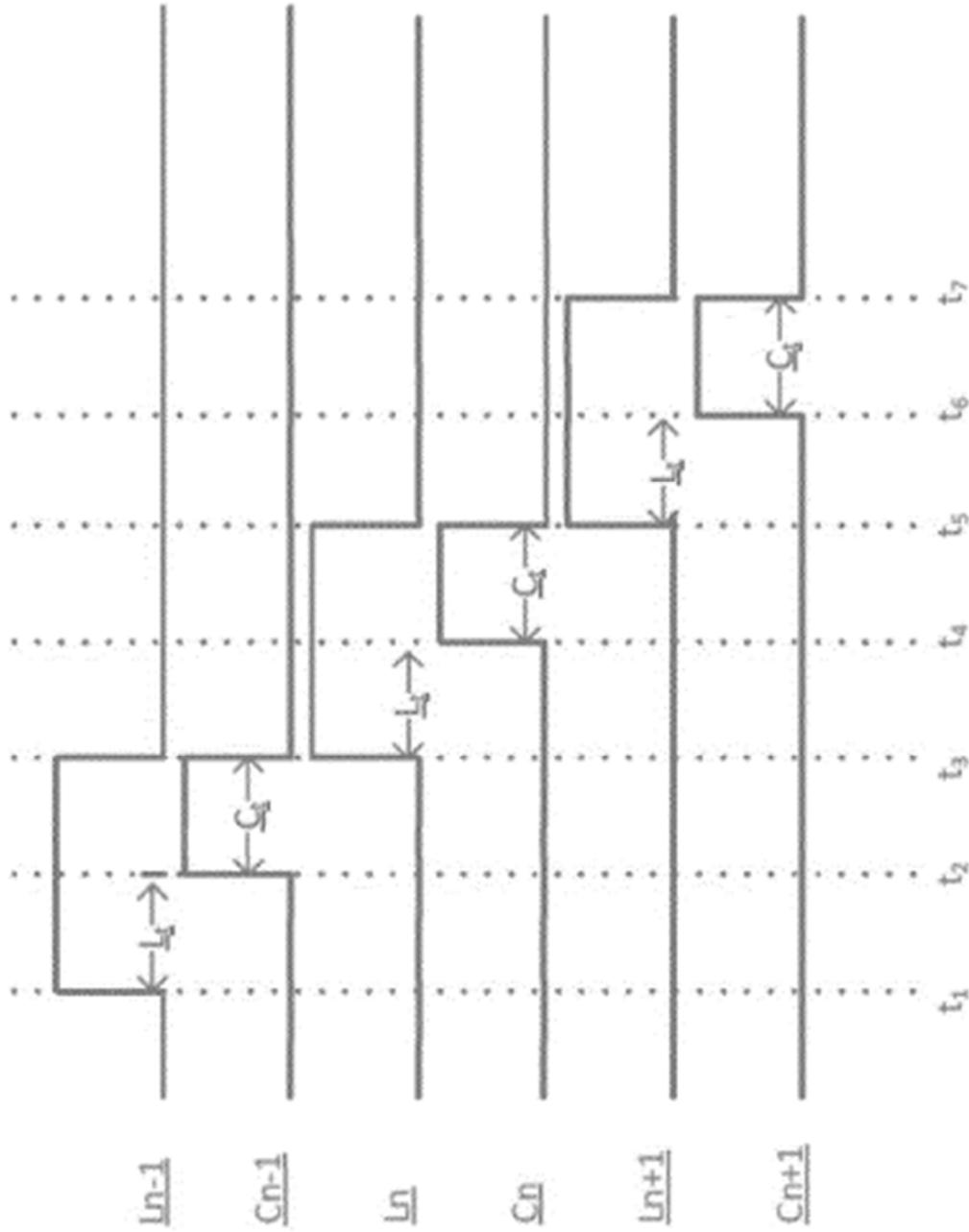


FIG. 24

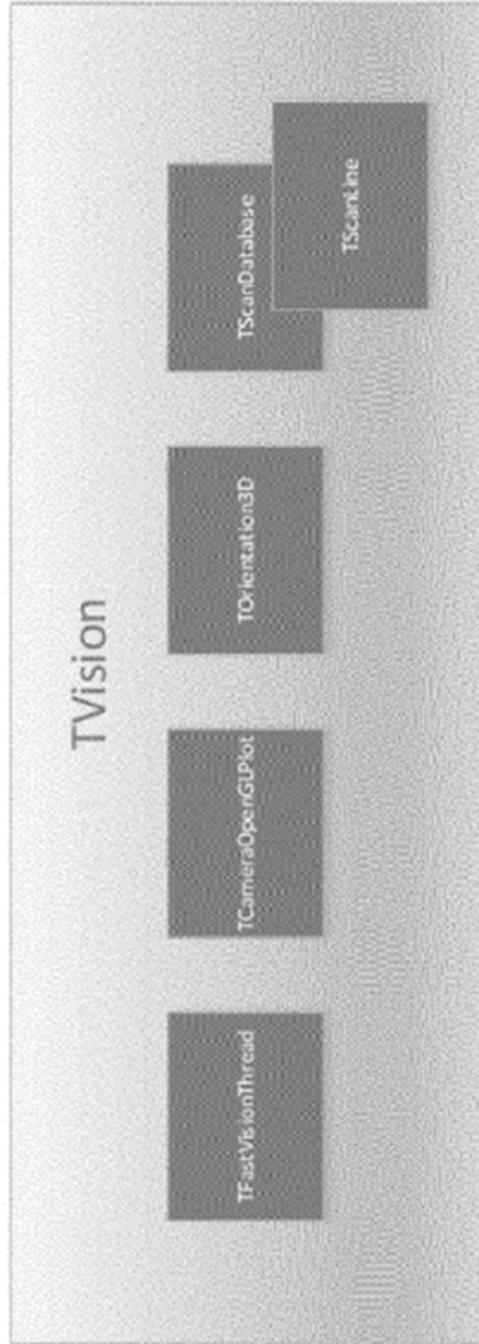


FIG. 25

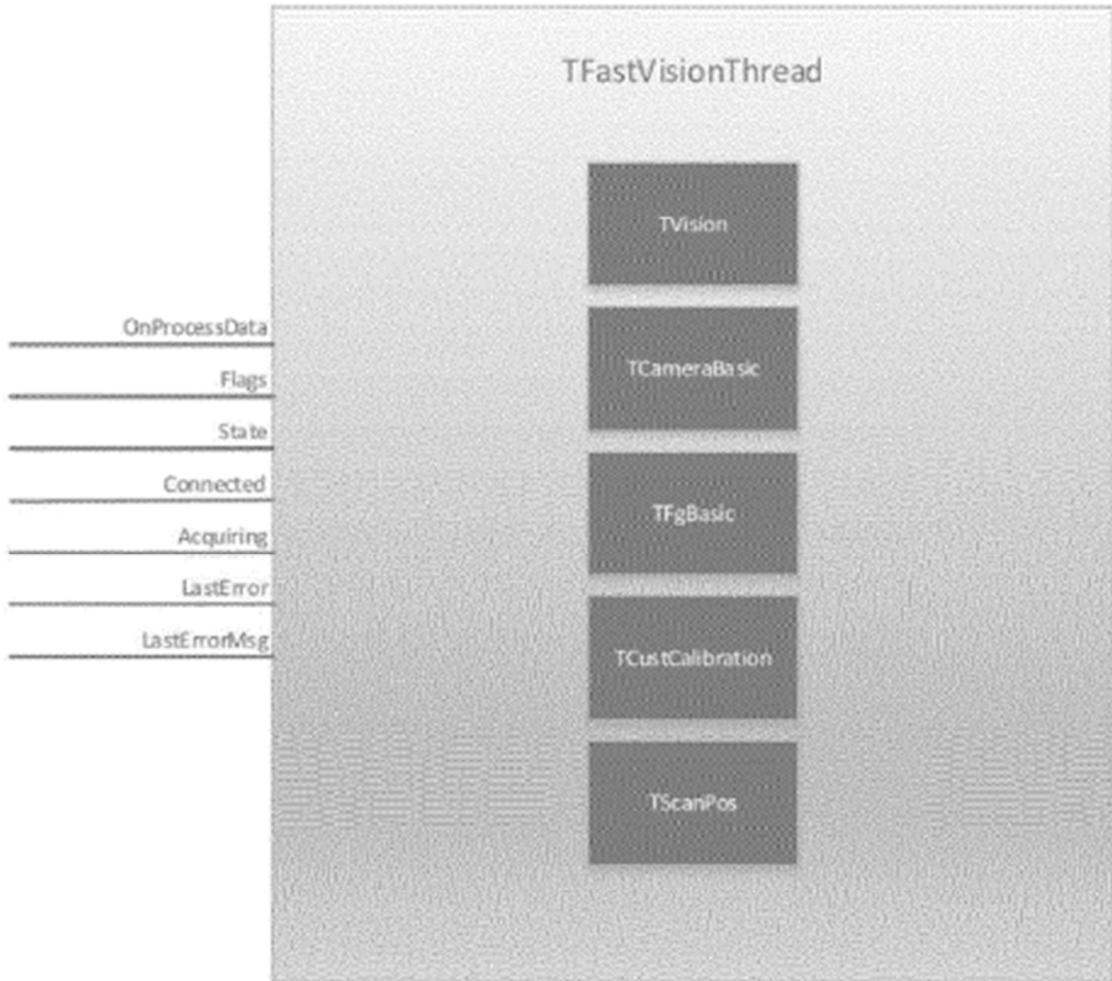
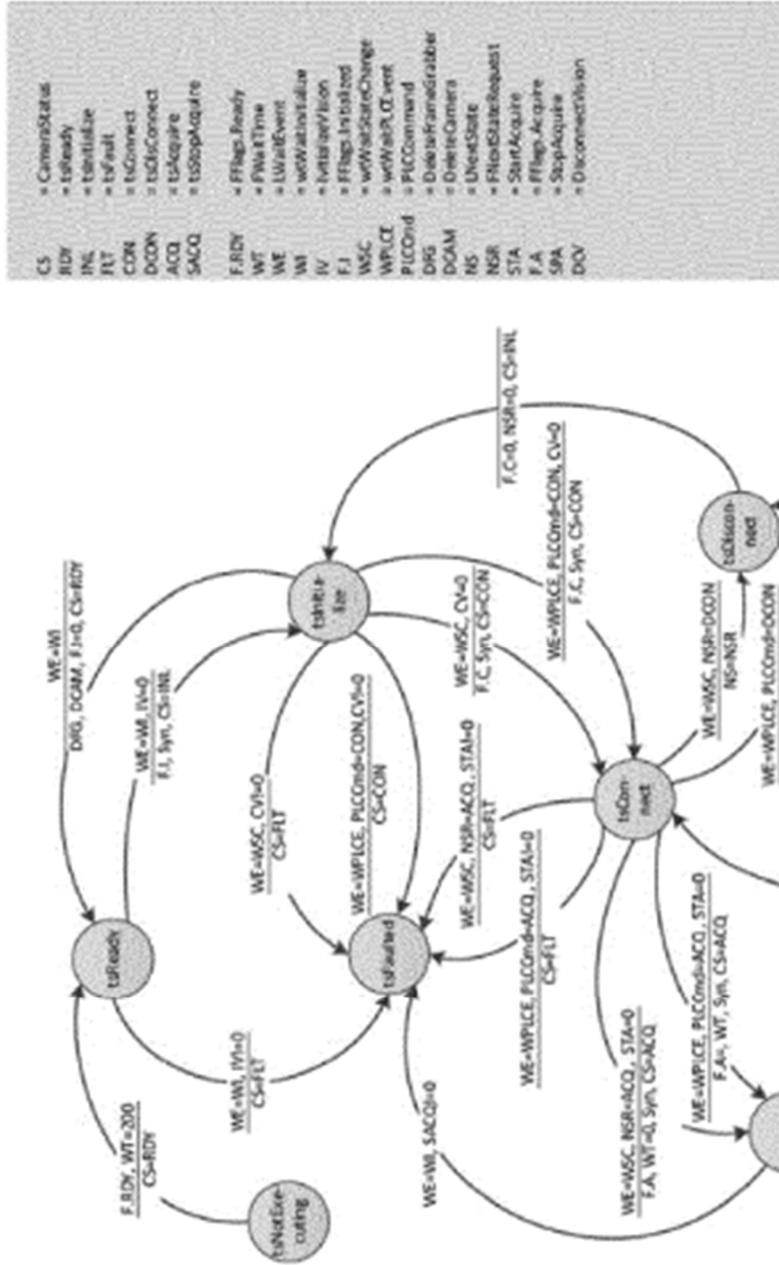


FIG. 26

Máquina de estado
TFastVisionThread



- CS = CamerStatus
- RDY = tsReady
- INI = tsInitialize
- FLT = tsFault
- CON = tsConnect
- DOON = tsDisConnect
- ACQ = tsAcquire
- SACQ = tsStopAcquire
- F.RDY = FFlags_Ready
- WT = FWAITTime
- WE = WWaitEvent
- WI = WWaitInitialize
- IV = WWaitInitVidion
- F.I = FFlags_Installed
- WSC = WWaitShareChange
- WPICE = WWaitPLTvent
- PLCOnd = PLCCommand
- DPS = DataFrameGrabbar
- DCAM = DriveCamera
- NS = NewState
- NSR = FilterStateRequest
- STA = StartAcquire
- F.A = FFlags_Acquire
- SPA = StopAcquire
- DOV = DisconnectVidion

FIG. 27

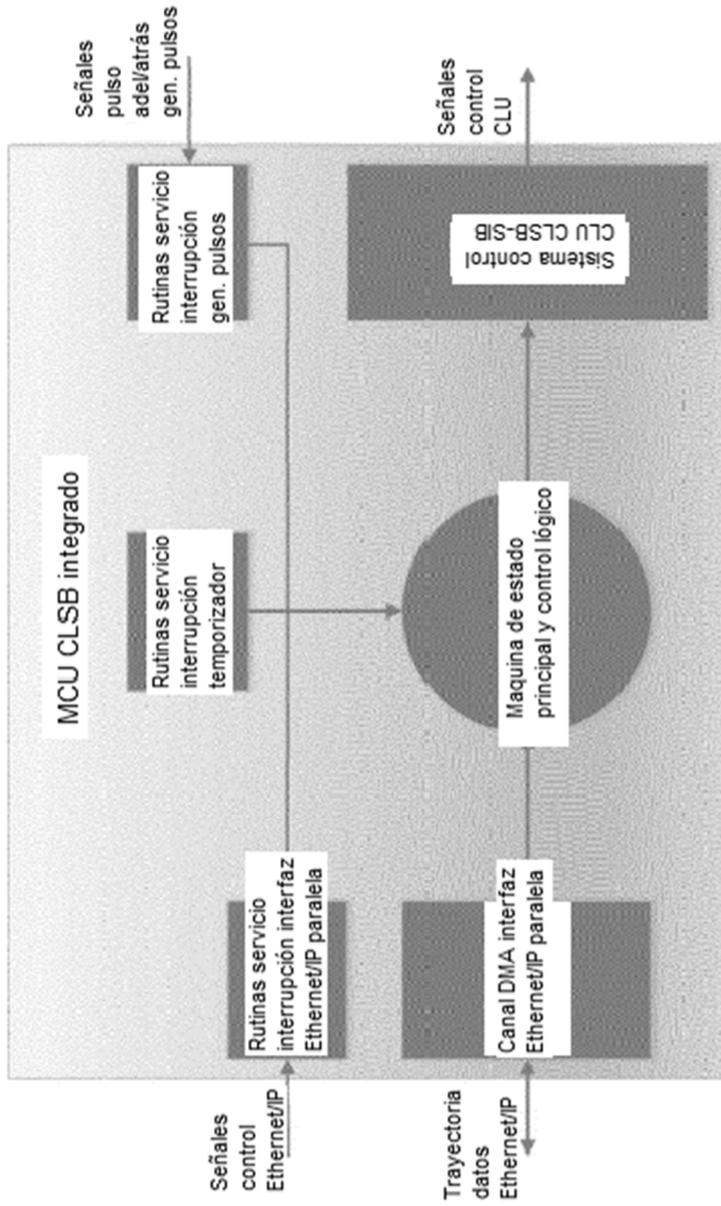


FIG. 28

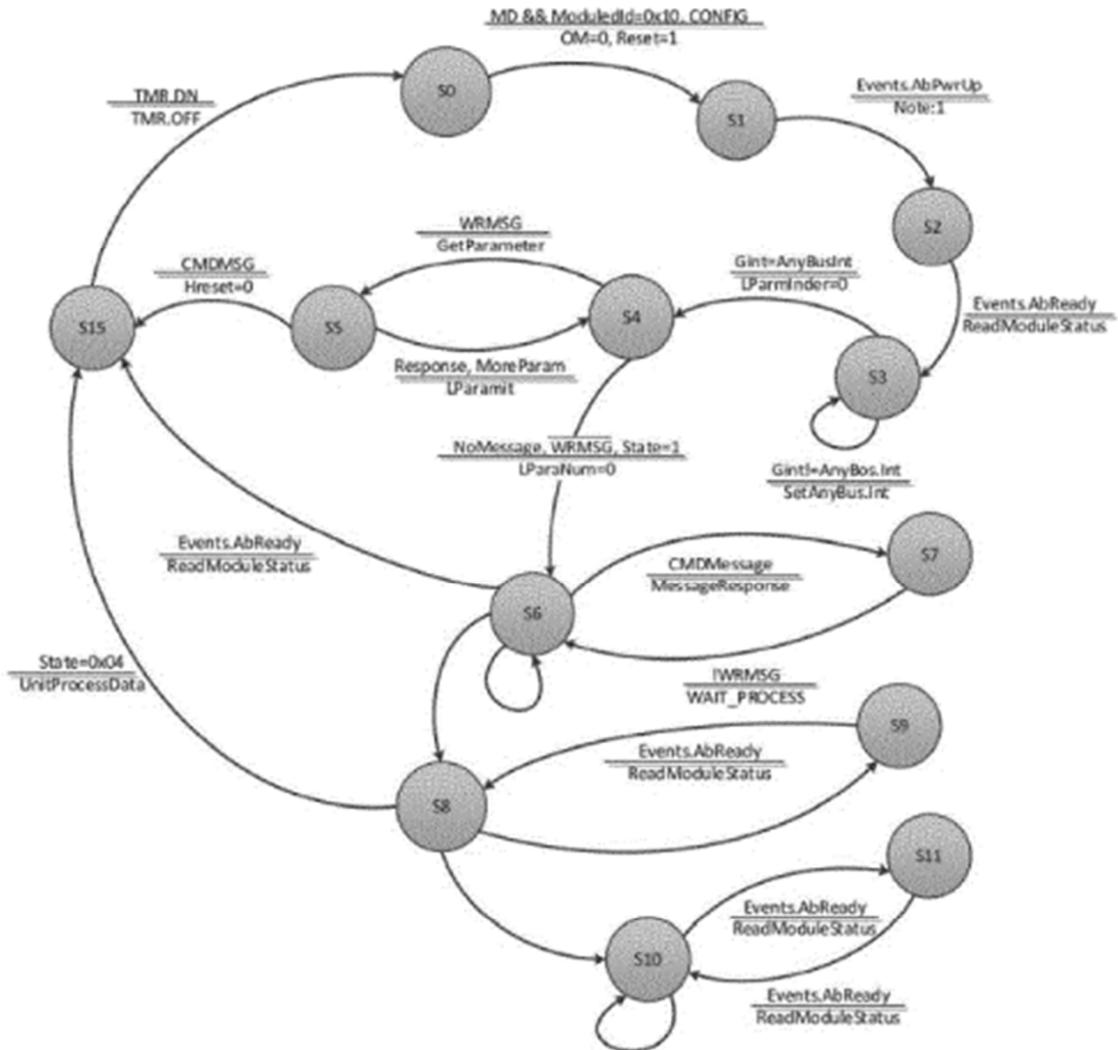


FIG. 29

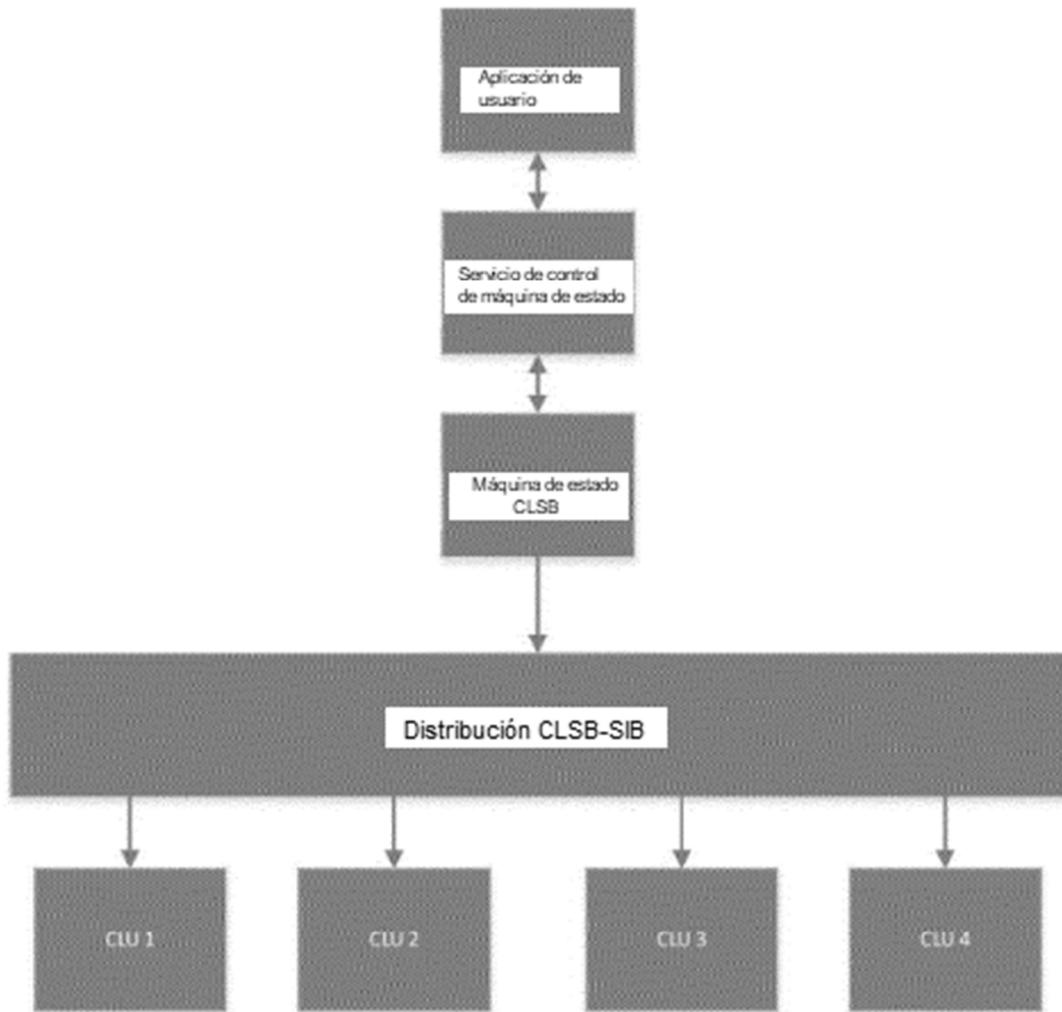


FIG. 30

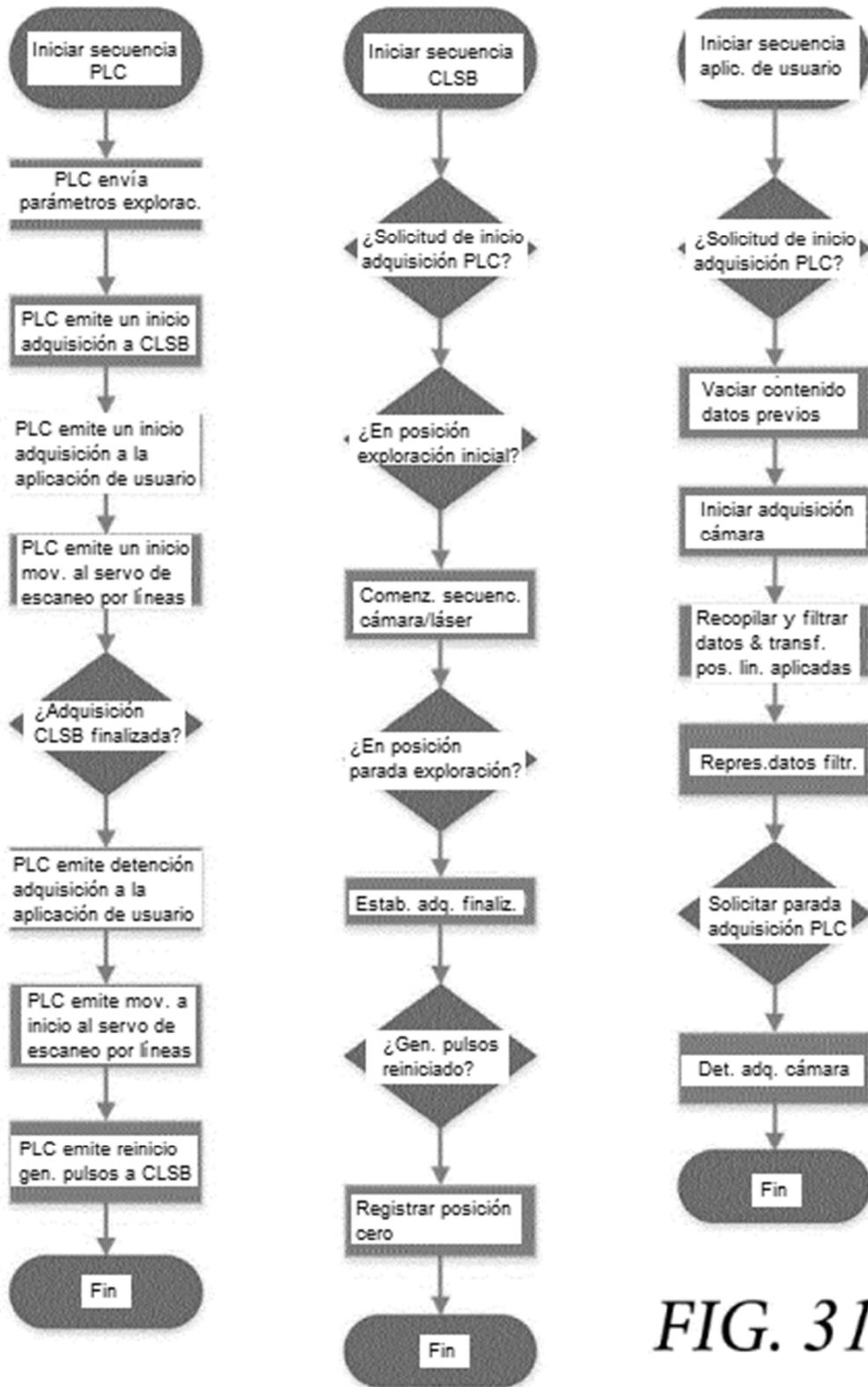
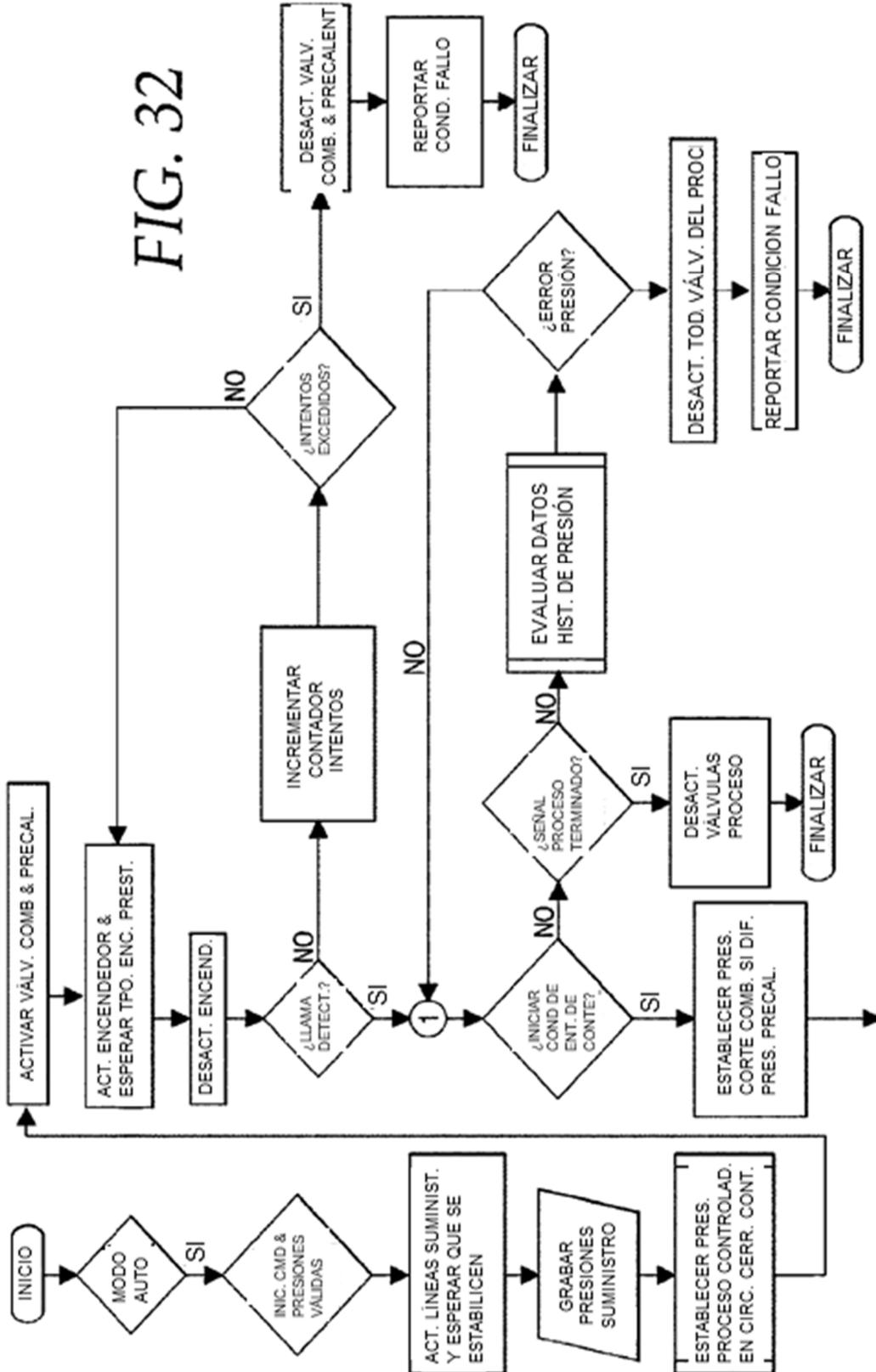


FIG. 31

FIG. 32



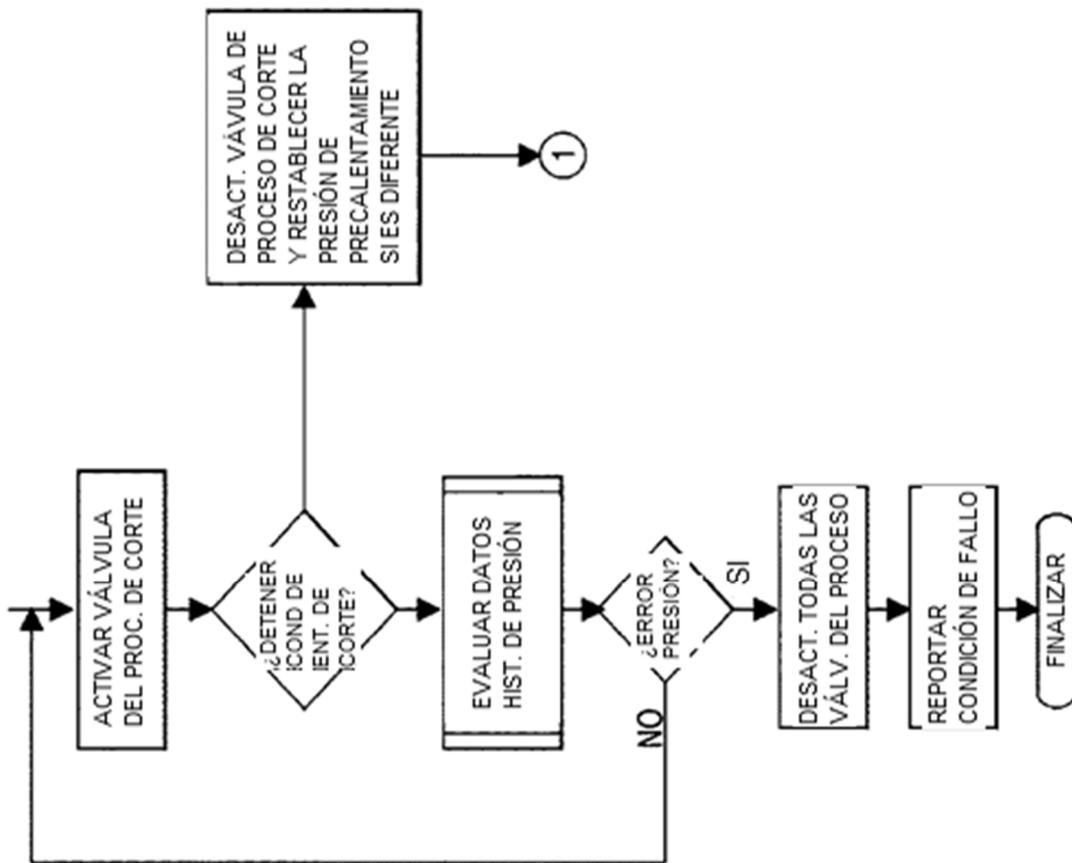


FIG. 33