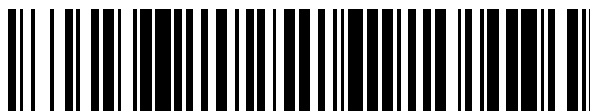


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 620 298**

51 Int. Cl.:

B25F 1/00 (2006.01)

B25H 1/00 (2006.01)

B21J 15/10 (2006.01)

B23Q 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.06.2004** **E 12189385 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.12.2016** **EP 2564988**

54 Título: **Métodos y aparatos para operaciones de fabricación**

30 Prioridad:

25.06.2003 US 606402

25.06.2003 US 606443

25.06.2003 US 606472

25.06.2003 US 606473

25.06.2003 US 606625

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.06.2017

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**BUTTRICK JR., JAMES M.;
BOYL-DAVIS, THEODORE M.;
GAGE, ROGER M.;
JONES, DARRELL D;
ARNTSON, PAUL R.;
OUTOUS, RONALD W. y
WALLACE, LYLE M.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 620 298 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

Métodos y aparatos para operaciones de fabricación

Campo de la invención

5 La presente divulgación se refiere a métodos y aparatos para operaciones de fabricación mejoradas y, más específicamente, a métodos y aparatos para realizar operaciones de fabricación asistida por contrapeso, sistemas de soporte de fuerza opuesta, sistemas de cremallera de eje neutro, sistemas de detección de posición sin contacto, y operaciones de manufactura servocontroladas.

Antecedentes de la invención

10 La fabricación de estructuras grandes puede implicar la realización de un gran número de operaciones de fabricación, tal como la perforación de un gran número de orificios en los componentes de la estructura. Las estructuras convencionales que requieren un gran número de operaciones de perforación incluyen, por ejemplo, aeronaves, misiles, barcos, vagones, edificios de chapa metálica y otras estructuras similares. En particular, los procedimientos convencionales de fabricación de aeronaves implican típicamente el taladrado de un gran número de orificios en secciones de ala de la aeronave para permitir que estas secciones se unan entre sí y con la estructura del avión con sujetadores (por ejemplo, remaches). Otros tipos de operaciones de fabricación que pueden estar implicados en la construcción de estructuras incluyen operaciones de remachado, corte, soldadura, lijado, medición e inspección.

15 Se ha desarrollado una variedad de dispositivos para facilitar las operaciones de perforación que implican la perforación de un gran número de orificios. Por ejemplo, la Patente de los Estados Unidos No. 4,850,763 concedida a Jack et al., describe un sistema de perforación que incluye un par de raíles temporalmente unidos a un fuselaje de aeronave. Un carro de soporte está acoplado de forma deslizante a los raíles y soporta un conjunto de taladro. Una plantilla unida al fuselaje de la aeronave proporciona un índice de las ubicaciones deseadas de los orificios que se van a formar en el fuselaje de la aeronave. Cuando el carro se mueve a lo largo de los raíles, un mecanismo de bloqueo (o gatillo) interactúa con la plantilla para posicionar de forma segura el carro para una operación de perforación subsiguiente.

20 Aunque se han conseguido resultados deseables usando los sistemas de perforación de la técnica anterior, se han observado algunas desventajas. Los conjuntos de taladro que se usan convencionalmente para tales operaciones pesan típicamente aproximadamente veinte libras, y pueden ser relativamente voluminosos y difíciles de manejar. Estos atributos pueden conducir a la fatiga del operador, y pueden reducir la eficiencia del proceso de fabricación. Además, el peso y el volumen del conjunto de perforación pueden hacer que el conjunto de soporte de los raíles y el carro se hundan, se tuerzan o se doblen, dependiendo de la orientación de la sección de fuselaje bajo trabajo, lo que puede dar lugar a imprecisiones o desalineación de los orificios resultantes.

25 Además, el rendimiento de los conjuntos de taladro de la técnica anterior puede reducirse cuando se trabaja en estructuras relativamente más ligeras y más flexibles. En tales casos, el empuje del taladro puede llegar a ser demasiado alto y puede causar una flexión indeseable o una deflexión estructural de la pieza de trabajo, lo que a su vez puede resultar en una calidad de orificio reducida. También, en tales estructuras flexibles relativamente ligeras, las fuerzas aplicadas por el sistema de perforación sobre la estructura pueden requerir un control cuidadoso para evitar el esfuerzo excesivo contra la estructura. Esto puede retardar la operación de fabricación y reducir el rendimiento.

30 Además, la capacidad de posicionar con precisión una herramienta de fabricación sobre una pieza de trabajo puede verse comprometida cuando la estructura está contorneada. Esto es particularmente cierto cuando la estructura es una estructura contorneada compleja que está curvada en múltiples planos de curvatura. Debido a que puede reducirse la precisión de la posición, las operaciones de fabricación en tales estructuras pueden requerir retardos incrementados debido a la necesidad de un aumento de la comprobación y ajuste de la posición de la herramienta de fabricación, y también puede requerir reparaciones adicionales y reelaboración de la pieza debido a inexactitudes en las operaciones de fabricación.

35 Los conjuntos de fabricación de la técnica anterior necesitan típicamente orientarse cuidadosamente sobre la pieza de trabajo antes de llevar a cabo las operaciones de fabricación para asegurar que las operaciones de fabricación se lleven a cabo en las ubicaciones apropiadas. Orientar los conjuntos de la técnica anterior sobre la pieza de trabajo puede requerir contactos físicos entre el carro de soporte u otras porciones del conjunto y uno o más puntos de contacto sobre la pieza de trabajo. Dichos contactos físicos pueden estar sujetos a degradación, especialmente a través del uso repetido, y también pueden afectar adversamente la calidad de algunos tipos de superficies de la pieza de trabajo.

40 Además, los conjuntos de fabricación de la técnica anterior incluyen típicamente un controlador que está situado remotamente desde el carro de soporte que soporta un conjunto de herramienta sobre la pieza de trabajo, como se describe, por ejemplo, en la Patente de los Estados Unidos No. 6,550,129 B1 concedida a Buttrick y la Patente de los Estados Unidos No. 6,073,326 concedida a Banks et al.. En estos sistemas, se transmiten señales de control para ordenar el movimiento del carro de soporte y para controlar las operaciones de fabricación utilizando el conjunto de

herramientas, a través de un sistema de cables de control que se extienden entre el controlador situado a distancia y los componentes del carro de soporte y el conjunto de herramienta. Aunque se han conseguido resultados deseables utilizando tales conjuntos de fabricación, el alcance del movimiento del carro de soporte y el funcionamiento del conjunto de herramienta pueden estar limitados por las longitudes de los cables de control o por la movilidad del controlador dentro de los confines del entorno de fabricación.

Además, las herramientas de fabricación de la técnica anterior pueden ser indeseablemente pesadas, particularmente las herramientas accionadas neumáticamente y otras herramientas montadas a partir de componentes convencionales que tienen carcasas individuales y cojinetes de soporte. Al menos algunas herramientas accionadas neumáticamente convencionales no proporcionan una capacidad de control precisa para realizar operaciones de fabricación. Algunos conjuntos neumáticos de perforación, por ejemplo, no permiten un control preciso de la velocidad de avance o de la velocidad de rotación de la broca.

El documento US 5.697.413 describe un mecanismo de accionamiento encaminador de tres ejes que comprende un bastidor de soporte; primero, un segundo y un tercer conjunto de corredera motorizados ensamblados de manera deslizable en dicho bastidor de soporte y el tercero acoplado al primero y segundo conjunto de corredera, incluyendo cada uno un carro móvil y un motor de accionamiento correspondiente; y un conjunto de corredera encaminador motorizado unido a dicho tercer carro de ensamble de corredera motorizado e incluyendo un carro móvil para recibir un encaminador.

En el documento US 5,468,099 se describe una máquina de perforación robótica de seguimiento de costura. La máquina incluye un bastidor de soporte que monta una plataforma para rotación alrededor de un eje perpendicular a los paneles a que se van a perforar. La plataforma soporta un carro para el movimiento a lo largo de un eje paralelo a la superficie de los paneles y en la dirección de la costura mientras que el carro soporta un carro interior para el movimiento a lo largo del eje perpendicular al mismo. Una cabeza de taladro está montada en el carro interior. Una serie de conjuntos de copas de vacío de altura variable soportan el bastidor de soporte y el carro interior.

El documento US 4.268.949 muestra una máquina fresadora de trazado que tiene un controlador de máquina fresadora de trazado convencional para controlar un servomovimiento de la máquina y un nuevo controlador de comando de trazado para generar automáticamente comandos de trazado para ser suministrados al controlador de la máquina fresadora de trazado con el fin de potenciar la automatización de la operación de fresado de trazado de la máquina.

El documento WO 03/049899 A2 describe una máquina perforadora de pista flexible con un par de raíles. Un carro de eje X está montado de forma deslizable sobre el raíl. Un taladro u otro dispositivo está montado en un carro del eje Y que está conectado de forma deslizable al carro del eje X.

Por las razones anteriores, existe una necesidad no satisfecha de un aparato y métodos mejorados para realizar operaciones de fabricación.

Resumen de la invención

La presente invención se refiere a métodos y aparatos para operaciones de fabricación mejoradas.

Un aparato para soportar una herramienta con respecto a una superficie de una pieza de trabajo incluye una base adaptada para ser unida a la pieza de trabajo, un soporte de herramienta acoplado a la base y un dispositivo de inclinación acoplado tanto a la base como al soporte de herramienta. El soporte de herramienta es móvil con respecto a la base a lo largo de un eje de traslación y el dispositivo de inclinación es desviado a lo largo de un eje de inclinación que está al menos parcialmente a lo largo del eje de traslación. El dispositivo de inclinación está adaptado para compensar al menos parcialmente una fuerza (por ejemplo, una fuerza de gravedad) ejercida sobre el soporte de herramienta a lo largo del eje de traslación. Como se describe con más detalle a continuación, el aparato y los métodos pueden reducir ventajosamente la cantidad de fatiga experimentada por un operador de una herramienta de fabricación y pueden mejorar la eficiencia y precisión de las operaciones de fabricación realizadas con la herramienta de fabricación.

Un aparato para soportar una herramienta de fabricación con relación a una pieza de trabajo incluye un conjunto de oruga adaptado para ser unido a la pieza de trabajo y un carro acoplado de forma móvil al conjunto de oruga. El carro incluye un soporte de herramienta adaptado para recibir y soportar una herramienta de fabricación. Un conjunto de soporte de fuerza opuesta está acoplado operativamente al carro y está adaptado para ser asegurado a la pieza de trabajo. El conjunto de soporte de fuerza opuesta contrapesa al menos parcialmente una fuerza de fabricación ejercida sobre la pieza de trabajo por la herramienta de fabricación. Pueden reducirse las deflexiones de una pieza de trabajo durante una operación de fabricación, mejorando con ello la precisión, consistencia, eficiencia y rendimiento de la operación de fabricación.

Un aparato para soportar una herramienta de fabricación con relación a una pieza de trabajo incluye un conjunto de oruga adaptado para ser fijado a la pieza de trabajo e incluyendo al menos un raíl, teniendo el raíl un eje neutro que se extiende longitudinalmente y una cremallera que se extiende a lo largo de una línea de paso que al menos aproximadamente coincide con el eje neutro que se extiende longitudinalmente. La cremallera incluye una pluralidad de aberturas en forma de cuña o una pluralidad de aberturas de forma cónica. Pueden conseguirse mejoras en el

control de posición de una herramienta de fabricación, mejorando con ello la precisión, consistencia, eficiencia y rendimiento de la operación de fabricación.

5 Un aparato para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo incluye un conjunto de oruga adaptado para ser unido a la pieza de trabajo, un conjunto de carro acoplado de forma móvil al conjunto de oruga y móvil con relación a la pieza de trabajo y un sensor de posición. El sensor de posición está acoplado operativamente al conjunto de carro e incluye un elemento sensor adaptado para estar operativamente posicionado con respecto a la pieza de trabajo. El elemento sensor está además adaptado para detectar al menos un borde de una característica de índice en la pieza de trabajo desde una distancia alejada de la característica de índice. Debido a que el elemento sensor detecta un borde de la característica de índice desde una distancia alejada de la característica de índice, el elemento sensor ventajosamente no contacta físicamente con la característica de índice, y por lo tanto puede proporcionar una fiabilidad y facilidad de mantenimiento mejoradas en comparación con sistemas de la técnica anterior.

15 Un aparato para llevar a cabo una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo incluye un conjunto de oruga adaptado para ser unido a la pieza de trabajo, un conjunto de carro acoplado de forma móvil al conjunto de oruga y móvil con relación a la pieza de trabajo y un sensor de posición acoplado operativamente al conjunto de carro. El sensor de posición incluye un elemento sensor adaptado para estar operativamente posicionado con relación a la pieza de trabajo y un circuito de detección que tiene una primera porción acoplada al elemento sensor, estando adaptada la primera porción para recibir una señal de entrada analógica y proporcionar una señal de salida analógica acondicionada en un primer nodo de salida. El circuito de detección incluye además una segunda porción acoplada a la primera porción y adaptada para recibir la señal de salida analógica acondicionada y para proporcionar una señal de salida digital en un segundo nodo de salida. De este modo, el elemento sensor proporciona ventajosamente tanto señales de salida analógicas como digitales al aparato controlador correspondiente, mejorando así la versatilidad y precisión del sistema de fabricación.

25 Un aparato para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo incluye un conjunto de oruga adaptado para ser unido a la pieza de trabajo, un conjunto de carro acoplado de forma móvil al conjunto de oruga y que incluye un conjunto de accionamiento operable para trasladar el conjunto de carro a lo largo del conjunto de oruga, montado en el conjunto de carro y acoplado operativamente al conjunto de accionamiento. El controlador está adaptado para transmitir señales de control al conjunto de accionamiento para controlar el movimiento del conjunto de carro sobre la pieza de trabajo. Debido a que el controlador está montado en el conjunto de carro, el conjunto de carro puede funcionar de manera autónoma para realizar operaciones de fabricación sobre la pieza de trabajo, y la cantidad de equipo de soporte puede reducirse.

35 En una realización de la invención, un aparato para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo incluye un miembro de base, una plataforma de accionamiento separada del elemento de base por una distancia de separación y una pluralidad de elementos de guía que se extienden entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base. Al menos una de la plataforma de accionamiento y del miembro de base son móviles a lo largo de los miembros de guía para aumentar o disminuir la distancia de separación. El aparato también incluye un elemento de accionamiento acoplado operativamente entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base, y un servomotor acoplado operativamente al elemento de accionamiento. Un conjunto de herramientas está acoplado a la plataforma de accionamiento. La plataforma de accionamiento incluye una primera porción anular y el miembro de base incluye una segunda porción anular, estando alineadas la primera y segunda porciones anulares a lo largo de un eje y la pluralidad de elementos de guía y el al menos un elemento de accionamiento estando espaciado concéntricamente alrededor de la primera y segunda porción anular, y en el que el conjunto de herramienta se extiende a través de la primera y segunda porciones anulares a lo largo del eje. A medida que el servomotor acciona el elemento de accionamiento, se varía la distancia de separación. En una realización alternativa, una herramienta de fabricación puede estar acoplada a al menos uno de la plataforma de accionamiento y el miembro de base, y cuando el motor acciona el elemento de accionamiento, la herramienta de fabricación se acopla con la pieza de trabajo. De nuevo, tal como se describe con más detalle a continuación, el aparato y los métodos de acuerdo con la presente invención pueden mejorar ventajosamente la precisión, la eficiencia y el rendimiento de las operaciones de fabricación sobre una pieza de trabajo.

50 Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones preferidas y alternativas de la presente invención se describen con detalle a continuación con referencia a los siguientes dibujos.

La figura 1 es una vista isométrica de un conjunto de soporte para realizar operaciones de fabricación sobre una pieza de trabajo de acuerdo con una realización de la invención;

55 La figura 2 es una vista isométrica del conjunto de soporte de la figura 1 acoplado con un conjunto de taladro de acuerdo con una realización de la invención;

La figura 3 es una vista en alzado lateral del conjunto de soporte y del conjunto de taladro de la figura 2;

La figura 4 es una vista isométrica de un conjunto de carro que está acoplado con el conjunto de oruga de la figura 1;

- La figura 5 es una vista isométrica del conjunto de carro que está asegurado al conjunto de oruga de la figura 1;
- La figura 6 es una vista isométrica del conjunto de contrapeso de la figura 1 en una primera posición de empuje;
- La figura 7 es una vista isométrica del conjunto de contrapeso de la figura 1 en una segunda posición de empuje;
- 5 La figura 8 es una vista isométrica de un conjunto de taladro que está acoplado con el conjunto de contrapeso de la figura 1;
- La figura 9 es una vista isométrica de una realización alternativa de un conjunto de oruga y un conjunto de carro para uso con un conjunto de soporte de acuerdo con otra realización de la invención;
- La figura 10 es una vista superior isométrica parcial ampliada del conjunto de oruga y una porción del conjunto de carro de la figura 9;
- 10 La figura 11 es una vista inferior isométrica parcial ampliada del conjunto de oruga y una porción del conjunto de carro de la figura 9;
- La figura 12 es una vista isométrica de un conjunto de fabricación para realizar operaciones de fabricación sobre una pieza de trabajo de acuerdo con otra realización más de la invención;
- 15 La figura 13 es una vista isométrica del conjunto de fabricación de la figura 12 acoplado con una pieza de trabajo contorneada de acuerdo con una realización alternativa de la invención;
- La figura 14 es una vista isométrica frontal de un conjunto de fabricación que tiene un conjunto de soporte de fuerza opuesta para realizar operaciones de fabricación sobre una pieza de trabajo de acuerdo con una realización de la invención;
- La figura 15 es una vista isométrica posterior del conjunto de fabricación de la figura 14;
- 20 La figura 16 es una vista isométrica inferior del conjunto de fabricación de la figura 14;
- La figura 17 es una vista isométrica frontal ampliada del conjunto de soporte de fuerza opuesta del conjunto de fabricación de la figura 14;
- La figura 18 es una vista isométrica posterior ampliada del conjunto de soporte de fuerza opuesta del conjunto de fabricación de la figura 14;
- 25 La figura 19 es una vista isométrica superior agrandada de un primer engranaje de accionamiento acoplado con la cremallera formado integralmente del raíl de la figura 14;
- La figura 20 es una vista isométrica parcial ampliada de un raíl del conjunto de oruga de la figura 14;
- La figura 21 es una vista parcial, en alzado superior, ampliada del raíl de la figura 14;
- 30 La figura 22 es una vista en sección transversal lateral ampliada de una porción del raíl tomada a lo largo de la línea A-A de la figura 21;
- La figura 23 es una vista en alzado frontal de un conjunto de fabricación que tiene un conjunto de sensor de posición de acuerdo con una realización de la invención;
- La figura 24 es una vista isométrica superior de un conjunto de oruga y un conjunto de carro del conjunto de fabricación de la figura 23;
- 35 La figura 25 es una vista isométrica parcial ampliada de un conjunto de sensor y de control del conjunto de fabricación de la figura 23;
- La figura 26 es una vista isométrica lateral de un sensor del conjunto de sensor de la figura 25;
- La figura 27 es una vista isométrica inferior del sensor de la figura 26;
- 40 La figura 28 es un diagrama de flujo de un método de determinación de posición de acuerdo con una realización de la invención;
- La figura 29 es una representación esquemática del método de determinación de posición de la figura 28;
- La figura 30 es un gráfico de un nivel de señal representativo de un barrido de sensor utilizado para detectar una posición de una característica de índice de acuerdo con una realización de la invención;
- 45 La figura 31 es un circuito de control para realizar una determinación de posición de acuerdo con otra realización alternativa de la invención;

La figura 32 es una representación esquemática de un conjunto de fabricación según otra realización de la invención;

La figura 33 es una vista en alzado frontal ampliada de un conjunto de herramienta servocontrolado del conjunto de fabricación de la figura 24;

5 La figura 34 es una vista en alzado superior parcialmente expuesta del conjunto de herramientas servocontrolado de la figura 33; y

La figura 35 es una vista en alzado lateral del conjunto de herramientas servocontrolado de la figura 33.

Descripción detallada de la invención

10 La presente invención se refiere a métodos y aparatos para operaciones de fabricación mejoradas y, más específicamente, a métodos y aparatos para realizar operaciones de perforación contrapesadas en secciones de fuselaje de aeronaves. Muchos detalles específicos de ciertas realizaciones de la invención se exponen en la siguiente descripción y en las figuras 1-35 para proporcionar una comprensión completa de tales realizaciones. Sin embargo, un experto en la técnica entenderá que la presente invención puede tener realizaciones adicionales, o que la presente invención se puede poner en práctica sin varios de los detalles descritos en la siguiente descripción.

Operaciones de manufactura asistidas por contrapeso

15 La figura 1 es una vista isométrica de un conjunto 100 de soporte para realizar operaciones de fabricación sobre una pieza 102 de trabajo de acuerdo con una realización de la invención. En esta realización, el conjunto 100 de soporte incluye un conjunto 110 de oruga alargado acoplable a la pieza 102 de trabajo, un conjunto 120 de carro acoplado de forma móvil al conjunto 110 de oruga y un conjunto 130 de contrapeso acoplado al conjunto 120 de carro. Como se describe más completamente a continuación, debido a que el conjunto 100 de soporte que tiene el conjunto 130 de contrapeso puede reducir ventajosamente las cargas soportadas por un operador 104 (parcialmente visible) durante una operación de fabricación, el conjunto 100 de soporte puede reducir la fatiga del operador y puede mejorar la eficiencia y calidad de la operación de fabricación.

20 Como se muestra en la figura 1, el conjunto 110 de oruga incluye una viga 112 equipada con una pluralidad de conjuntos 114 de copa de vacío. Los conjuntos 114 de copa de vacío están acoplados de manera fluida a una línea 116 de vacío que conduce a una fuente 118 de vacío, tal como una bomba de vacío o similar. Una válvula 115 de control de vacío está acoplada entre la línea 116 de vacío y conjuntos 114 de copa de vacío y permite que el vacío se pueda retirar o aplicar de forma controlada a los conjuntos 114 de copa de vacío durante, por ejemplo, montaje y extracción del conjunto 110 de oruga hacia y desde la pieza 102 de trabajo. Los conjuntos 114 de copa de vacío son de construcción conocida y pueden ser del tipo descrito, por ejemplo, en la Patente de los Estados Unidos No. 6,467,385 B1 concedida a Buttrick et al., o la Patente de los Estados Unidos No. 6,210,084 B1 concedida a Banks et al. En realizaciones alternativas, los conjuntos 114 de copa de vacío pueden ser reemplazados por otros tipos de conjuntos de fijación, que incluyen conjuntos de fijación magnéticos, pernos u otros elementos de fijación roscados, o cualquier otro conjunto de fijación adecuado. En algunas realizaciones, la viga 112 del conjunto 110 de oruga puede ser relativamente rígida e inflexible, y en otras realizaciones, la viga 112 puede ser una viga flexible o parcialmente flexible que puede doblarse y retorcerse para ajustarse a los contornos de superficie de la pieza 102 de trabajo, como se describe con mayor detalle a continuación

30 El conjunto 120 de carro mostrado en la figura 1 incluye un miembro 122 de base que tiene una pluralidad de cojinetes 124 de carro que se acoplan de forma rotatoria a los bordes 113a, 113b superior e inferior de la viga 112. Así, el conjunto 120 de carro puede trasladarse hacia atrás y hacia adelante a lo largo de la longitud de la viga 112 a lo largo de un eje x. En realizaciones alternativas, los cojinetes 124 de carro pueden ser reemplazados por rodillos, engranajes, elementos deslizantes, ruedas de goma u otros dispositivos de acoplamiento adecuados. En una realización particular, los cojinetes 124 de carro pueden ser reemplazados por piñones que se acoplan con una parte de cremallera dentada (por ejemplo, situada en el borde 113a superior) de la viga 112. El conjunto 120 de carro incluye además un par de mecanismos 126 de bloqueo unidos al miembro 122 de base y acoplable con la viga 112 del conjunto 110 de oruga. En esta realización, los mecanismos 126 de bloqueo están acoplados de forma articulada al miembro 122 de base y pueden extenderse a través del miembro de base 126 hasta un enganche de fijación con el viga 112, permitiendo que el conjunto 120 de carro puede desplazarse libremente a lo largo del eje x de la viga 112, pero evitando de otro modo que el conjunto 120 de carro se desenganche del conjunto 110 de oruga. Un cierre 137 de carro (figura 3) está acoplado al miembro 122 de base y puede acoplarse con el conjunto 110 de oruga para asegurar el conjunto 120 de carro en una posición deseada en el conjunto 110 de oruga.

40 Con referencia continua a la figura 1, el conjunto 130 de contrapeso incluye un raíl 132 alargado acoplado de forma móvil al conjunto 120 de carro, pudiendo moverse el raíl 132 a lo largo de un eje y y con respecto al conjunto 120 de carro. En esta realización, el raíl 132 está acoplado de forma móvil con el miembro 122 de base del conjunto 120 de carro mediante una pluralidad de cojinetes 133 de raíl. En la realización mostrada en la figura 1, el eje y (o eje de traslación de herramienta) es perpendicular al eje x, y tanto el eje y como el eje x son perpendiculares a una normal local a la superficie de la pieza 102 de trabajo. En realizaciones alternativas, el eje y (y el eje x) pueden estar orientados en ángulos diferentes con respecto a la dirección local normal a la superficie de la pieza 102 de trabajo, tal como cuando la pieza 102 de trabajo tiene una superficie contorneada, especialmente una pieza 102 de trabajo que tiene

una superficie contorneada compuesta (es decir, una superficie que tiene curvatura en múltiples planos de curvatura). Se puede apreciar, sin embargo, que el eje y del conjunto 100 de soporte pueden estar situados de tal manera que el eje y tenga al menos un componente que sea perpendicular a la normal local respecto a la superficie de la pieza 102 de trabajo, de tal forma que el eje es al menos parcialmente perpendicular a la normal local. En otras palabras, el eje y no está preferiblemente alineado con la normal local con la superficie de la pieza 102 de trabajo.

Como se muestra adicionalmente en la figura 1, un soporte 134 de herramienta está acoplado al rail 132 y sobresale hacia fuera de él. Un cilindro 136 de desviación (o dispositivo de contrapeso) tiene una primera porción acoplada al conjunto 120 de carro y una segunda porción acoplada al rail 132 (o al soporte 134 de herramienta). La primera y segunda porciones del cilindro 136 de desviación son móviles una respecto a la otra. En realizaciones alternativas, el cilindro 136 de desviación puede incluir un cilindro neumático, un cilindro hidráulico, uno o más elementos de resorte o cualquier otro dispositivo de contrapeso adecuado. Preferiblemente, el cilindro 136 de desviación es direccionable de manera controlable mediante un mecanismo de control que permite al operador acoplar y desacoplar una fuerza de inclinación aplicada por el cilindro 136 de desviación, y también controlar la magnitud de la fuerza de inclinación. Como se muestra adicionalmente en la figura 1, una línea 138 de suministro que conduce a una fuente de fluido presurizado (por ejemplo, aire o fluido hidráulico) está acoplada a una válvula 140 de control de contrapeso que controla la presión dentro del cilindro 136 de desviación. En una realización, el cilindro 136 de desviación es direccionable en una única dirección (por ejemplo, hacia arriba o hacia abajo a lo largo del eje y) aplicando presión al cilindro 136 de desviación a través de la válvula 140 de control de contrapeso. Alternativamente, el cilindro 136 de desviación puede ser selectivamente polarizado en ambas direcciones primera y segunda (por ejemplo, tanto hacia arriba como hacia abajo a lo largo del eje y) por medio de la válvula 140 de control de contrapeso. En una realización preferida, la válvula 140 de control de contrapeso puede ser ajustable para controlar la orientación de direccionamiento y la cantidad de presión de empuje dentro del cilindro 136 de desviación, que a su vez controla la cantidad de fuerza de inclinación aplicada por el cilindro 136 de desviación sobre el soporte 134 de herramienta.

En una realización particular, el conjunto 100 de soporte de acuerdo con una realización de la presente invención se puede emplear en operaciones de perforación. Por ejemplo, las figuras 2 y 3 son vistas isométricas y en alzado lateral, respectivamente, del conjunto 100 de soporte de la figura 1 acoplado con un conjunto 160 de perforación de acuerdo con una realización de la invención. En esta realización, el conjunto 160 de perforación incluye un dispositivo 162 de perforación acoplado a una ménsula 164 de soporte que está, a su vez, acoplado al soporte 134 de herramienta del conjunto 130 de contrapeso. El dispositivo 162 de perforación puede incluir una pinza 166 de abrazadera que puede ser acoplado firmemente en un orificio de la pieza 102 de trabajo. El dispositivo 162 de perforación puede ser cualquier dispositivo de perforación conocido adecuado para realizar operaciones de perforación en una pieza de trabajo, incluyendo, por ejemplo, los dispositivos de perforación comercialmente disponibles de Cooper Tools, Inc. de Lexington, Sur Carolina, West Coast Industries, Inc. de Seattle, Washington, Recoules, SA de Ozoir-la-Ferriere, Francia, y de Global Industrial Technologies, Inc. de Dallas, Texas.

En funcionamiento, la válvula 115 de control de vacío (figura 1) puede accionarse para desacoplar la fuente 118 de vacío de los conjuntos 114 de vacío, permitiendo que el conjunto 110 de oruga se posicione en un lugar deseado sobre la pieza 102 de trabajo. La válvula 115 de control de vacío se puede volver a accionar para acoplar la fuente 118 de vacío con los conjuntos 114 de vacío, acoplando de forma segura el conjunto 110 de oruga a la pieza 102 de trabajo. A continuación, el conjunto 120 de carro puede acoplarse al conjunto 110 de oruga. Tal como se muestra en la figura 4, los cojinetes 124 de carro más superiores pueden colocarse en contacto con el borde 113a superior de la viga 112 del conjunto 110 de oruga en una posición inclinada o inclinada, y entonces el conjunto 120 de carro puede girarse hacia abajo hasta que los cojinetes 124 de carro más inferiores se acoplan al borde 113b inferior de la viga 112.

Con el conjunto 120 de carro colocado sobre el conjunto 110 de oruga, el conjunto 120 de carro puede ser asegurado al conjunto 110 de oruga de manera que el conjunto 120 de carro pueda moverse hacia adelante y hacia atrás a lo largo del eje x del conjunto 110 de oruga, pero de otro modo no se separan del conjunto 110 de oruga. La figura 5 es una vista isométrica del conjunto 120 de carro que está asegurado al conjunto 110 de oruga por un operador 104 presionando los mecanismos 126 de bloqueo del conjunto 120 de carro para que se acople con la viga 112 del conjunto 110 de oruga.

A continuación, con la línea 138 de suministro acoplada a la válvula 140 de control de contrapeso, el operador 104 puede ajustar una presión de empuje dentro del cilindro 136 de desviación accionando la válvula 140 de control de contrapeso, proporcionando de este modo una cantidad deseada de fuerza de inclinación a lo largo del eje y. Por ejemplo, la figura 6 es una vista isométrica del conjunto 130 de contrapeso colocado en una primera posición 170 de empuje y la figura 7 es una vista isométrica del conjunto 130 de contrapeso situado en una segunda posición 172 de empuje. En la primera posición 170 de empuje (figura 6), la válvula 140 de control de contrapeso se cierra de modo que no hay presión de empuje dentro del cilindro 136 de desviación, permitiendo así que la gravedad accione el rail 136 y el soporte 134 de herramienta hacia abajo con respecto al conjunto 110 de oruga. Por el contrario, en la segunda posición 172 de empuje (figura 7), la válvula 140 de control de contrapeso es accionada para proporcionar una presión de empuje dentro del cilindro 136 de desviación que tiende a accionar el rail 136 y el soporte 134 de herramienta hacia arriba con respecto al conjunto 110 de oruga.

Se apreciará que el cilindro 136 de desviación puede ser utilizado para equilibrar el peso de un conjunto 160 de

herramienta montado en el conjunto 130 de contrapeso. En algunas realizaciones, el conjunto 160 de herramienta puede estar montado debajo del conjunto 110 de oruga de tal manera que el conjunto 130 de contrapeso tiende a tirar del conjunto 160 de herramienta hacia el conjunto 110 de oruga. En otras formas de realización, el conjunto 160 de herramienta puede montarse encima del conjunto 110 de oruga de manera que el conjunto 130 de contrapeso tiende a empujar el conjunto 160 de herramienta lejos del conjunto 110 de oruga.

Una herramienta de fabricación puede acoplarse entonces al conjunto 130 de contrapeso para realizar un proceso de fabricación sobre la pieza 102 de trabajo. Por ejemplo, la figura 8 es una vista isométrica del conjunto 160 de perforación (figura 3) acoplado con el conjunto 130 de contrapeso. En concreto, la ménsula 164 de soporte acoplada al dispositivo 162 de perforación puede acoplarse de forma deslizante sobre el soporte 134 de herramienta por el operador 104 y puede fijarse en posición, por ejemplo, con uno o más tornillos 168 de bloqueo (figura 3). En una realización, una plantilla 106 de orificio (figura 2) puede fijarse a la pieza 102 de trabajo para proporcionar una guía donde va a perforarse una pluralidad de orificios 107 en la pieza 102 de trabajo usando el conjunto 160 de perforación.

Con el conjunto 160 de perforación (u otra herramienta de fabricación) asegurado al conjunto 130 de contrapeso, el operador puede ajustar la válvula 140 de control de contrapeso de modo que el soporte 134 de herramienta es empujado hacia arriba a lo largo del eje y (figura 7), y de modo que la presión dentro del cilindro 136 de desviación compense (o contrarreste) una fuerza de gravedad sobre el conjunto 160 de perforación. En un método de operación preferido, la fuerza de inclinación ejercida por el cilindro 136 de desviación sobre el soporte 134 de herramienta equilibra aproximadamente el peso del conjunto 160 PARR 36 de perforación, del tal forma que el conjunto 160 de perforación "flota" sobre el conjunto 100 de soporte y puede moverse a lo largo del eje y con una cantidad relativamente pequeña de fuerza aplicada por el operador 104. Por lo tanto, el operador 104 puede colocar el conjunto 160 de perforación en una posición deseada a lo largo del eje x traduciendo el conjunto 120 de carro a lo largo del conjunto 110 de oruga y en una posición deseada a lo largo del eje y deslizando el raíl 136 hacia arriba o hacia abajo con respecto al conjunto 120 de carro con relativamente pequeño esfuerzo. Por supuesto, en modos alternativos de funcionamiento, la fuerza de inclinación ejercida por el cilindro 136 de desviación se puede ajustar para que sea menor o mayor que el peso del conjunto 160 de perforación como se desee.

En un método de funcionamiento alternativo, el conjunto 100 de soporte puede fijarse a la pieza 102 de trabajo, y una herramienta de fabricación (por ejemplo, el conjunto 160 de perforación) puede estar unida al conjunto 120 de carro del conjunto 100 de soporte. A continuación, el conjunto 160 de perforación puede acoplarse firmemente con la pieza 102 de trabajo, tal como, por ejemplo, acoplado la pinza 166 de sujeción del conjunto 160 de perforación a través de un orificio 107 en la pieza 102 de trabajo. Con el conjunto 160 de perforación asegurado a la pieza 102 de trabajo, el conjunto 100 de soporte puede desacoplarse entonces de la pieza 102 de trabajo de manera que el conjunto 100 de soporte sea soportado por el conjunto 160 de perforación unido a la pieza 102 de trabajo. El conjunto 100 de soporte puede entonces ser movido (o trasladado) con respecto al conjunto 160 de perforación a un lugar diferente sobre la pieza 102 de trabajo, estando el conjunto 100 de soporte acoplado de forma móvil al conjunto 160 de perforación durante esta parte del proceso. Con el conjunto 100 de soporte colocado en una nueva ubicación sobre la pieza 102 de trabajo, el conjunto 100 de soporte puede volver a acoplarse con la pieza 102 de trabajo y las operaciones de fabricación con la herramienta de fabricación pueden reanudarse a lo largo de una nueva sección de la pieza 102 de trabajo.

En una realización particular, después de que el conjunto 160 de perforación (u otra herramienta de fabricación) se asegura a la pieza 102 de trabajo y con el conjunto 160 de perforación acoplado al conjunto 130 de contrapeso, la válvula 140 de control de contrapeso del conjunto 130 de contrapeso puede ajustarse para proporcionar una fuerza de inclinación en una dirección que compense la fuerza gravitatoria sobre el conjunto 100 de soporte. De esta manera, el conjunto 130 de contrapeso puede usarse para asistir al operador 104 en el reposicionamiento del conjunto 100 de soporte sobre la pieza 102 de trabajo. En una realización preferida, el conjunto 130 de contrapeso se ajusta aproximadamente igual a la fuerza de gravedad sobre el conjunto 100 de soporte de manera que cuando el conjunto 100 de soporte se desacopla de la pieza 102 de trabajo y está soportado por el conjunto 160 de perforación asegurado a la pieza 102 de trabajo, el conjunto 100 de soporte puede ser fácilmente trasladado (laminado o deslizado) a través del conjunto 120 de carro similar a un carro sobre una máquina de escribir modelo relativamente más antigua.

El conjunto 100 de soporte puede proporcionar ventajas significativas sobre el aparato y métodos de la técnica anterior para realizar operaciones de fabricación sobre la pieza 102 de trabajo. Debido a que el conjunto de contrapeso puede ajustarse para contrapesar el peso de una herramienta de fabricación, el operador no está obligado a soportar el peso de la herramienta de fabricación mientras realiza la operación de fabricación. Por lo tanto, es menos probable que el operador se fatigue durante la operación de fabricación, lo que puede mejorar la satisfacción y el confort del operador durante la realización de la operación de fabricación. Reducir la fatiga del operador también puede conducir a una mayor eficiencia y una mayor precisión en el rendimiento de la operación de fabricación. Además, la reducción de la fatiga del operador puede ser especialmente ventajosa para aquellas operaciones de fabricación que requieren un gran número de operaciones utilizando la herramienta de fabricación sobre la pieza de trabajo.

El conjunto 100 de soporte también puede mejorar ventajosamente la calidad de las operaciones de fabricación asegurando un posicionamiento preciso y constante de la herramienta de fabricación con respecto a la pieza de trabajo. Debido a que el conjunto 100 de soporte soporta y controla la orientación de la herramienta de fabricación con respecto a la superficie de la pieza de trabajo, las operaciones de fabricación pueden realizarse de manera más precisa

5 y consistente. El operador no necesita soportar el peso de la herramienta de fabricación durante la operación de fabricación, sino que puede seguir implicado en mover la herramienta de fabricación a la posición deseada y operar los controles de la herramienta de fabricación para realizar la operación deseada. De este modo, la orientación de la herramienta de fabricación con respecto a la superficie de la pieza de trabajo puede no ser afectada por la fatiga o el nivel de habilidad del operador.

10 Además, debido a que los conjuntos de soporte de acuerdo con la presente invención pueden moverse fácilmente a lo largo de la superficie de la pieza de trabajo, puede aumentarse la velocidad con la que pueden realizarse las operaciones de fabricación. Como se ha indicado anteriormente, con una herramienta de fabricación acoplada firmemente con la pieza de trabajo, el conjunto 100 de soporte puede desprenderse de la pieza de trabajo y puede ser movido de forma móvil con respecto a la herramienta de fabricación hasta una nueva posición en la pieza de trabajo. En la nueva ubicación, el conjunto de soporte puede volver a acoplarse con la pieza de trabajo, y se puede permitir que las operaciones de fabricación continúen. El conjunto de contrapeso puede usarse para facilitar este proceso proporcionando una fuerza de inclinación que equilibra el peso del conjunto de soporte, asistiendo de este modo al operador con la traslación del conjunto de soporte a la nueva ubicación. De este modo, el aparato y los métodos de acuerdo con la presente invención pueden proporcionar otra mejora en la eficacia de las operaciones de fabricación.

15 Se puede apreciar que pueden utilizarse conjuntos de soporte de acuerdo con la presente invención, que incluyen la realización particular del conjunto 100 de soporte descrito anteriormente, para proporcionar un soporte de contrapeso a una amplia variedad de herramientas de fabricación y que las enseñanzas de la presente invención no se limitan a las operaciones de fabricación que involucran perforación. Por ejemplo, los conjuntos de soporte de acuerdo con la presente invención se pueden usar para soportar remachadores, tiradores dentales mecánicos y electromagnéticos, soldadores, llaves, pinzas, lijadoras, clavadoras, pistolas de tornillo o virtualmente cualquier otro tipo deseado de herramientas de fabricación o instrumentos de medida.

20 También se puede apreciar que puede concebirse una variedad de formas de realización alternativas de aparatos y métodos de acuerdo con la presente invención y que la invención no está limitada al aparato y métodos particulares descritos anteriormente y mostrados en las figuras adjuntas. Por ejemplo, puede observarse que el conjunto 110 de oruga y el conjunto 120 de carro pueden ser eliminados y que el conjunto 130 de contrapeso puede ser simplemente asegurado directamente a la pieza 102 de trabajo por uno o más conjuntos de fijación (por ejemplo, conjuntos 114 de copa de vacío) para permitir operaciones de fabricación contrarrestadas en un solo punto de la pieza 102 de trabajo, o a lo largo de una única línea de puntos en la pieza 102 de trabajo que puede ser paralela al eje y. Además, el conjunto 130 de contrapeso puede ser modificado o invertido con respecto al conjunto 120 de carro de manera que el soporte 134 de herramienta se sitúe por encima del conjunto 110 de oruga en vez de hacerlo por debajo del conjunto 110 de oruga.

25 Además, el conjunto 120 de carro y el conjunto 110 de oruga pueden asumir una amplia variedad de realizaciones alternativas. Por ejemplo, en una realización, el conjunto 130 de contrapeso puede estar acoplado al conjunto de oruga y carro enseñado por la Patente de los Estados Unidos No. 4,850,763 concedida a Jack et al. En otra realización más, el conjunto 130 de contrapeso puede usarse en combinación con cualquiera de los conjuntos de carros y conjuntos de orugas descritos en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. 10/016,524, de uso común, la cual se incorpora aquí como referencia.

30 Específicamente, la figura 9 es una vista isométrica de una realización alternativa de un conjunto 210 de oruga y un conjunto 220 de carro para su uso en un conjunto 200 de soporte de acuerdo con otra realización de la invención, como se describe en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. 10/016,524. Las figuras 10 y 11 son vistas superior e inferior isométricas, agrandadas, respectivamente, del conjunto 210 de oruga y del conjunto 220 de carro de la figura 9.

35 Como se muestra en las Figuras 9-11, el conjunto 210 de oruga incluye un par de raíles 22, 24 a los cuales se fijan de forma separable una pluralidad de dispositivos de fijación, preferiblemente en forma de conjuntos 114 de copa de vacío (figura 1) a intervalos espaciados a lo largo de la longitud de cada raíl. Los raíles 22, 24 tienen preferiblemente una anchura sustancialmente mayor que su espesor de tal manera que son sustancialmente más rígidos en flexión alrededor de un eje que se extiende en la dirección del espesor que son alrededor de un eje que se extiende en la dirección de la anchura. Los raíles 22, 24 están orientados aproximadamente paralelos entre sí, aunque la separación lateral entre los raíles 22, 24 puede variar cuando los raíles 22, 24 están montados sobre una superficie de pieza de trabajo de contorno compuesto. Preferiblemente, los raíles 22, 24 están fijados rígidamente entre sí en un solo extremo por un miembro 28a de conexión, que fija la separación lateral entre los raíles en ese extremo. En otros lugares a lo largo de los raíles 22, 24, la separación entre los raíles 22, 24 puede variar como se ha indicado. Puede haber otro miembro 28b de conexión en el extremo opuesto de los raíles 22, 24, pero este miembro 28b de conexión puede proporcionar una conexión "flotante" que permite que la separación entre los raíles 22, 24 se ajuste según sea necesario dependiendo del contorno de la superficie de la pieza 102 de trabajo.

40 Las anchuras de los raíles 22, 24 se extienden sustancialmente paralelas a la superficie de la pieza 102 de trabajo cuando los conjuntos de copa 114 de vacío están unidos a la superficie de la pieza 102 de trabajo. Debido a que los raíles 22, 24 pueden doblarse relativamente fácilmente alrededor de las direcciones a lo ancho y girar alrededor de sus ejes longitudinales, los raíles 22, 24 pueden flexionarse y girarse según sea necesario para seguir sustancialmente

la superficie de la pieza 102 de trabajo y los conjuntos de copas 114 de vacío mantienen cada raíl a una distancia sustancialmente constante de la superficie de la pieza 102 de trabajo. De esta manera, las superficies principales de los raíles 22, 24 pueden ser sustancialmente perpendiculares a la normal de la superficie de la pieza 102 de trabajo en cualquier punto a lo largo de cada raíl.

5 Con referencia continua a las figuras 9-11, montado sobre los raíles 22, 24 hay un conjunto 220 de carro que puede trasladarse a lo largo de los raíles 22, 24 en virtud de rodillos 32 que están montados en un primer miembro 30 de base del carro 220 y enganchan los raíles 22, 24. El primer miembro 30 de base del conjunto 220 de carro en la realización ilustrada comprende un miembro en forma de placa. Los rodillos 32 están montados a lo largo de cada uno de los bordes laterales opuestos del primer miembro 30 de base. Más particularmente, las placas 34 y 36 de resorte (mejor representadas en la figura 11) están unidas al primer miembro 30 de base adyacente a una superficie inferior del mismo en cada uno de los bordes laterales opuestos del primer miembro de base. Las placas 34, 36 de resorte PARR48 están fijadas al primer miembro 30 de base en los emplazamientos 37 (figura 11) espaciados hacia dentro desde los extremos opuestos de las placas 34, 36 de resorte, de manera que cada placa de resorte tiene dos partes de extremo opuestas que están en voladizo desde el primer miembro 30 de base. Los rodillos 32 están montados sobre estas porciones extremas en voladizo de las placas 34, 36 de resorte. Hay dos rodillos 32 opuestos montados en cada parte extrema en voladizo de cada una de las placas 34, 36 de resorte. Cada raíl 22, 24 es recibido entre los rodillos 32 opuestos. Los raíles 22, 24 tienen preferiblemente bordes en forma de V acoplados por los rodillos 32 y los rodillos 32 son rodillos de ranura en V que tienen ranuras en forma de V que reciben los bordes en forma de V de los raíles 22, 24. Los rodillos 32 evitan así el movimiento relativo entre los rodillos 32 y los raíles 22, 24 en la dirección a lo largo de los ejes de rotación de los rodillos 32, cuyos ejes son sustancialmente normales a la superficie 102 de la pieza de trabajo.

Las placas 34, 36 de resorte sobre las que están montados los rodillos 32 pueden flexionarse y retorcerse según sea necesario (es decir, según lo dictado por el contorno de la superficie 102 de la pieza de trabajo cuando el conjunto 220 de carro atraviesa los raíles 22, 24) para permitir que se produzca un grado limitado de movimiento relativo entre el primer miembro 30 de base y los rodillos 32. Esto se facilita haciendo que las placas 34, 36 de resorte sean relativamente estrechas en sus centros y más anchas en sus extremos, de modo que las placas 34, 36 se doblen y giren de forma preferible aproximadamente en el centro en lugar de hacerlo en los extremos donde están montados los rodillos 32. De este modo, puede producirse un grado limitado de movimiento relativo entre el primer miembro 30 de base y los raíles 22, 24. El resultado neto es que el conjunto 200 de soporte permite que el conjunto 220 de carro atraviese los raíles 22, 24 a lo largo del eje X (es decir, el eje paralelo a la dirección de la longitud de los raíles 22, 24) incluso aunque los raíles 22, 24 puedan doblarse y torcerse de maneras algo diferentes entre sí. En efecto, los raíles 22, 24 se ajustan al contorno de la superficie de la pieza 102 de trabajo y por lo tanto se aproximan a una normal a la superficie en cualquier punto a lo largo de la trayectoria definida por los raíles 22, 24. En consecuencia, un eje de referencia del conjunto 220 de carro, (en la realización ilustrada, un eje normal al plano del primer miembro 30 de base) se mantiene sustancialmente normal a la superficie de la pieza 102 de trabajo en cualquier posición del conjunto 220 de carro a lo largo de los raíles 22, 24.

Como se muestra mejor en la figura 9, una cremallera 38 para una disposición de cremallera y piñón está montada a lo largo de la superficie del raíl 24 que mira hacia la placa 36 de resorte y el conjunto 220 de carro incluye un primer motor 40 y una caja 42 de engranajes asociada montada sobre el resorte 36. Un eje de salida de la caja 42 de engranajes tiene un engranaje 44 de piñón montado sobre el mismo y la placa 36 de resorte incluye una ventana 46 (figura 10) de tal forma que el engranaje 44 de piñón se extiende para acoplarse a la cremallera 38 sobre el raíl 24. De este modo, la rotación del engranaje 44 de piñón por el primer motor 40 impulsa el conjunto 220 de carro a lo largo de los raíles 22, 24. Puede apreciarse que el raíl 24 que tiene la cremallera 38 comprende un raíl de referencia con respecto al cual puede realizarse el posicionamiento del eje X del conjunto 220 de carro. No es necesario intentar determinar o controlar el eje X el posicionamiento del conjunto 220 de carro con respecto al otro raíl 22.

Para mejorar la precisión de la posición del eje X del conjunto 220 de carro, el piñón 44 puede tener una altura constante con respecto a la cremallera 38 en cualquier punto a lo largo del raíl de referencia 24. Para llevar a cabo este control de altura, el eje de rotación del engranaje 44 de piñón puede situarse preferiblemente en el mismo plano que el definido por los ejes de rotación de los dos rodillos 32 montados en el extremo de la placa 36 de resorte. Más particularmente, los ejes de los rodillos 32 pueden ser sustancialmente paralelos entre sí y sustancialmente normales a la superficie de la pieza 102 de trabajo y el eje del piñón 44 puede ser sustancialmente paralelo a la superficie de la pieza 102 de trabajo y puede estar situado en el plano de los ejes de rodillo.

Como se muestra adicionalmente en las figuras 9-11, el conjunto 220 de carro incluye además un segundo miembro 50 de base montado de forma deslizante encima del primer miembro 30 de base de manera que el segundo miembro 50 de base pueda deslizarse hacia adelante y hacia atrás a lo largo de una dirección del eje Y perpendicular a la dirección del eje X. Más particularmente, los raíles 52, 54 están fijados a los bordes opuestos del primer miembro 30 de base y los rodillos 56 están montados sobre el segundo miembro 50 de base para acoplarse a los raíles 52, 54. Una cremallera 58 para una disposición de cremallera y piñón esta fijada al primer miembro 30 de base a lo largo del borde del mismo adyacente al raíl 54 (véase la figura 10). Un segundo motor 60 y la segunda caja 62 de engranajes asociada están montados en una placa 64 que está fijada al segundo miembro 50 de base adyacente a la cremallera 58. La placa 64 incluye una ventana a su través y el eje de salida de la segunda caja 62 de engranajes se extiende a través de la ventana y acciona un engranaje 66 de piñón que se acopla a la cremallera 58. De este modo, la rotación

del engranaje 66 de piñón por el segundo motor 60 acciona el segundo miembro de base a lo largo de los raíles 52, 54 en la dirección del eje Y.

5 En funcionamiento, el conjunto 130 de contrapeso descrito anteriormente con referencia a las figuras 1-8 puede acoplarse al segundo miembro 50 de base del conjunto 220 de carro mostrado en la figura 9, con el raíl 132 alineado con el eje Y y una herramienta de fabricación puede acoplarse al conjunto 130 de contrapeso. Las operaciones de fabricación asistida por contrapeso pueden realizarse entonces sustancialmente de acuerdo con los procedimientos y métodos descritos anteriormente. El movimiento del conjunto 220 de carro a lo largo del eje x puede proporcionarse mediante una combinación de fuerza aplicada por el operador 104 y/o por el primer motor 40. De manera similar, la colocación de la herramienta de fabricación a lo largo del eje y puede proporcionarse mediante una combinación de fuerza aplicada por la operador 104 y/o el segundo motor 60. En otras realizaciones, el primer y segundo motores 40, 60 puede proporcionar un posicionamiento total de la herramienta de fabricación y el operador 104 puede proporcionar una posición fina, o viceversa. Por lo tanto, las ventajas descritas anteriormente de aparatos y métodos de acuerdo con la presente invención se pueden lograr usando un conjunto de carro que tiene uno o más motores que proporcionan fuerza motriz para el posicionamiento de la herramienta de fabricación.

15 Las figuras 12 y 13 son vistas isométricas de un conjunto 300 de fabricación para realizar operaciones de fabricación sobre una pieza 302 de trabajo contorneada de acuerdo con otra realización más de la invención. En esta realización, el conjunto 300 de fabricación comprende un conjunto 310 de oruga, un conjunto 320 de carro acoplado de forma móvil al conjunto 310 de oruga y un conjunto 330 de contrapeso acoplado al conjunto 320 de carro. Muchos de los detalles del conjunto 300 de fabricación son similares o idénticos a las realizaciones descritas anteriormente. Por lo tanto, por razones de brevedad, sólo se discutirán a continuación diferencias significativas entre el conjunto 300 de fabricación.

20 Como se muestra mejor en la figura 12, el conjunto 330 de contrapeso incluye un motor 332 que acciona un miembro 334 de acoplamiento que, a su vez, se acopla con el conjunto 310 de oruga. Más específicamente, en la realización mostrada en la figura 12, el miembro 334 de acoplamiento es un engranaje que se acopla con una cremallera 314 formada en una viga 312 del conjunto 310 de oruga. Un conjunto 360 de herramienta está acoplado al conjunto 320 de carro y para realizar una operación de fabricación sobre la pieza 302 de trabajo. En otras formas de realización, el motor 332 puede ser un motor de par constante, un motor de fuerza constante, un motor de par variable, un motor de corriente constante o cualquier otro motor adecuado. En una realización particular, el motor 332 es un servomotor eléctrico.

25 Como se muestra en la figura 13, en funcionamiento, el conjunto 310 de oruga puede fijarse a la pieza 302 de trabajo contorneada de tal manera que las fuerzas de gravedad tienden a tirar del carro y conjuntos 320, 360 de herramienta a lo largo de la longitud del conjunto 310 de oruga en una dirección 370 en general descendente. Sin embargo, el conjunto 330 de contrapeso puede contrarrestar las fuerzas de gravedad al accionar el miembro 334 de acoplamiento (el engranaje) para ejercer una fuerza de contrapeso contra las fuerzas de gravedad en una dirección 372 en general ascendente, sujetando de este modo el conjunto 320 de carro y el conjunto 360 de herramienta en una estación deseada sobre la pieza 302 de trabajo. Preferiblemente, el conjunto 330 de contrapeso puede resistir las fuerzas gravitacionales ejercidas sobre el conjunto 320 de carro y el conjunto 360 de herramienta, sin embargo, puede permitir que el conjunto 320 de carro sea movido por la aplicación manual de fuerza sobre el conjunto 300 de fabricación por un operador al posicionar el conjunto 360 de herramienta en una posición deseada para realizar una operación de fabricación.

30 El conjunto 300 de fabricación ilustrado en las figuras 12 y 13 puede proporcionar las ventajas anteriormente mencionadas de fatiga reducida del operador y rendimiento de fabricación mejorado usando un conjunto 330 de contrapeso motorizado. Debido a que el motor 332 equilibra las fuerzas gravitacionales que actúan en la dirección 370 descendente, un operador no está obligado a ejercer una fuerza manual sobre el conjunto de fabricación para evitar que el conjunto 320 de carro rueda hacia abajo del conjunto 310 de oruga durante el posicionamiento o durante la realización de la operación de fabricación. Además, debido a que el conjunto 330 de contrapeso utiliza el motor 332, el cilindro de desviación y las líneas neumáticas y la bomba asociados pueden ser eliminados.

35 Se apreciará que en el conjunto 100 de soporte descrito anteriormente con respecto a las figuras 1-8, el cilindro de inclinación podría ser reemplazado por un motor y dispositivo de acoplamiento similares a la realización del conjunto 300 de fabricación mostrado en las figuras 12 y 13. De este modo, se podría implementar un conjunto de contrapeso basado en un motor para compensar las fuerzas que actúan a lo largo del eje longitudinal del conjunto de oruga (figuras 12 y 13) o transversal al eje longitudinal del conjunto de oruga (figuras 1-8). De esta manera, el conjunto 300 de fabricación demuestra que los conjuntos de contrapeso de acuerdo con la presente invención pueden ser implementados usando una variedad de dispositivos de contrapeso y pueden usarse para equilibrar las fuerzas de gravedad que actúan a lo largo o transversalmente al eje longitudinal del conjunto de oruga. De hecho, se pueden implementar realizaciones de la presente invención para compensar fuerzas que actúan en sustancialmente cualquier dirección con respecto al conjunto de oruga para ayudar al operador con operaciones de fabricación y para mejorar el rendimiento de una amplia variedad de operaciones de fabricación diferentes en piezas de trabajo que tienen superficies contorneadas sustancialmente planas o complejas.

60 Operaciones de fabricación usando sistemas de soporte de fuerza opuesta

La figura 14 es una vista isométrica frontal de un conjunto 400 de fabricación que tiene un conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta para realizar operaciones de fabricación sobre una pieza 402 de trabajo de acuerdo con una realización de la invención. En esta realización, el conjunto 400 de fabricación incluye un conjunto 410 de oruga acoplable a la pieza 402 de trabajo y un conjunto 420 de carro acoplado de forma móvil al conjunto 410 de oruga. Un conjunto 450 de herramienta (por ejemplo un conjunto de perforación) está acoplado operativamente al conjunto 420 de carro de modo que el conjunto 450 de herramienta puede acoplarse con la pieza 402 de trabajo. Como se muestra en la figura 14, el conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta está acoplado al conjunto 420 de carro y está fijado de forma separable a la pieza 402 de trabajo. Debido a que el conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta puede soportar la pieza 402 de trabajo durante las operaciones de fabricación, el conjunto 400 de fabricación puede ventajosamente reducir o eliminar deflexiones de la pieza 402 de trabajo, y puede mejorar la eficiencia y calidad de la operación de fabricación, como se describe más detalladamente a continuación.

Las figuras 15 y 16 son vistas isométricas posterior e inferior del conjunto 400 de fabricación de la figura 14. En esta realización, el conjunto 410 de oruga incluye un par de vigas 412, estando cada viga 412 equipada con una pluralidad de copas 414 de vacío. Los conjuntos de copa 414 de vacío están acoplados de manera fluida a una o más líneas 416 de vacío que conducen a una fuente 418 (de vacío no mostrada), tales como una bomba de vacío o similar, de tal manera que el vacío se puede aplicar de manera controlable a (y se elimina desde) los conjuntos de copa 414 de vacío durante, por ejemplo, el montaje, reposicionamiento y extracción del conjunto 410 de oruga hacia y desde la pieza 402 de trabajo. Los conjuntos de copa 414 de vacío son de construcción conocida y pueden ser del tipo descrito, por ejemplo, en la Patente de los Estados Unidos No. 6,467,385 B1 concedida a Buttrick y otros, a la Patente de los Estados Unidos No. 6,210,084 B1 concedida a Banks et al. En realizaciones alternativas, los conjuntos de copa 414 de vacío pueden ser reemplazados por otros tipos de conjuntos de fijación, que incluyen conjuntos de fijación magnéticos, pernos u otros elementos de fijación roscados, o cualquier otro conjunto de unión adecuado.

Con referencia continuada a las figuras 14-16, el conjunto 420 de carro incluye un carro 422 de eje x (o primero) y un carro 424 de eje y (o segundo). El carro 422 de eje x incluye un miembro 426 de base que tiene una pluralidad de rodillos 428 que se acoplan de forma rotatoria a los bordes de las vigas 412. Así, el carro del eje x 422 puede trasladarse hacia atrás y hacia adelante a lo largo de la longitud de las vigas 412 a lo largo de un eje x alineado con los ejes longitudinales de las vigas 412. En realizaciones alternativas, los rodillos 428 pueden ser reemplazados por cojinetes de carro, engranajes, elementos deslizantes, ruedas de goma u otros dispositivos de acoplamiento adecuados. En una realización particular, los rodillos 428 pueden ser reemplazados por engranajes de piñón que se acoplan a una porción de cremallera dentada o dentada de una o ambas vigas 412. Como se muestra en la figura 15, el carro 422 de eje x incluye además un primer motor 430 de accionamiento que está operativamente acoplado a un primer engranaje 432. En esta realización, el primer engranaje 432 se proyecta a través del miembro 426 de base y se acopla con las aberturas 413 de accionamiento dispuestas en una de las vigas 412. Un controlador 434 está situado en el carro 422 del eje x y está acoplado operativamente al primer motor 430 de accionamiento.

De forma similar, el carro 424 de eje y incluye un miembro 436 de soporte acoplado de forma deslizante a una ranura 438 dispuesta en el miembro 426 de base del carro 422 de eje x (figura 14). Un segundo motor 440 de accionamiento está unido al carro 422 del eje x y al miembro 436 de soporte y también está acoplado operativamente al controlador 434. Como se muestra en la figura 14, en esta realización, el segundo motor 440 de accionamiento acciona un eje (o tornillo) 442 que engancha una tuerca 444 esférica acoplada al miembro 436 de soporte. Por lo tanto, el segundo motor 440 de accionamiento puede accionar el miembro 436 de soporte del carro 424 de eje y a lo largo de un eje y orientado transversalmente al eje x.

Como se muestra mejor en la figura 14, el conjunto 450 de herramienta está acoplado al miembro 436 de soporte del carro 424 de eje y y puede estar acoplado operativamente al controlador 434. En esta realización, el conjunto 450 de herramienta incluye un módulo 452 de husillo de perforación y un pie 454 de presión (figura 16) que se puede acoplar de forma controlable con la pieza 402 de trabajo durante una operación de perforación. El módulo 452 de husillo de perforación puede acoplarse de forma controlable con la pieza 402 de trabajo a lo largo de un eje z que está aproximadamente alineado con una normal local a la pieza 402 de trabajo. El módulo 452 de husillo de perforación puede ser cualquier dispositivo de perforación conocido adecuado para realizar operaciones de perforación, por ejemplo, los dispositivos de perforación comercialmente disponibles de Cooper Tools, Inc. de Lexington, Carolina del Sur, West Coast Industries, Inc. de Seattle, Washington, Recoules, SA de Ozoir-la-Ferriere, Francia, o de Global Industrial Technologies, Inc De Dallas, Texas.

Las figuras 17 y 18 son vistas isométricas ampliadas, frontal y posterior, respectivamente, del conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta del conjunto 400 de fabricación de la figura 14. En esta realización, el conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta incluye un accionador 462 de sujeción que tiene un pasador 464 de sujeción que puede acoplarse con la pieza 402 de trabajo. Un primer accionador 466 (o eje y) está acoplado al accionador 462 de sujeción y a una primera placa 468 base y es extensible a lo largo del eje y. La primera placa 468 base está acoplada de forma deslizante a un par de primeros raíles 470 auxiliares montados en una segunda placa 472 de base. De manera similar, la segunda placa 470 de base está acoplada de forma deslizable a los segundos raíles 474 auxiliares montados en el carro 422 de eje x. Como se muestra mejor en la figura 18, los primeros raíles 470 auxiliares son aproximadamente paralelos con el eje x, y los segundos raíles 474 auxiliares son aproximadamente paralelos con el z axis. Un segundo accionador 476 (o eje x) está acoplado entre la primera placa 468 de base y la segunda placa 472 de base y es extensible a lo largo del eje x. Un tercer accionador 478 (o eje z) está acoplado entre la segunda placa 472 de base y

el carro 422 de eje x, y es extensible a lo largo del eje z. El primero, segundo y tercer accionadores 466, 476, 478 pueden estar operativamente acoplados al controlador 434. Por lo tanto, el primero, segundo y tercer accionadores 466, 476, 478 pueden usarse para posicionar de forma controlada el pasador 464 de sujeción del conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta en una posición deseada a lo largo del eje y, el eje x y el eje z, respectivamente.

5 Se apreciará que el accionador 462 de sujeción puede ser cualquier tipo de accionador adecuado, incluyendo un accionador hidráulico, neumático u operado eléctricamente. De forma similar, el primero, segundo y tercer accionadores 466, 476, 478 pueden ser hidráulicos, neumáticos, eléctricos o cualquier otro tipo adecuado de accionadores. En una realización particular, los primeros, segundos y terceros accionadores 466, 476, 478 se denominan accionadores neumáticos "de retorno al inicio" que están acoplados por una o más líneas 479 de suministro
10 neumático (figuras 17 y 18) a una fuente de aire a presión (no mostrada).

En funcionamiento, el conjunto 400 de fabricación puede estar montado sobre la pieza 402 de trabajo y se puede proporcionar vacío a los conjuntos 414 de vacío, asegurando de ese modo el conjunto 410 de oruga en una posición deseada. Un orificio 403 puede estar formado en la pieza 402 de trabajo de cualquier manera deseada, tal como durante la fabricación de la pieza 402 de trabajo, o utilizando el conjunto 450 de herramienta u otro dispositivo de perforación. A continuación, el pasador 464 de sujeción puede estar situado en el orificio 403. El posicionamiento del pasador 464 de sujeción en el orificio 403 puede realizarse de diversas maneras. Por ejemplo, la posición del pasador 464 de sujeción a lo largo del eje x puede lograrse colocando de forma controlada el carro 422 de eje x utilizando el primer motor 430 de accionamiento, o posicionando de forma controlada la primera placa 468 base a lo largo de los primeros raíles 470 auxiliares usando el segundo accionador 476, o por una combinación de ambos métodos. De forma similar, la posición del pasador 464 de sujeción a lo largo del eje y puede lograrse colocando de forma controlada el carro 424 de eje y utilizando el segundo motor 440 de accionamiento, o accionando de forma controlada el primer accionador 466, o ambos. Finalmente, la posición del pasador 464 de sujeción a lo largo del eje z puede lograrse colocando de forma controlada la segunda placa 472 de base a lo largo de los segundos raíles 470 auxiliares utilizando el tercer accionador 478. En una realización particular, los carros 422, 424 de eje x y eje y se utilizan para realizar un posicionamiento grueso y relativamente a gran escala, y los segundos y primeros accionadores 476, 466 se utilizan para proporcionar un posicionamiento más fino y relativamente pequeño de la pasador 464 de sujeción a lo largo de los ejes x e y, respectivamente.

El posicionamiento anteriormente descrito del conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta puede realizarse de una manera automatizada o semiautomática utilizando el controlador 434 equipado con métodos y algoritmos convencionales computarizados controlados numéricamente (CNC). Alternativamente, el posicionamiento puede ser realizado manualmente por un operador, tal como, por ejemplo, desactivando o neutralizando temporalmente los motores y accionadores anteriormente mencionados de los conjuntos 420, 460 de carro y de sujeción para permitir que el conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta sea posicionado manualmente.

Con referencia adicional a las figuras 14-18, después de que el pasador 464 de sujeción esté situado dentro del orificio 403, el accionador 462 de sujeción puede accionarse para enganchar de forma segura el pasador 464 de sujeción dentro del orificio 403, fijando con ello la posición del conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta con respecto a la pieza 402 de trabajo. Después de que el conjunto 460 de sujeción se acople firmemente con la pieza 402 de trabajo, el conjunto 450 de herramienta puede usarse para realizar operaciones de fabricación sobre la pieza 402 de trabajo. Específicamente, en la realización mostrada en las figuras 14-16, el módulo 452 de husillo de perforación puede ser accionado para taladrar uno o más orificios 403 adicionales en la pieza 402 de trabajo. Por ejemplo, los orificios 403 adicionales pueden crearse colocando de forma controlable el conjunto 450 de herramienta usando el conjunto 420 de carro de una manera automatizada o semiautomática utilizando el controlador 434 y métodos y algoritmos CNC convencionales. Debido a que el conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta está fijado de forma móvil al conjunto 420 de carro, el conjunto 420 de carro puede usarse para volver a colocar el conjunto 450 de herramienta sin separar el conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta de la pieza 402 de trabajo. Así, El conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta asegurado a la pieza 402 de trabajo, el conjunto 450 de herramienta puede ser reposicionado sucesiva y repetidamente en una pluralidad de posiciones deseadas en la pieza 402 de trabajo para realizar operaciones de fabricación.

Después de que se hayan realizado una o más operaciones de fabricación sobre la pieza 402 de trabajo, el conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta puede separarse de la pieza 402 de trabajo desactivando el accionador 462 de sujeción y retirando el pasador 464 de sujeción del orificio 403. Si se desea, el conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta puede ser reposicionado entonces a una nueva ubicación y puede ser asegurado de nuevo a la pieza 402 de trabajo insertando el pasador 464 de sujeción en un orificio 403 diferente (tal como uno de los nuevos formados) y accionando el conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta de la manera descrita anteriormente. Con el conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta asegurado a la pieza 402 de trabajo en la nueva ubicación, pueden realizarse operaciones de fabricación adicionales sobre la pieza 402 de trabajo como se desee.

Los conjuntos de fabricación que tienen sistemas de soporte opuestos de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención pueden mejorar ventajosamente la calidad de las operaciones de fabricación sobre una pieza de trabajo. Debido a que el conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta soporta (o contrapesa) de manera opuesta la pieza de trabajo durante la aplicación de fuerzas sobre la pieza de trabajo por el conjunto 450 de herramienta, la pieza 402 de trabajo puede menos inclinarse o desviarse durante el proceso de fabricación, o piezas de trabajo relativamente

flexibles. Puesto que las desviaciones de la pieza 402 de trabajo pueden reducirse o eliminarse, la orientación del conjunto 450 de herramienta con respecto a la pieza 402 de trabajo puede ser mantenida más fácilmente por el conjunto 420 de carro. De este modo, las operaciones de fabricación pueden llevarse a cabo de manera más exacta y consistente usando el conjunto 400 de fabricación. Debido a que las operaciones de fabricación pueden realizarse de manera más precisa y consistente, se pueden reducir los costes asociados con la inspección y retrabajo de la pieza 402 de trabajo durante la operación de fabricación.

El conjunto 400 de fabricación que tiene el conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta también puede mejorar la velocidad con la que pueden realizarse operaciones de fabricación. Debido a que el conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta proporciona un soporte opuesto a la pieza 402 de trabajo durante las operaciones de fabricación, el conjunto 450 de herramienta puede aplicarse más fuertemente a la pieza 402 de trabajo. De esta manera, se puede aumentar la velocidad con la que se realizan las operaciones de fabricación, y se puede mejorar la eficiencia y el rendimiento de las operaciones de fabricación.

Será evidente que se puede concebir una amplia variedad de realizaciones adecuadas de los conjuntos 460 de soporte opuestos de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención. Por ejemplo, se conoce una variedad de pasadores 464 de sujeción y accionadores 462 de sujeción que pueden emplearse para fijar el conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta a la pieza 402 de trabajo, incluyendo, por ejemplo, un dispositivo de pinza del tipo descrito en general en la Patente de los Estados Unidos No. 4,396,318 concedida a Jensen y otros, la Patente de los Estados Unidos No. 5,395,187 concedida a Slesinski et al., y la Patente de los Estados Unidos No. 6,036,409 concedida a Rissler, o un dispositivo de sujeción del tipo descrito en general en la Patente de los Estados Unidos No. 5,482,411, McGlasson y la Patente de los Estados Unidos No. 6,283,684 B1 concedida a Jarvis. En una realización alternativa, el orificio 403 puede ser un orificio 403 roscado y el pasador 464 de sujeción puede ser un elemento roscado que se acopla roscadamente al orificio 403 roscado. En otras realizaciones, el pasador 464 de sujeción y el accionador 462 de sujeción puede ser reemplazado por cualquier otro dispositivo de fijación adecuado, que incluya uno o más de los conjuntos 414 de copas de vacío mencionados anteriormente, imanes u otro aparato electromagnético, tal como, por ejemplo, un aparato que ejerce una fuerza sobre una pieza de trabajo de una manera similar al aparato de eliminación electromagnético dentado comercialmente disponible de Electroimpact, Inc. de Everett, Washington.

También se puede apreciar que se pueden usar conjuntos de fabricación de acuerdo con la presente invención, que incluyen la realización particular del conjunto 400 de fabricación descrito anteriormente, para proporcionar soporte opuesto a una amplia variedad de herramientas de fabricación y que las enseñanzas de la presente invención no se limitan simplemente a las operaciones de fabricación que implican la perforación. Por ejemplo, los conjuntos de fabricación que tienen ensamblajes de soporte opuestos de acuerdo con la presente invención pueden usarse para soportar remachadores, tiradores de mordazas mecánicos y electromagnéticos, soldadores, llaves, abrazaderas, lijadoras, clavadoras, pistolas de tornillo o virtualmente cualquier otro tipo deseado de herramientas de fabricación o instrumentos de medición.

También se puede apreciar que se puede concebir una diversidad de realizaciones alternativas de aparatos y métodos de acuerdo con la presente invención, y que la invención no está limitada al aparato y métodos particulares descritos anteriormente y mostrados en las figuras adjuntas. Por ejemplo, se puede observar que el conjunto 420 de carro y el conjunto 410 de oruga pueden asumir una amplia variedad de realizaciones alternativas. Por ejemplo, en una realización, el conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta puede estar acoplado al conjunto de oruga y carro enseñado por la Patente de los Estados Unidos N° 4,850,763 concedida a Jack et al. En otra realización más, el conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta puede utilizarse en combinación con cualquiera de los conjuntos de carros y conjuntos de orugas descritos en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos de la misma empresa, copendiente, 10/016,524.

Específicamente, en una realización alternativa, pueden utilizarse sistemas de soporte de fuerza opuesta en combinación con el conjunto 210 de oruga y el conjunto 220 de carro descrito anteriormente con referencia a las figuras 9-11. Más específicamente, como se muestra en la figura 9, montado encima del carro del eje y hay un conjunto 70 de anillo de sujeción. El conjunto 70 de anillo de sujeción puede usarse para soportar y fijar un conjunto 450 de herramienta, tal como el módulo 452 de husillo de perforación descrito anteriormente. El conjunto 450 de herramienta puede extenderse a través de una ventana en el carro 50 de eje y (visible en la figura 10) y a través de una ventana en el carro 30 de eje x (visible en la figura 11) que es alargada en la dirección del eje y. El eje del conjunto 450 de herramienta puede ser aproximadamente paralelo al eje z, y por lo tanto puede ser sustancialmente normal a la pieza 402 de trabajo.

En funcionamiento, el conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta descrito anteriormente con referencia a las figuras 14-18 puede estar acoplado al conjunto 220 de carro mostrado en las figuras 9-11 de cualquier manera adecuada, y un conjunto 450 de herramienta de fabricación puede estar acoplado al conjunto 220 de carro (por ejemplo, al conjunto 70 de anillo de sujeción). Las operaciones de fabricación pueden realizarse entonces sustancialmente de acuerdo con los procedimientos y métodos descritos anteriormente. El movimiento del conjunto 220 de carro a lo largo del eje x puede proporcionarse mediante una combinación de fuerza aplicada por el operador 404 y/o por el primer motor 40. De manera similar, la colocación de la herramienta de fabricación a lo largo del eje y puede ser proporcionada por una combinación de fuerza aplicada por el operador 404 y/o el segundo motor 60. En otras realizaciones, la colocación gruesa de la herramienta de fabricación puede ser proporcionada por el primero y segundo motores 40, 60 y el posicionamiento fino puede ser proporcionado por el operador 404, o viceversa. Por lo tanto, las ventajas descritas

anteriormente se pueden lograr usando realizaciones alternativas de conjuntos de oruga y conjuntos de carro para crear realizaciones adicionales de conjuntos de fabricación de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención.

Operaciones de fabricación con miembros de oruga que tienen una cremallera de eje neutro

- 5 Haciendo referencia de nuevo a las figuras 14 y 15, en esta realización, el conjunto 410 de oruga incluye un par de vigas 412 flexibles, teniendo cada viga 412 una cremallera 480 formada integralmente. Como se describe más completamente a continuación, las cremalleras 480 formadas integralmente pueden proporcionar un control de posición mejorado del conjunto 420 de carro, mejorando así la calidad de las operaciones de fabricación realizadas sobre la pieza 402 de trabajo.
- 10 Como se muestra adicionalmente en las figuras 19-21, la cremallera 480 incluye una pluralidad de aberturas 488 formadas integralmente en el raíl 412a a lo largo del eje 486 neutro del raíl 412a. En otras palabras, una línea de paso de la cremallera 480 se extiende a lo largo y coincide al menos aproximadamente con el eje 486 neutro del raíl 412. Se forman puentes 490 entre cada par de aberturas 488 sucesivas. Como se muestra mejor en la figura 19, los dientes 435 del primer engranaje 432 de accionamiento están acoplados al menos parcialmente en las aberturas 488 y contra los puentes 490 de la cremallera 480.
- 15 La figura 22 es una vista en sección transversal lateral ampliada de una porción del raíl 412a tomada a lo largo de la línea A-A de la figura 21. Como se muestra en la figura 22, en esta realización, las aberturas 488 son ahusadas a lo largo del eje 482 rígido tal que las aberturas 488 son más anchas en una superficie 487 superior del raíl 412a y más estrechas en una superficie 489 inferior del raíl 412a. En un aspecto, las aberturas 488 son ahusadas en forma de cuña (o bidimensional). En un aspecto alternativo, las aberturas 488 tienen una forma parcialmente cónica (o tridimensional). Como se muestra adicionalmente en la figura 22, las aberturas 488 pueden ser ahusadas para coincidir estrechamente con el perfil de los dientes 435 del engranaje 432 de accionamiento. En una realización particular, el espesor del raíl 412 es igual a la longitud del diente 435 del engranaje 432 de accionamiento (figura 22). Debido a que la línea de paso de la cremallera 480 coincide al menos aproximadamente con el eje 486 neutro, la cremallera 480 permanece alineada a lo largo del eje 486 neutro durante el doblamiento y la flexión del raíl 412a sobre la pieza 402 de trabajo. De este modo, los dientes 435 del engranaje 432 de accionamiento puede permanecer más enganchado positivamente con la cremallera 480 cuando el conjunto 420 de carro es accionado sobre el conjunto 410 de oruga, incluso cuando los raíles 412 están torcidos y flexionados sobre superficies contorneadas.
- 20 Se apreciará que la cremallera 480 se puede formar integralmente con el raíl 412 usando cualquier técnica de fabricación deseada. Por ejemplo, la cremallera 480 se puede formar en el raíl 412 después de que se haya formado el raíl 412, por ejemplo mediante fresado, taladrado, maquinado o usando cualquier otro método adecuado. Alternativamente, la cremallera 480 puede estar formada simultáneamente con la formación del raíl 412, tal como por moldeo, estampación o prensado.
- 25 En funcionamiento, el conjunto 400 de fabricación puede estar montado sobre la pieza 402 de trabajo y puede proporcionarse vacío a los conjuntos 414 de vacío, asegurando de este modo el conjunto 410 de oruga en una posición deseada. El conjunto 420 de carro puede entonces ser movido a una posición deseada a lo largo del conjunto 410 de oruga, de manera que el conjunto 450 de herramienta puede usarse para realizar operaciones de fabricación en la pieza 402 de trabajo. El controlador 434 puede transmitir señales de control al primer motor 430 de accionamiento, haciendo girar el primer engranaje 432 de accionamiento que se acopla con la cremallera 480 formada integralmente en el raíl 412a. Como se muestra mejor en la figura 22, los dientes 435 del primer engranaje 432 de accionamiento pueden acoplarse parcial o totalmente en las aberturas 488 y pueden ejercer una fuerza de accionamiento contra los puentes 490 de la cremallera 480, accionando de este modo el conjunto 420 de carro a lo largo de los raíles 412 hasta que el conjunto 420 de carro alcance la posición deseada.
- 30 Se puede apreciar que el posicionamiento del conjunto 420 de carro sobre el conjunto 410 de oruga y el posicionamiento y acoplamiento del conjunto 460 de soporte de fuerza opuesta y el conjunto 450 de herramienta con respecto a la pieza 402 de trabajo pueden realizarse en una manera automatizada o semiautomatizada utilizando el controlador 434 equipado con métodos y algoritmos convencionales controlados numéricamente (CNC) computarizados. Alternativamente, el posicionamiento puede realizarse manual o parcialmente manualmente por un operador, tal como, por ejemplo, haciendo que el operador proporcione entradas de control manual al controlador 434, o interrumpiendo o neutralizando temporalmente los motores y accionadores mencionados anteriormente de los conjuntos 420, 460 de carro y de sujeción para permitir el movimiento manual.
- 35 A continuación, el pasador 464 de sujeción puede estar situado en un orificio 403 y el accionador 462 de sujeción puede accionarse para enganchar de forma segura el pasador 464 de sujeción dentro del orificio 403, fijando de este modo la posición del tornillo de sujeción 460 con respecto a la pieza 402 de trabajo. El conjunto 450 de herramienta puede utilizarse entonces para realizar operaciones de fabricación sobre la pieza 402 de trabajo. Específicamente, en la realización mostrada en las figuras 14 y 15, el módulo 452 de husillo de perforación puede ser accionado para taladrar uno o más orificios 403 adicionales en la pieza 402 de trabajo. Al igual que el conjunto 420 de carro, el conjunto 450 de herramienta puede ser controlado y operado de manera automatizada o semiautomática utilizando el controlador 434 y métodos y algoritmos CNC convencionales.
- 40
- 45
- 50
- 55

Los conjuntos de fabricación que tienen cremalleras conformadas integralmente de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención pueden mejorar ventajosamente la calidad de las operaciones de fabricación sobre una pieza de trabajo. Debido a que la cremallera 480 está formada integralmente con el raíl 412 con la línea de paso de la cremallera 480 al menos aproximadamente alineada con el eje 486 neutro del raíl 412, los dientes 435 del engranaje 432 de accionamiento permanecen en acoplamiento positivo con la cremallera 480 incluso cuando el raíl 412 está flexionado y torcido sobre superficies contorneadas. La cremallera 480 formada integralmente puede permitir ventajosamente un posicionamiento más preciso del conjunto 420 de carro sobre el conjunto 410 de oruga y, por lo tanto, un posicionamiento más preciso del conjunto 450 de herramienta sobre la pieza 402 de trabajo. El conjunto 400 de fabricación puede proporcionar por lo tanto una precisión y consistencia mejoradas de las operaciones de fabricación en comparación con los conjuntos de fabricación de la técnica anterior. Debido a que las operaciones de fabricación pueden realizarse de manera más precisa y consistente, se pueden reducir los costes asociados con la inspección y reelaboración de la pieza 402 de trabajo durante la operación de fabricación.

El conjunto 400 de fabricación que tiene el conjunto 410 de oruga de acuerdo con la invención también puede mejorar la velocidad con la que pueden realizarse operaciones de fabricación. Debido a que la cremallera 480 formada integralmente del conjunto 410 de oruga puede proporcionar un control de posición mejorado del conjunto 450 de herramienta durante las operaciones de fabricación, el conjunto 450 de herramienta puede posicionarse y operarse con relativamente menos retardos para la comprobación de posición y ajuste de posición y la necesidad de reparación y repetición de las operaciones de fabricación (por ejemplo, reelaboración de orificios, etc.). De esta manera, se puede aumentar la velocidad con la que se realizan las operaciones de fabricación y se puede mejorar la eficiencia y el rendimiento de las operaciones de fabricación.

Se apreciará que los conjuntos de fabricación de acuerdo con la presente invención, incluyendo la realización particular del conjunto 400 de fabricación descrito anteriormente, se pueden usar para proporcionar soporte opuesto a una amplia variedad de herramientas de fabricación y que las enseñanzas de la presente invención no se limitan simplemente a operaciones de fabricación que impliquen perforación. Por ejemplo, los conjuntos de fabricación que tienen ensamblajes de soporte opuestos de acuerdo con la presente invención se pueden usar para soportar remaches, arandelas dentadas mecánicas y electromagnéticas, soldadores, llaves, abrazaderas, lijadoras, clavadoras, pistolas de tornillo, enrutadores, desengrasantes, arandelas, grabadoras, herramientas de desbarbado, láseres, aplicadores de cinta, o prácticamente cualquier otro tipo deseado de herramientas de fabricación o instrumentos de medición.

También se puede apreciar que, de acuerdo con la presente invención, puede concebirse una variedad de formas de realización alternativas del aparato y métodos y que la invención no está limitada al aparato y métodos particulares descritos anteriormente y mostrados en las figuras adjuntas. Por ejemplo, se puede observar que el conjunto 420 de carro y el conjunto 410 de oruga pueden asumir una amplia variedad de realizaciones alternativas. Por ejemplo, en realizaciones alternativas, una cremallera 480 conformada integralmente de acuerdo con la presente descripción puede usarse en combinación con cualquiera de los conjuntos de carro y conjuntos de orugas descritos en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. 10/016,524.

Operaciones de fabricación con detección de posición sin contacto.

La figura 23 es una vista en alzado frontal de un conjunto 500 de fabricación que tiene un conjunto 540 sensor de posición de acuerdo con una realización de la invención. En esta realización, el conjunto 500 de fabricación incluye un conjunto 510 de oruga acoplable a la pieza 20 de trabajo y un conjunto 520 de carro acoplado de forma móvil al conjunto 510 de oruga. Un controlador 530 está acoplado operativamente al conjunto 540 de sensor de posición y al conjunto 520 de carro. Como se describe más completamente a continuación, el conjunto 500 de fabricación que tiene el conjunto 540 de sensor de posición puede mejorar ventajosamente la precisión y eficiencia de las operaciones de fabricación realizadas sobre la pieza 24 de trabajo.

La figura 24 es una vista isométrica superior del conjunto 510 de oruga y el conjunto 520 de carro de la figura 23 con el conjunto 540 de sensor de posición retirado. En esta realización, el conjunto 510 de oruga y el conjunto 520 de carro son sustancialmente similares a las realizaciones de conjunto de oruga y carro descritas anteriormente con respecto a las figuras 9-11. Por tanto, en aras de la brevedad, sólo se describirán las diferencias significativas mostradas en las figuras 23 y 24.

La figura 25 es una vista isométrica parcial ampliada del conjunto 540 de sensor de posición y del controlador 530 del conjunto 500 de fabricación de la figura 23. Como se muestra en la figura 25, el conjunto 540 de sensor de posición incluye un montaje 542 que está acoplado al conjunto 520 de carro (por ejemplo, al conjunto 70 de anillo de sujeción) y un sensor 544 que está acoplado operativamente al soporte 542. Un enlace 546 de sensor está acoplado entre el sensor 544 y el controlador 530 para transmitir y recibir señales.

Las figuras 26 y 27 son vistas isométricas lateral e inferior, respectivamente, del sensor 544 de la figura 25. Como se muestra mejor en la figura 27, el sensor 544 incluye un elemento 548 sensor para transmitir señales hacia la pieza 20 y para recibir señales reflejadas desde la pieza 20 de trabajo, tal como se describe con más detalle a continuación. Se apreciará que el sensor 544 puede ser cualquier elemento sensor digital o analógico adecuado, incluyendo, por ejemplo, los sensores comercialmente disponibles de Sunx, Inc. de Des Moines, Iowa, o de Keyence, Inc. of American,

New Jersey .En una realización, el elemento 548 sensor puede ser un elemento sensor de fibra óptica y, en una realización particular, el elemento sensor puede ser un elemento sensor retrorreflectante de fibra óptica coaxial. En otras realizaciones adicionales, por ejemplo, el elemento 548 sensor puede incluir cámaras (por ejemplo, sistemas de visión de cámara DVT), sensores de proximidad magnéticos o cualquier otro elemento sensor adecuado. Se apreciará que las señales transmitidas desde el sensor 544 a la pieza 20, y reflejadas desde la pieza 20 de trabajo al sensor 544, pueden ser señales de luz visible, infrarroja o ultravioleta, señales acústicas o cualquier otro tipo deseado de señal.

Con referencia a las figuras 23 a 25, el conjunto 510 de oruga puede estar asegurado a la pieza 20 de trabajo y el conjunto 520 de carro puede usarse para soportar el conjunto 540 de sensor de posición de tal manera que el elemento 548 sensor esté apuntado hacia la pieza 20 de trabajo. El conjunto 540 de sensor de posición puede utilizarse entonces para localizar las coordenadas de una o más características de indexación (o puntos de referencia) situadas en la pieza 20 de trabajo. Como se describe más completamente a continuación, el conjunto 540 de sensor de posición proporciona una capacidad para el conjunto 500 de fabricación para determinar una orientación de posición del conjunto 500 de fabricación basado en una o más características de indexación conocidas (por ejemplo, un orificio, un sujetador, un buje u otra característica) sin contacto físico entre el conjunto de sensor 540 y la pieza 20 de trabajo.

En un aspecto, el elemento 548 sensor incluye un cable de fibra óptica coaxial LED brillante que utiliza un sistema de lentes para enfocar la luz incidente o iluminante sobre la pieza 20 de trabajo. En resumen, la luz incidente puede transmitirse a través de la fibra central de la fibra óptica coaxial a través de una lente y puede reflejarse por la superficie de la pieza 20 de trabajo. La luz reflejada puede entonces recogerse a través de la lente y devolverse a un amplificador de sensor a través de la porción externa del cable de fibra óptica coaxial. El sensor amplificado puede entonces convertir la intensidad de la luz en una señal eléctrica analógica. La salida del amplificador del sensor se puede calibrar a un punto focal de la lente leyendo la luz reflejada de una superficie reflectora blanca estándar. A medida que la ruta de exploración encuentra diversas características en la superficie, la luz reflejada puede analizarse y cuando los datos recogidos coinciden con un conjunto definido de parámetros, puede reconocerse una característica de índice conocida (por ejemplo, sujetador, orificio, etc.). La señal puede ser leída y correlacionada con una posición en la superficie usando retroalimentación desde un sistema de posicionamiento. Esta información de localización puede usarse entonces para posicionar otro equipo sobre la superficie de la pieza 20 de trabajo, lo que permite controlar un sistema de herramientas o procesos, como se describe con mayor detalle a continuación.

La figura 28 es un diagrama de flujo que muestra un método 600 de determinación de posición que utiliza el conjunto 540 sensor de acuerdo con una realización de la invención. La figura 29 es una representación esquemática del método 600 de determinación de posición de la figura 28. Las etapas del método 600 pueden implementarse utilizando componentes conocidos programables o semiprogramables y rutinas de software. Como se muestra en las figuras 28 y 29, el método 600 puede comenzar en una etapa 602 inicial en la que el conjunto 540 sensor de posición se coloca inicialmente próximo a una característica 21 de indexación que ha de ser detectada, tal como por un operador que coloca manualmente el conjunto 520 de carro en un lugar adecuado en el conjunto 510 de oruga y el conjunto 540 de sensores de posición comienza a transmitir una o más señales 601 de detección sobre la pieza 20 de trabajo y recibir las correspondientes señales 603 reflejadas de la pieza 20 de trabajo. A continuación, en la etapa 604, el sensor 544 se avanza ya sea incremental o continuamente a lo largo de una primera trayectoria 605 en una primera dirección (mostrada como la dirección y en la figura 29).

Con referencia continua a las figuras 28 y 29, cuando el sensor 544 avanza a lo largo de la primera trayectoria 605, el método 600 continúa transmitiendo señales 601 de detección y monitoriza las señales 603 reflejadas recibidas para determinar si se ha detectado un primer borde 607 de la característica 21 de indexación (etapa 606). Si el sensor 144 es un sensor digital, el sensor 144 puede indicar que el borde ha sido alcanzado proporcionando una salida de sensor que transita desde un primer estado bien definido que indica que el sensor 144 está recibiendo señales 603 reflejadas que se están reflejando desde la pieza 20 de trabajo, a un segundo estado bien definido, indica que el sensor 144 recibe las señales 603 reflejadas que se están reflejando desde la característica 21 de índice. Alternativamente, si el sensor 144 es un sensor analógico, la salida del sensor puede ser proporcional a las señales 603 reflejadas de la pieza 20 de trabajo y de la característica 21 de índice, proporcionando así una indicación de cuándo el sensor 144 está sobre cada componente, respectivamente.

Eventualmente, basándose en las señales 603 reflejadas, puede detectarse el primer borde 607 (figura 29) de la característica 21 de índice (etapa 606). A continuación, en la etapa 608, se puede reajustar la posición del sensor 544 y puede realizarse una nueva exploración localizada de velocidad lenta (o de pequeño incremento) para determinar las coordenadas del primer borde 607 y se almacenan las coordenadas del primer borde 607 . En la etapa 610, el método 600 determina si el borde que acaba de ser detectado es un segundo borde 609 (véase la figura 29) de la característica 21 de índice, y si no es así, el método 600 repite los pasos 604 a 608 para determinar y almacenar las coordenadas del segundo borde 609.

A continuación, en la etapa 612, el método 600 utiliza las coordenadas del primer y segundo bordes 607, 609 para calcular un primer centro 611 a lo largo de la primera trayectoria 605, y reposiciona el sensor 544 en una ubicación separada de la característica 21 de índice con un valor a lo largo de la primera dirección (por ejemplo, la coordenada y) que corresponde al valor del primer centro 611. El sensor 544 es entonces avanzado a lo largo de una segunda trayectoria 613 (mostrada como dirección x en la figura 29) en la etapa 614, y la salida del sensor 544 es monitorizada

para determinar si se ha detectado un primer borde 615 de la característica 21 de índice a lo largo de la segunda trayectoria 613 (etapa 616). Después de que se ha detectado el primer borde 615 a lo largo de la segunda trayectoria 613, como se ha descrito anteriormente, la posición del sensor 544 puede reajustarse y puede realizarse una nueva exploración localizada de velocidad lenta (o de pequeño incremento) a lo largo de la segunda trayectoria 613 para determinar las coordenadas del primer borde 615 y las coordenadas del primer borde 615 a lo largo de la segunda trayectoria 613 (etapa 618). Después de almacenar las coordenadas, el método 600 determina a continuación si el borde que se acaba de detectar es un segundo borde 617 de la característica 21 de índice a lo largo de la segunda ruta 613 (véase la figura 29) en la etapa 620 y, si no, el método 600 repite las etapas 614 a 618 para determinar y almacenar las coordenadas del segundo borde 617 a lo largo de la segunda trayectoria 613. En la etapa 622, el método 600 utiliza las coordenadas del primer y segundo bordes 615, 617 a lo largo de la segunda trayectoria 613 para calcular un segundo centro 619 (figura 29).

Con referencia a la figura 28, las etapas 604 a 612 pueden referirse en general como un primer barrido 624 del sensor 544 y las etapas 614 a 622 pueden denominarse como un segundo barrido 626 del sensor 544. Después de determinar las coordenadas de el primer y el segundo centros 611, 619 utilizando el primer y el segundo barrido 624, 626, el método 600 puede asumir simplemente que las coordenadas de un centro de índice de la característica 21 de índice son las mismas que las coordenadas del segundo centro 619. Si este enfoque se considera satisfactorio en la etapa 628, entonces el método 600 continúa con la salida de las coordenadas del centro de la característica 21 de índice en la etapa 630. Sin embargo, si se desea una precisión o confirmación adicional, el método 600 puede incluir uno o más barridos adicionales 632 del sensor 544.

Como se muestra en la figura 28, si se desea un barrido 632 adicional, el sensor 544 se reposiciona en la etapa 634 hasta una ubicación separada de la característica 21 de índice pero que tiene el mismo valor a lo largo de la segunda dirección (coordenada x en la figura 29) como el segundo centro 619. A continuación, el sensor 544 es avanzado a lo largo de una tercera trayectoria 613 (mostrada como la dirección y en la figura 29) en la etapa 636 y la salida desde el sensor 544 es monitorizada para determinar si se ha detectado en un primer borde 623 la característica 21 de índice a lo largo de la tercera trayectoria 621 (etapa 636). Después de que se haya detectado el primer borde 623 a lo largo de la tercera trayectoria 621, se puede reajustar la posición del sensor 544 y se puede realizar una nueva exploración localizada de velocidad lenta (o de pequeño incremento) a lo largo de la tercera trayectoria 621 para determinar las coordenadas del primer borde 623, y se almacenan las coordenadas del primer borde 623 a lo largo de la tercera trayectoria 621 (etapa 640). Después de almacenar las coordenadas, el método 600 determina a continuación si el borde que acaba de ser detectado es un segundo borde 625 de la característica 21 de índice a lo largo de la tercera trayectoria 621 (etapa 642). Si no es así, el método 600 repite los pasos 236 a 640 para determinar y almacenar las coordenadas del segundo borde 625 a lo largo del tercer trayecto 621. En la etapa 646, el método 600 usa las coordenadas del primer y segundo bordes 623, 625 a lo largo de la tercera trayectoria 621 para calcular un tercer centro 627 (o adicional).

Después de que se lleve a cabo el barrido 632 adicional, el método 600 puede determinar de nuevo si se ha alcanzado el grado de precisión deseado en la etapa 628. Si no es así, se pueden realizar barridos adicionales similares al tercer barrido 632 a lo largo de, por ejemplo, trayectorias diferentes. Si no se desean barridos adicionales, entonces el método 600 procede a la etapa 630, y se emiten las coordenadas del centro de índice. Los resultados del tercer barrido 632 (o más barridos) pueden proporcionar una indicación mejorada del centro de índice de la característica 21 de índice. Por ejemplo, el centro de índice puede determinarse como el promedio de las coordenadas del segundo y tercer centros 619, 627. Después de que el centro de índice de la característica 21 de índice se emita (etapa 630), el método 600 puede continuar en la etapa 648 a la siguiente fase de operaciones de fabricación.

Se puede apreciar que las posiciones y direcciones particulares de las primeras, segundas y terceras trayectorias 605, 613, 621 del método 600 pueden variar desde la realización particular mostrada en la figura 69 y que la presente invención no está limitada a los detalles particulares descritos anteriormente y mostrados en la figura adjunta. Por ejemplo, la primera dirección de la primera trayectoria puede estar a lo largo del eje x, y la segunda dirección de la segunda trayectoria puede estar a lo largo del eje y, o alternativamente, las primeras y segundas trayectorias pueden ser a lo largo de cualquier dirección deseada a través de la característica 21 de índice. Preferiblemente, sin embargo, la primera y segunda trayectorias están orientadas ortogonalmente. También se puede apreciar que el método 600 puede ser más adecuado para localizar un centro de índice de una característica de índice que tiene una forma redonda (o aproximadamente redonda), aunque se pueden emplear y detectar otras formas de características de índice utilizando el aparato y los métodos de acuerdo con la presente invención.

La figura 30 es un gráfico 700 de un nivel de señal de salida de sensor 702 representativo de un barrido 704 de sensor usado para detectar una posición de una característica 21 de índice de acuerdo con una realización de la invención. En esta realización, la característica 21 de índice es una cabeza de fijación que se eleva por encima de la superficie de la pieza 20 de trabajo circundante. El nivel 702 de señal de la figura 30 puede proporcionarse por un tipo analógico de sensor 544. Como se muestra en la figura 30, la primera porción A de un barrido 704 de sensor, el nivel 702 de señal se caracteriza por un nivel generalmente constante, ya que las señales reflejadas son recibidas por el sensor 144 desde la superficie de la pieza 20 de trabajo. En una segunda porción B, el nivel 702 de señal se caracteriza por un nivel descendente de las señales reflejadas recibidas por el sensor 544 a medida que las señales de detección empiezan a impactar y reflejarse desde un borde 706 delantero de la cabeza 21 del sujetador.

Como se muestra adicionalmente en la figura 30, a medida que el barrido 704 de sensor continúa, el nivel 702 de señal alcanza un primer valor de reflexión mínimo en un lugar C y luego entra en una porción D que se caracteriza por un nivel de señal ascendente a medida que un nivel creciente de las señales reflejadas son recibidas por el sensor 544. A continuación, el nivel de la señal generalmente se estabiliza durante una siguiente porción E del barrido 704 de sensor cuando el sensor 544 comienza a recibir un nivel relativamente constante de señales reflejadas desde la parte superior de la cabeza 21 del sujetador. Continuando con el barrido 704 de sensor a través de la parte superior de la cabeza 21 de fijación a un borde 708 trasero de la cabeza 21 de fijación, el nivel de señal 702 se caracteriza finalmente por un descenso relativamente sustancial a un segundo nivel mínimo de reflexión en una posición F, y luego sube de nuevo a un nivel de reflexión ambiental característico de las reflexiones desde la superficie de la pieza 20 de trabajo. En una realización, el método 600 descrito anteriormente con referencia a las figuras 28 y 29 realiza las determinaciones de borde mencionadas anteriormente (etapas 606, 608, 616, 618, 638 y 640) asignando las coordenadas del sensor 544 correspondientes a las ubicaciones de los niveles de reflexión mínimo primero y segundo (emplazamientos C y F) como las posiciones de coordenadas del primer y segundo bordes para cada uno de las trayectorias 605, 613, 621.

Más específicamente, los bordes 706, 708 delantero y trasero pueden calcularse a partir del nivel de señal 702 calculando primero un nivel de reflectividad ambiental (porción A), por ejemplo calculando un promedio de funcionamiento del nivel de sensor 702. Durante el barrido 704 de sensor, cuando el nivel de sensor 702 cae por debajo de un umbral predeterminado, tal como un porcentaje predeterminado del nivel de reflectividad ambiente, puede invocarse un procedimiento de detección de borde. El procedimiento de detección de borde puede almacenar el valor mínimo del sensor (posición C) correspondiente al borde 706 delantero y sus coordenadas de posición, y también puede almacenar la misma información del valor de sensor mínimo correspondiente al borde 708 trasero (posición F). A continuación, se puede calcular matemáticamente un centro a partir de las posiciones de los dos valores de sensor mínimo (emplazamientos C y F).

Se apreciará que las características del nivel del sensor pueden variar y que diversas características de índice pueden proporcionar niveles de sensor que tienen diferentes formas, tendencias y características que las que se muestran en el gráfico 700 de la figura 30. De manera similar, puede ser deseable monitorizar diferentes aspectos del nivel del sensor distintos de los emplazamientos de los valores mínimos del sensor, tales como, por ejemplo, la derivada (o pendiente) de los niveles del sensor. En una realización alternativa, por ejemplo, la característica de índice puede ser un casquillo que tiene un borde laminado cóncavo. Para un casquillo de este tipo, los bordes del casquillo se pueden determinar más fácilmente monitorizando una derivada del nivel del sensor (por ejemplo, con respecto a la distancia recorrida por el sensor 144) durante un barrido del sensor sobre el casquillo. En este caso, los picos o máximos de los valores derivados pueden ser representativos de la velocidad de cambio del perfil de las superficies sobre las que se barre el sensor 144, cambiando efectivamente el patrón en el tiempo por una constante de diferenciación.

En funcionamiento, el conjunto 540 de sensor de posición se puede emplear para determinar las ubicaciones de una o más características 21 de índice en la pieza 20 de trabajo, definiendo con precisión la posición del conjunto 500 de fabricación sobre la pieza 20 de trabajo. Esta información puede almacenarse entonces en un dispositivo de memoria del controlador 530. Después de que el conjunto 540 de sensor de posición se ha empleado para este propósito, el conjunto 540 de sensor de posición puede ser retirado del conjunto 520 de carro y el conjunto 550 de herramienta puede estar instalado en el conjunto 520 de carro. Usando el comando y la información de control almacenada en su dispositivo de memoria, el controlador 530 puede entonces controlar de forma autónoma el conjunto 520 de carro y el conjunto 550 de herramienta para realizar las operaciones de fabricación deseadas en los lugares deseados en la pieza 20 de trabajo. Diferentes conjuntos de herramientas pueden ser intercambiados a y desde el conjunto 520 de carro para llevar a cabo operaciones de fabricación diferentes según se desee.

Los conjuntos de fabricación que tienen el conjunto sensor de posición de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención pueden mejorar ventajosamente la calidad y eficiencia de las operaciones de fabricación sobre una pieza de trabajo. El conjunto de sensor de posición puede proporcionar un método relativamente rápido y automatizado de localizar con precisión el conjunto de fabricación sobre la pieza de trabajo utilizando una característica de indexación que puede ser ya parte de la pieza de trabajo o la estructura. La necesidad de puntos de índice de contacto físico, cuya exactitud puede degradarse, se reduce o se elimina. También se reduce o se elimina la necesidad de posicionar con precisión el conjunto de oruga en la pieza de trabajo al comienzo de las operaciones de fabricación. El sensor de posición puede determinar con precisión la ubicación del conjunto de fabricación sobre la pieza de trabajo y los datos correspondientes a las ubicaciones deseadas de las operaciones de fabricación (por ejemplo, el patrón de orificios para una pluralidad de operaciones de perforación) que se almacenan en memoria pueden simplemente girarse o transformarse en el espacio de la máquina en alineación y orientación apropiadas con la ubicación real del conjunto de la pista en la pieza de trabajo usando algoritmos de matriz de transformación estándar. De esta manera, se puede mejorar la precisión, consistencia y eficiencia de las operaciones de fabricación sobre la pieza de trabajo, y se pueden reducir los costes asociados con la realización, inspección y reelaboración de la pieza de trabajo.

El conjunto 500 de fabricación que tiene el conjunto 540 de sensor de posición proporciona además la capacidad de detectar una característica de índice en la pieza 20 de trabajo sin la necesidad de contacto físico entre sensores de contacto, calibradores de palpador u otros dispositivos físicos de contacto en el conjunto 520 de carro y las correspondientes características de contacto sobre la pieza 20 de trabajo. El elemento sensor puede detectar la característica de índice desde una distancia alejada de la característica de índice, eliminando así cualquier necesidad

- de contacto físico entre el elemento sensor y la característica de índice. Debido a que no hay contacto físico, el conjunto de sensor de posición puede proporcionar un rendimiento mejorado sobre sistemas de sensores alternativos que requieren contacto físico y que pueden estar doblados, dañados o degradados de otro modo durante el transporte, almacenamiento o durante la realización de operaciones de fabricación. De esta manera, el conjunto sensor de posición puede mejorar la precisión de los procesos de fabricación y puede reducir la mano de obra asociada con el proceso de orientación del conjunto de fabricación sobre la pieza de trabajo. Además, el conjunto de sensor de posición puede reducir o eliminar ventajosamente la posibilidad de dañar la superficie de la pieza de trabajo que de otro modo podría ser causada por contacto físico con la superficie, reduciendo la necesidad de reparaciones y reelaboración de la pieza de trabajo. De este modo, se puede mejorar la eficiencia global y el rendimiento de la operación de fabricación.
- Se puede apreciar que puede concebirse una variedad de formas de realización alternativas del aparato y métodos de acuerdo con la presente invención y que la invención no se limita al aparato y métodos particulares descritos anteriormente y mostrados en las figuras adjuntas. Por ejemplo, puede observarse que el conjunto 520 de carro y el conjunto 510 de oruga pueden asumir una amplia variedad de realizaciones alternativas, incluyendo, por ejemplo, los conjuntos de rail y carro enseñados por la Patente de los Estados Unidos No. 4,850,763 concedida a Jack et al, y cualquiera de los conjuntos de carro y ensamblajes de oruga descritos en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos copendiente número 10/016,524, de titularidad conjunta.
- En otro aspecto, se puede emplear un circuito 800 de control que recibe y mejora una señal de salida de un sensor analógico del conjunto 540 de sensor de posición. Por ejemplo, la figura 31 es un circuito 800 sensor para realizar una determinación de posición de acuerdo con otra realización alternativa de la invención. En esta realización, el circuito 800 sensor incluye una etapa de comparación por la que se hace que una señal 804 de salida de un sensor analógico funcione como un sensor de proximidad digital simultáneamente con su uso como un sensor 806 analógico. Como se muestra en la figura 31, la señal 804 de salida se alimenta a una primera porción de circuito 808 configurada para proporcionar una etapa de cambio de nivel y ganancia. La primera porción de circuito 808 puede proporcionar una respuesta óptima para diferentes tipos de superficies de piezas de trabajo. Una señal 810 analógica condicionada emitida por la primera porción de circuito 808 se proporciona al controlador 530 en un nodo 812 de salida analógica. Similarmente, la señal 810 analógica condicionada emitida por la primera porción de circuito 808 se proporciona como una entrada a una segunda porción 814 de circuito. La segunda porción 814 de circuito está configurada como una etapa de comparador de umbral que se dispara por encima o por debajo de una tensión de señal dada, proporcionando una señal 816 digital apropiada en un nodo 818 de salida digital. Los valores de ganancia, desplazamiento y umbral del circuito 800 sensor pueden ser constantes predeterminadas, o pueden ser programables por el controlador 530 según diferentes condiciones de funcionamiento.
- Los conjuntos de fabricación que incluyen el circuito 800 sensor pueden proporcionar una precisión de posición mejorada sobre sistemas alternativos. Debido a que el circuito 800 sensor puede recibir una señal analógica desde el elemento sensor y proporciona tanto una salida analógica acondicionada como una salida digital, el circuito de detección puede proporcionar una capacidad de comprobación cruzada de los resultados de la detección de posición de una característica de índice, permitiendo que el controlador compare y utilice señales analógicas y digitales de salida. El circuito 800 sensor también puede proporcionarse versatilidad mejorada al permitir que el conjunto de sensor de posición se utilice con controladores analógicos o digitales u otros componentes electrónicos deseados.
- Se puede apreciar que las diversas operaciones del conjunto 500 de fabricación pueden ser controladas por el controlador 530, incluyendo el posicionamiento del conjunto 520 de carro en el conjunto 510 de oruga, las operaciones del conjunto 540 de sensor de posición y el posicionamiento y acoplamiento del conjunto 550 de herramienta con respecto a la pieza 20 de trabajo. Estas operaciones pueden realizarse de una manera automatizada o semiautomática utilizando el controlador 534 equipado con métodos y algoritmos computarizados controlados numéricamente (CNC). Alternativamente, el posicionamiento puede realizarse de forma manual o parcialmente manual por un operador, tal como, por ejemplo, haciendo que el operador proporcione entradas de control manual al controlador 534, o interrumpiendo temporalmente o neutralizando los motores y accionadores mencionados anteriormente de los conjuntos 520, 560 de carro y sujeción para permitir el movimiento manual.
- Típicamente, para proporcionar un grado deseado de precisión de posición para llevar a cabo operaciones de fabricación, los centros de índice de dos características 21 de índice pueden determinarse usando los métodos y aparatos descritos anteriormente. Después de que se hayan determinado uno o más centros de índice de las características 21 de índice, se pueden usar algoritmos de control del conjunto 500 de fabricación para transformar un patrón de datos almacenados en una memoria de un sistema de control (por ejemplo en el controlador 530) en espacio de máquina para controlar las operaciones de fabricación realizadas por el conjunto 500 de fabricación en la pieza 20 de trabajo. Estas transformaciones pueden realizarse utilizando algoritmos matemáticos estándar bien conocidos comúnmente empleados en los procesos de mecanizado CNC actualmente existentes.
- Haciendo referencia de nuevo a las figuras 23 a 25, en otro aspecto más, el controlador 530 puede incluir un sistema de control CNC entero. Por ejemplo, en una realización particular, el controlador 530 incluye un servocontrolador de 8 ejes, y una pluralidad de servoamplificadores, servomotores y solenoides de aire. Debido a que el controlador 530 está unido directamente al conjunto 520 de carro (por ejemplo, al carro 50 de eje y), el controlador 530 viaja con el conjunto 520 de carro durante las operaciones de fabricación de rendimiento. De este modo, los enlaces o cables entre el controlador 530 y los otros componentes del conjunto 500 de fabricación para transmitir señales de control a

(y recibir señales de realimentación desde) los motores 40, 60 de accionamiento del conjunto 520 de carro, el conjunto 540 de sensor de posición, el conjunto 550 de herramienta y cualquier otro componente del conjunto de fabricación, se reducen o eliminan en gran medida. Un controlador 532 umbilical (figura 23) puede proporcionar aire de control, energía eléctrica y cables de comunicación desde una unidad 534 de suministro al controlador 530. Alternativamente, el control 532 umbilical también puede proporcionar fluido de alto volumen (por ejemplo, aire o hidráulica) para alimentar el conjunto 550 de herramienta.

El conjunto 500 de fabricación que tiene el controlador 530 montado en el conjunto 520 de carro puede mejorar adicionalmente la eficiencia y el rendimiento de las operaciones de fabricación. Debido a que el controlador 530 está montado en el conjunto 520 de carro, la cantidad de cables que se extienden entre el controlador 530 y las porciones del conjunto de carro (por ejemplo, el conjunto de accionamiento, el conjunto de sensor de posición, etc.) y el conjunto 550 de herramienta puede reducirse en comparación con los conjuntos de fabricación de la técnica anterior. Por lo tanto, el conjunto de fabricación puede proporcionar una movilidad mejorada del conjunto de carro sobre el conjunto de oruga porque el movimiento del conjunto de carro no está limitado por las longitudes de los cables de control que se extienden entre el conjunto de carro a un controlador remoto o por la movilidad de un controlador situado a distancia dentro de los confines del entorno de fabricación. La combinación del conjunto 520 de carro y el controlador 530 puede incluso permitir que un solo operador mueva estos componentes entre varias ubicaciones para llevar a cabo operaciones de fabricación en diferentes lugares o en diferentes piezas de trabajo, mejorando así la eficiencia y el rendimiento del proceso de fabricación.

La figura 32 es una representación esquemática de un conjunto 900 de fabricación según otra realización de la invención. En esta realización, el conjunto 900 de fabricación incluye una unidad 902 de sensor y un par de unidades 904 de herramienta que funcionan en un conjunto 510 de oruga (no visible) que está acoplado a una pieza 920 de trabajo contorneada. Las unidades 902, 904 de sensor y herramienta incluyen cada una un conjunto de carro como se ha descrito anteriormente. La unidad 902 de sensor también incluye un conjunto 540 de sensor de posición, mientras que las unidades 904 de herramienta incluyen un conjunto 550 de herramienta. Las unidades 902, 904 de sensor y herramienta están acopladas operativamente a un controlador 906 maestro, tal como por enlaces 908 de comunicación inalámbricos o cableados. Las unidades 902, 904 de sensor y herramienta también pueden incluir un controlador 530, como se ha descrito anteriormente.

En funcionamiento, cada una de las unidades 902, 904 de sensor y herramienta puede funcionar de forma autónoma bajo el control de sus respectivos controladores 530, o semiautónomamente bajo el control tanto del controlador 530 como del controlador 906 maestro, o puede ser totalmente controlada por el controlador 906 maestro. En una realización, la unidad 902 de sensor puede realizar la función de localizar diversas características de indexación distribuidas sobre la pieza 920 de trabajo de la manera descrita anteriormente, información que puede transmitirse al controlador 906 maestro. El controlador 906 maestro puede entonces proporcionar señales de mando y control a una o más unidades 904 de herramienta para posicionar con precisión las unidades 904 de herramienta y para realizar las operaciones de fabricación deseadas sobre la pieza 920 de trabajo. Alternativamente, las ubicaciones de las características de indexación pueden ser transmitidas desde la unidad 902 de sensor directamente a una o más de las unidades 904 de herramienta y las unidades 904 de herramienta pueden funcionar de manera autónoma para realizar las operaciones de fabricación deseadas en los lugares apropiados en la pieza 920 de trabajo. Después de localizar las características de indexación sobre una primera porción de la pieza 920 de trabajo, la unidad 902 de sensor puede moverse automáticamente hacia una parte siguiente o puede ordenarse que proceda a la siguiente porción de la pieza 920 de trabajo por el controlador 906 maestro para dejar espacio para las unidades 904 de herramienta o para localizar características de índice adicionales.

El conjunto 900 de fabricación puede mejorar adicionalmente la eficiencia y el rendimiento de las operaciones de fabricación. Como se ha indicado anteriormente, debido a que el controlador 530 de cada unidad 902, 904 está montado en el conjunto 520 de carro, el número de cables y alambres asociados con cada unidad 902, 904 puede reducirse, mejorando así la movilidad de cada unidad sobre la pieza 920 de trabajo. Debido a que puede reducirse la necesidad de cables que se extienden entre cada una de las unidades 902, 904 y un controlador remoto, el número de unidades 902, 904 diferentes que pueden localizarse y operarse en una proximidad relativamente cercana en un único conjunto de orugas puede ser aumentado. De este modo, se puede mejorar la eficiencia y el rendimiento de las operaciones de fabricación.

Operaciones de Manufactura Servocontroladas

Haciendo referencia de nuevo a la figura 24, en una realización particular, un conjunto 500 de fabricación de acuerdo con la presente invención incluye un conjunto 510 de oruga acoplable de forma controlable a una pieza 20 de trabajo y un conjunto 520 de carro acoplado de forma móvil al conjunto 510 de oruga. El controlador 530 está montado en el conjunto de carro y está acoplado operativamente al conjunto de herramienta servocontrolado 550 y al conjunto 520 de carro. De nuevo, se apreciará que el conjunto 510 de oruga y el conjunto 520 de carro son sustancialmente similares a la pista y las realizaciones de conjunto de carro descritas anteriormente con respecto a las figuras 9-11. Como se describe con mayor detalle a continuación, el conjunto 500 de fabricación que tiene el conjunto de herramienta 550 servocontrolada puede mejorar ventajosamente la precisión y eficiencia de las operaciones de fabricación realizadas sobre la pieza 20 de trabajo.

- 5 La figura 33 es una vista en alzado frontal agrandada del conjunto 550 de herramientas servocontroladas del conjunto 500 de fabricación de la figura 24. Las figuras 34 y 35 son vistas expuestas en alzado y en elevación lateral, respectivamente, del conjunto 550 de herramientas servocontroladas de la figura 33. En esta realización, el conjunto 550 de herramientas incluye un módulo 552 de husillo de perforación y una unidad 554 de accionamiento (o unidad de alimentación). El módulo 552 de husillo de perforación incluye un árbol 556 de motor dispuesto centralmente que tiene los devanados 558 de inducido (figura 34) dispuestos sobre el mismo. El árbol 556 del motor 556 incluye una pinza 552 de sujeción que sujeta un miembro 560 de perforación que puede estar enganchado con la pieza 20 de trabajo 20.
- 10 El árbol 556 de motor incluye además un depósito 555 de lubricación situado en el extremo superior del árbol 556 de motor y un canal 557 de lubricación (figura 33) que se extiende longitudinalmente a través de la longitud del árbol 556 de motor desde el depósito 555 de lubricación hasta el miembro 560 de perforación para permitir que el lubricante se aplique a través del eje 556 al miembro 560 de perforación. Un casquillo 563 piloto se extiende hacia abajo alrededor del miembro 560 de perforación y se aplica de forma segura contra la pieza 20 de trabajo durante una operación de fabricación. Un alojamiento 564 de motor de husillo que tiene una pluralidad de puertos 565 de refrigeración de aire está dispuesto alrededor del árbol 556 de motor y un conjunto 566 de campo (figura 34) está situado dentro del alojamiento 564 de motor y próximo a los devanados 558 de inducido del árbol 556 de motor. El conjunto 566 de campo puede incluir uno o más imanes permanentes de tierras raras que, en combinación con los devanados 558 de inducido, proporcionan un motor sin escobillas ligero. Una cubierta 569 superior (retirada en la vista parcialmente expuesta en la figura 34) cubre la porción superior del alojamiento 564 del motor del husillo. Como se muestra adicionalmente en la figura 34, un codificador 568 de velocidad de taladro está montado en el árbol 556 de motor.
- 15 Con la referencia continua a las figuras 33-35, la unidad 554 de accionamiento del conjunto 550 de herramienta incluye un miembro 570 de base acoplado de forma deslizable a una plataforma 572 de accionamiento por cuatro barras de guía 574 espaciadas circunferencialmente. En esta realización, la plataforma 572 de accionamiento está acoplado al módulo 552 de husillo de perforación mientras que el miembro 570 de base está acoplado al conjunto 520 de carro.
- 20 El árbol 556 de motor del módulo 552 de husillo de perforación está montado de forma giratoria a través del miembro 570 de base y la plataforma 572 de accionamiento mediante un cojinete 571 giratorio. Aunque el alojamiento 564 del motor (y el conjunto 566 de campo) se muestran en las figuras adjuntas como acopladas a la plataforma 572 de accionamiento, en realizaciones alternativas, el alojamiento 564 del motor puede acoplarse al miembro 570 de base o al miembro de base y la plataforma 572 de accionamiento.
- 25 Como se muestra mejor en la figura 33, la unidad 554 de accionamiento (o unidad de alimentación) incluye dos tornillos 576 de bolas que se extienden entre el miembro 570 de base y la plataforma 572 de accionamiento. Un servomotor 578 está montado en la plataforma 572 de accionamiento y está acoplado a cada uno de los tornillos 576 de bolas mediante una correa 580 de transmisión (figura 35). Como se muestra en la figura 34, las correas 580 de transmisión están enganchadas sobre una pluralidad de tensores 582 de correa que ayudan a mantener el acoplamiento positivo de las correas 580 de transmisión con los tornillos 576 de bolas. El servomotor 578 y el módulo 552 de husillo de perforación, incluyen el codificador 568 de velocidad de perforación, están acoplados operativamente al controlador 530.
- 30 En funcionamiento, el conjunto 520 de carro está situado en una posición deseada sobre la pieza 20 de trabajo de la manera descrita anteriormente. La unidad 554 de accionamiento del conjunto 550 de herramienta puede ser entonces activada por el controlador 530, haciendo que el servomotor 578 accione los tornillos 576 de bolas, propulsando la plataforma 572 de accionamiento hacia el miembro 570 de base y, por lo tanto, accionando el módulo 552 de husillo de perforación hacia la pieza 20 de trabajo y acoplado el casquillo 563 de piloto con la pieza 20 de trabajo. De manera similar, la operación de fabricación deseada sobre la pieza 20 de trabajo. Después de la operación de fabricación, el módulo 552 de husillo de perforación puede activarse para preparar el miembro 560 de perforación para el acoplamiento con la pieza 20 de trabajo. Cuando la unidad 554 de accionamiento continúa accionando la plataforma 572 de accionamiento hacia el miembro 570 de base, el miembro 560 de perforación es accionado dentro de la pieza 20 de trabajo, realizando la operación de fabricación deseada sobre la pieza 20 de trabajo. Después de que se realiza la operación de fabricación, el controlador 530 puede transmitir señales de control apropiadas al servomotor 578 para girar los tornillos 576 de bolas en la dirección opuesta, extrayendo de este modo la plataforma de 572 accionamiento lejos del miembro 570 de base y retirando el módulo 552 de husillo de perforación de la pieza 20 de trabajo. El conjunto 520 de carro puede entonces ser reposicionado en una nueva ubicación y el proceso repetido como deseado.
- 35 Los conjuntos de fabricación que tienen conjuntos de herramientas servocontrolados de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención pueden mejorar ventajosamente la calidad y la eficacia de las operaciones de fabricación sobre una pieza de trabajo. Por ejemplo, el conjunto 550 de herramienta servocontrolado de acuerdo con la presente invención proporciona un aparato de fabricación extremadamente ligero. Específicamente, debido a que el conjunto 550 de herramienta combina un conjunto 566 de campo que puede incluir uno o más imanes de tierras raras con los devanados 558 de inducido en el árbol 556 de motor para proporcionar un motor sin escobillas, el conjunto 550 de herramienta puede ser considerablemente más ligero que el estado de la técnica, conjuntos de herramientas impulsados neumáticamente. Se obtienen ahorros adicionales de peso proporcionando el árbol 556 de motor que incorpora el collarín 562 de sujeción de taladro y que incluye el canal 557 de lubricante interno. Además, se proporcionan todos los componentes del módulo 552 de husillo de perforación, incluyendo el motor sin marco, en un eje y compartir un conjunto de rodamientos rotativos. Por lo tanto, los conjuntos de herramientas servocontrolados de
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60

5 acuerdo con las enseñanzas de la presente invención pueden ser conjuntos de herramientas de la técnica anterior sustancialmente más claros, proporcionando capacidad de control y precisión mejoradas durante las operaciones de fabricación. Además, debido a que los conjuntos de herramientas son más ligeros, la configuración y desmontaje del conjunto 500 de fabricación puede simplificarse y la eficiencia y el rendimiento de las operaciones de fabricación pueden mejorarse.

10 Además, debido a que la velocidad de alimentación de la unidad 554 de accionamiento puede controlarse con precisión a través del servomotor 578, el conjunto 550 de herramientas servocontroladas puede proporcionar un rendimiento mejorado respecto a los conjuntos de herramientas de la técnica anterior. Por ejemplo, controlando la velocidad de rotación del árbol 556 de motor a través del codificador 568 de velocidad, el controlador 530 puede transmitir señales de control apropiadas al servomotor 578 (o al módulo 552 de husillo de perforación) para proporcionar una relación deseada entre la velocidad de rotación del eje y la velocidad de alimentación del módulo 552 de husillo de perforación. En una realización, por ejemplo, el controlador 530 puede controlar cuidadosamente la velocidad de alimentación y/o la velocidad de rotación del módulo 552 de husillo de perforación para proporcionar una velocidad de perforación máxima hacia la pieza de trabajo. Alternativamente, el controlador 530 puede controlar el conjunto de herramienta para mantener una carga de trabajo deseada en el módulo 552 de husillo de perforación, o para proporcionar la operación de perforación de la más alta calidad. La capacidad de control mejorada del conjunto 550 de herramientas servocontroladas puede ser particularmente eficaz en los casos en que las características físicas de la pieza 20 de trabajo son variables, tal como para una pieza 20 de trabajo que incluye una pluralidad de capas de materiales diferentes que tienen diferentes valores de dureza. En este caso, el controlador 530 puede ajustar de forma rápida y eficaz la velocidad de avance proporcionada por el servomotor 578 para mantener la velocidad de perforación deseada del módulo 552 de husillo de perforación. Por lo tanto, utilizando conjuntos de herramientas servocontroladas de acuerdo con la presente invención, la velocidad del taladro y la velocidad de alimentación pueden controlarse con precisión para proporcionar un rendimiento óptimo y mejorar el rendimiento de la fabricación.

25 Se puede apreciar que una variedad de formas de realización alternativas del aparato y métodos pueden concebirse de acuerdo con la presente invención y que la invención no está limitada al aparato y métodos particulares descritos anteriormente y mostrados en las figuras adjuntas. Por ejemplo, puede observarse que el conjunto 520 de carro y el conjunto 510 de oruga pueden asumir una amplia variedad de realizaciones alternativas, incluyendo, por ejemplo, los conjuntos de raíl y carro enseñados por la Patente de los Estados Unidos No. 4,850,763 concedida a Jack et al, y cualquiera de los conjuntos de carro y ensamblajes de oruga descritos en la Solicitud de Patente de titularidad conjunta, de los Estados Unidos número 10/016,524, copendiente.

30 También puede observarse que en formas de realización alternativas, el módulo 552 de husillo de perforación puede ser reemplazado con una amplia variedad de herramientas de fabricación para realizar cualquier operación de fabricación deseada sobre la pieza 20 de trabajo. En realizaciones alternativas, por ejemplo, el módulo 552 de husillo de perforación pueden ser reemplazados por uno o más remaches, tiradores dentales mecánicos y electromagnéticos, soldadores, llaves, abrazaderas, lijadoras, clavadoras, pistolas de tornillo, enrutadores, desengrasantes, arandelas, grabadoras, herramientas de desbarbado, láseres, aplicadores de cintas o virtualmente cualquier otro tipo deseado de herramientas de fabricación o instrumentos de medición.

35 Conclusión

40 Aunque se han ilustrado y descrito realizaciones específicas de la invención, como se ha indicado anteriormente, pueden realizarse muchos cambios sin apartarse del espíritu y alcance de la invención. Por consiguiente, el alcance de la invención no debe estar limitado por la descripción de las realizaciones específicas expuestas anteriormente. En su lugar, la invención debe determinarse enteramente haciendo referencia a las reivindicaciones que siguen.

45 La presente invención comprende los aspectos definidos en las siguientes cláusulas que forman parte de la presente descripción, pero no son reivindicaciones, de acuerdo con la decisión J15/88 de la Junta Legal de Apelaciones de la Oficina Europea de Patentes.

(1) Un aparato para soportar una herramienta con respecto a una superficie de una pieza de trabajo, comprendiendo el aparato:

una base adaptada para ser fijada a la pieza de trabajo;

50 un soporte de herramienta acoplado a la base y móvil a lo largo de un eje de traslación con relación a la pieza de trabajo;

y

un dispositivo de inclinación acoplado operativamente a al menos uno de la base y el soporte de herramienta, estando adaptado el dispositivo de inclinación para compensar al menos parcialmente una fuerza ejercida sobre el soporte de herramienta a lo largo del eje de traslación.

55 (2) El aparato de la cláusula 1, en el que el eje de traslación tiene al menos un componente que es perpendicular a una normal local a la superficie de la pieza de trabajo.

- (3) El aparato de la cláusula 1, en el que el soporte de herramienta está acoplado de forma deslizable a la base a lo largo de un raíl de guía.
- (4) El aparato de la cláusula 1, en el que el soporte de herramienta es móvil en una primera y segunda direcciones a lo largo del eje de traslación.
- 5 (5) El aparato de la cláusula 1, en el que el dispositivo de inclinación incluye un accionador neumático.
- (6) El aparato de la cláusula 1, en el que el dispositivo de inclinación incluye un motor.
- (7) El aparato de la cláusula 1, en el que el dispositivo de inclinación incluye un motor de par constante.
- (8) El aparato de la cláusula 1, en el que el eje de inclinación está alineado con el eje de traslación.
- 10 (9) El aparato de la cláusula 1, en el que el dispositivo de inclinación es direccionable de manera controlable en una orientación de direccionamiento a lo largo del eje de empuje.
- (10) El aparato de la cláusula 1, en el que la base incluye:
al menos un miembro de raíl alargado acoplable a la superficie de la pieza de trabajo; y
un conjunto de carro acoplado de forma móvil al al menos un miembro de raíl, estando el soporte de herramienta acoplado al conjunto de carro.
- 15 (11) El aparato de la cláusula 10, en el que la dirección de traslación es al menos parcialmente transversal a por lo menos un miembro de raíl alargado.
- (12) El aparato de la cláusula 10, en el que el conjunto de carro incluye un conjunto de accionamiento que tiene un motor de accionamiento que se acopla operativamente al al menos un miembro de raíl y está adaptado para accionar el conjunto de carro a lo largo de al menos un miembro de raíl.
- 20 (13) El aparato de la cláusula 1, en el que la base incluye:
primero y segundo raíles flexibles alargados, estando los raíles espaciados y aproximadamente paralelos entre sí;
una pluralidad de dispositivos de fijación al vacío conectados a cada raíl y espaciados a intervalos a lo largo de la misma para fijar de forma liberable cada raíl a la superficie de la pieza de trabajo por vacío; y
un carro acoplado al soporte de herramienta y que se acopla de forma móvil a los raíles, siendo el carro desplazable a lo largo de los raíles para posicionar el soporte de herramienta en diversos lugares con respecto a la pieza de trabajo.
- 25 (14) Conjunto para realizar una operación de fabricación sobre una superficie de una pieza de trabajo, comprendiendo el conjunto:
una base adaptada para ser fijada a la pieza de trabajo;
un soporte de herramienta acoplado a la base y móvil a lo largo de un eje de traslación con relación a la pieza de trabajo;
- 30 una herramienta de fabricación acoplada al soporte de herramienta y adaptada para acoplarse con la superficie de la pieza de trabajo para realizar la operación de fabricación sobre la superficie de la pieza de trabajo; y
un dispositivo de desviación acoplado operativamente a al menos una de la base y al soporte de herramienta, estando adaptado el dispositivo de inclinación para compensar al menos parcialmente una fuerza ejercida sobre el soporte de herramienta a lo largo del eje de traslación.
- 35 (15) El conjunto de la cláusula 14, en el que el eje de traslación tiene al menos un componente que es perpendicular a una normal local a la superficie de la pieza de trabajo.
- (16) El aparato de la cláusula 14, en el que el soporte de herramienta está acoplado de forma deslizable a la base a lo largo de un raíl de guía.
- 40 (17) El aparato de la cláusula 14, en el que el soporte de herramienta es movable en una primera y segunda direcciones a lo largo del eje de traslación.
- (18) El aparato de la cláusula 14, en el que el dispositivo de inclinación incluye un accionador neumático.
- (19) El aparato de la cláusula 14, en el que el dispositivo de inclinación incluye un motor.
- (20) El aparato de la cláusula 14, en el que el dispositivo de inclinación incluye un motor de par constante.

- (21) El aparato de la cláusula 14, en el que el eje de inclinación está alineado con el eje de traslación.
- (22) El aparato de la cláusula 14, en el que el dispositivo de inclinación es direccionable de manera controlable en una orientación de direccionamiento a lo largo del eje de inclinación.
- 5 (23) El aparato de la cláusula 14, en el que la base incluye: al menos un miembro de raíl alargado acoplable a la superficie de la pieza de trabajo; y
un conjunto de carro acoplado de forma móvil al al menos un miembro de raíl, estando el soporte de herramienta acoplado al conjunto de carro.
- (24) El aparato de la cláusula 23, en el que la dirección de traslación es al menos parcialmente transversal al al menos un miembro de raíl alargado.
- 10 (25) El aparato de la cláusula 23, en el que el conjunto de carro incluye un conjunto de accionamiento que tiene un motor de accionamiento que se acopla operativamente al al menos un miembro de raíl y está adaptado para accionar el conjunto de carro a lo largo de al menos un miembro de raíl.
- (26) El conjunto de la cláusula 14, en el que la base incluye:
primero y segundo raíles flexibles alargados, estando los raíles espaciados y aproximadamente paralelos entre sí;
15 una pluralidad de dispositivos de fijación al vacío conectados a cada raíl y espaciados a intervalos a lo largo de la misma para fijar de forma liberable cada raíl a la superficie de la pieza de trabajo por vacío; y un carro acoplado al soporte de herramienta y que se acopla de forma móvil a los raíles, siendo el carro desplazable a lo largo de los raíles para posicionar el soporte de herramienta en varios lugares con respecto a la pieza de trabajo.
- 20 (27) El conjunto de la cláusula 14, en el que la herramienta de fabricación incluye un taladro y la operación de fabricación incluye una operación de perforación.
- (28) Método para realizar una operación de fabricación sobre una superficie de una pieza de trabajo, comprendiendo el método:
soportar de forma móvil una herramienta de fabricación próxima a una superficie de la pieza de trabajo, siendo la herramienta de fabricación desplazable a lo largo de una dirección de traslación sobre la superficie de la pieza de trabajo; y
25 proporcionar una fuerza de inclinación en una orientación de direccionamiento utilizando un dispositivo de inclinación, siendo la orientación de direccionamiento sustancialmente paralela a la dirección de traslación.
- (29) El método de la cláusula 28, en el que soportar de forma móvil una herramienta de fabricación próxima a una superficie de la pieza de trabajo incluye soportar de manera deslizante la herramienta de fabricación sobre un raíl de guiado situado cerca de la superficie de la pieza de trabajo, siendo la herramienta de fabricación desplazable en una primera dirección de traslación a lo largo del raíl guía, y también en una segunda dirección de traslación orientada opuestamente a la primera dirección de traslación.
- 30 (30) El método de la cláusula 28, en el que proporcionar una fuerza de inclinación en una orientación de direccionamiento utilizando un dispositivo de inclinación incluye proporcionar una fuerza de inclinación que está adaptada para contrapesar una fuerza ejercida sobre la herramienta de fabricación a lo largo de la dirección de traslación.
- 35 (31) El método de la cláusula 30, en el que proporcionar una fuerza de inclinación que está adaptada para contrapesar una fuerza ejercida sobre la herramienta de fabricación incluye proporcionar una fuerza de inclinación que está adaptada para contrapesar una fuerza gravitacional ejercida sobre la herramienta de fabricación.
- 40 (32) El método de la cláusula 28, en el que proporcionar una fuerza de inclinación en una orientación de inclinación utilizando un dispositivo de inclinación incluye proporcionar una fuerza de inclinación que está orientada opuesta a la dirección de traslación.
- (33) El método de la cláusula 28, en el que proporcionar una fuerza de inclinación en una orientación de direccionamiento utilizando un dispositivo de inclinación incluye proporcionar una fuerza de inclinación en una orientación de direccionamiento utilizando un cilindro de inclinación.
45
- (34) El método de la cláusula 28, en el que proporcionar una fuerza de inclinación en una orientación de direccionamiento utilizando un dispositivo de inclinación incluye proporcionar una fuerza de inclinación en una orientación de direccionamiento utilizando un motor.
- 50 (35) El método de la cláusula 28, que comprende además mover la herramienta de fabricación a lo largo de la dirección de la traducción.

- (36) El método de la cláusula 28, que comprende además realizar la operación de fabricación con la herramienta de fabricación sobre la superficie de la pieza de trabajo.
- (37) El método de la cláusula 36, en el que la herramienta de fabricación incluye un taladro y la operación de fabricación incluye una operación de perforación.
- 5 (38) Método para realizar una operación de fabricación sobre una superficie de una pieza de trabajo, comprendiendo el método:
- fijar de forma desmontable un miembro de soporte a la superficie de la pieza de trabajo;
- fijar de forma móvil una herramienta de fabricación al elemento de soporte, siendo la herramienta de fabricación desplazable con relación al elemento de soporte a lo largo de una dirección de traslación sobre la superficie de la pieza de trabajo;
- 10 enganchar de forma segura la herramienta de fabricación con la superficie de la pieza de trabajo; y
- con la herramienta de fabricación acoplada de forma segura con la superficie de la pieza de trabajo, separando el miembro de soporte de la superficie de la pieza de trabajo; y
- 15 con la herramienta de fabricación acoplada de forma segura con la superficie de la pieza de trabajo, desplazando el miembro de soporte con relación a la herramienta de fabricación.
- (39) El método de la cláusula 38, en el que fijar de forma separable un miembro de soporte a la superficie de la pieza de trabajo incluye fijar de forma separable un par de miembros de rail alargados a la superficie de la pieza de trabajo.
- (40) El método de la cláusula 38, en el que la fijación separable de un miembro de soporte a la superficie de la pieza de trabajo incluye proporcionar un vacío a un conjunto de vacío para fijar de forma desmontable el miembro de soporte a la superficie de la pieza de trabajo.
- 20 (41) El método de la cláusula 38, en el que el movimiento del elemento de soporte con respecto a la herramienta de fabricación incluye mover el miembro de soporte a lo largo de un eje x con relación a la herramienta de fabricación, siendo el eje x aproximadamente perpendicular con la dirección de la traducción.
- (42) El método de la cláusula 38, en el que el movimiento del miembro de soporte con respecto a la herramienta de fabricación incluye mover el miembro de soporte a lo largo de un eje x con respecto a la herramienta de fabricación, siendo el eje x aproximadamente perpendicular con la dirección de la traducción y con una normal local a la superficie de la pieza de trabajo.
- 25 (43) Un aparato para soportar una herramienta de fabricación con relación a una pieza de trabajo, comprendiendo el aparato:
- 30 un conjunto de oruga adaptado para ser fijado a la pieza de trabajo;
- un carro acoplado de forma móvil al conjunto de oruga y móvil con respecto a la pieza de trabajo a lo largo de un eje de traslación, incluyendo el carro un soporte de herramienta adaptado para recibir y soportar una herramienta de fabricación; y
- 35 un conjunto de soporte de fuerza opuesta acoplado operativamente al carro y adaptado para ser asegurado a la pieza de trabajo para compensar al menos parcialmente una fuerza de fabricación ejercida sobre la pieza de trabajo por la herramienta de fabricación.
- (44) El aparato de la cláusula 43, en el que el conjunto de soporte de fuerza opuesta incluye un pasador de sujeción adaptado para acoplar un orificio en la pieza de trabajo, y un accionador de sujeción acoplado operativamente al pasador de sujeción y adaptado para accionar el pasador de sujeción en acoplamiento seguro con la pieza de trabajo.
- 40 (45) El aparato de la cláusula 43 en el que el conjunto de soporte de fuerza opuesta incluye un conjunto de copa de vacío adaptado para asegurar a una superficie de la pieza de trabajo.
- (46) El aparato de la cláusula 43 en el que el conjunto de soporte de fuerza opuesta incluye un pasador roscado adaptado para acoplar por roscado un orificio roscado en la pieza de trabajo.
- (47) El aparato de la cláusula 43, en el que el conjunto de soporte de fuerza opuesta incluye:
- 45 un primer miembro acoplado de forma móvil al carro y movable a lo largo de un primer eje;
- un primer accionador acoplado al primer miembro y al carro y adaptado para mover el primer miembro a lo largo del primer eje;
- un segundo miembro acoplado de forma móvil al primer miembro y movable a lo largo de un segundo eje orientado

ortogonalmente con respecto al primer eje;

un segundo accionador acoplado al segundo miembro y al primer miembro y adaptado para mover el segundo miembro a lo largo del segundo eje;

y un dispositivo de fijación acoplado al segundo miembro y adaptado para ser fijado a la pieza de trabajo.

- 5 (48) El aparato de la cláusula 47, en el que el dispositivo de seguridad está acoplado al segundo miembro mediante un tercer accionador, estando adaptado el tercer accionador para mover el dispositivo de sujeción a lo largo de un tercer eje orientado ortogonalmente al primero y segundo ejes.
- 10 (49) El aparato de la cláusula 48, en el que el segundo eje es aproximadamente paralelo con el eje de traslación del carro, y en el que el primer eje está adaptado para ser aproximadamente paralelo con un eje longitudinal de la herramienta de fabricación.
- (50) El aparato de la cláusula 49, en el que el primer elemento está acoplado de forma móvil a un par de miembros alargados en el carro, estando adaptados los miembros alargados para ser aproximadamente paralelos con un eje longitudinal de la herramienta de fabricación.
- 15 (51) El aparato de la cláusula 49, en el que el segundo miembro está acoplado de forma móvil a un par de miembros alargados sobre el primer miembro, estando adaptados los miembros alargados para que sean aproximadamente paralelos al eje de traslación del carro.
- (52) El aparato de la cláusula 43, en el que el conjunto de oruga incluye al menos un raíl y en el que el carro está acoplado de forma rodante al raíl.
- 20 (53) El aparato de la cláusula 43, en el que el carro incluye una porción de eje x acoplada de forma móvil al conjunto de oruga y una porción de eje y acoplada de forma móvil a la porción de eje x y móvil con respecto a la porción de eje x a lo largo un eje y orientado transversalmente al eje de traslación.
- (54) El aparato de la cláusula 43, en el que el carro incluye un conjunto de accionamiento que tiene un motor de accionamiento que se acopla de forma operativa al conjunto de oruga y está adaptado para accionar el carro a lo largo del conjunto de oruga.
- 25 (55) Conjunto para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el conjunto:
un conjunto de oruga adaptado para ser fijado a la pieza de trabajo;
un carro acoplado de forma móvil al conjunto de oruga y móvil con respecto a la pieza de trabajo a lo largo de un eje de traslación, incluyendo el carro un soporte de herramienta adaptado para recibir y soportar una herramienta de fabricación;
- 30 una herramienta de fabricación acoplada al soporte de herramienta y adaptada para acoplarse con la pieza de trabajo para realizar la operación de fabricación sobre la pieza de trabajo; y
un conjunto de soporte de fuerza opuesta acoplado operativamente al carro y adaptado para ser asegurado a la pieza de trabajo para compensar al menos parcialmente una fuerza de fabricación ejercida sobre la pieza de trabajo por la herramienta de fabricación.
- 35 (56) El conjunto de la cláusula 55, en el que el conjunto de soporte de fuerza opuesta incluye un pasador de sujeción adaptado para acoplar un agujero en la pieza de trabajo, y un accionador de sujeción acoplado operativamente al pasador de sujeción y adaptado para accionar el pasador de sujeción en contacto seguro con la pieza de trabajo.
- (57) El conjunto de la cláusula 55, en el que el conjunto de soporte de fuerza opuesta incluye un conjunto de copa de vacío adaptado para fijarse a una superficie de la pieza de trabajo.
- 40 (58) El conjunto de la cláusula 55, en el que el conjunto de soporte de fuerza opuesta incluye un pasador roscado adaptado para acoplar por roscado un orificio roscado en la pieza de trabajo.
- (59) El conjunto de la cláusula 55, en el que el conjunto de soporte de fuerza opuesta incluye:
un primer miembro acoplado de forma móvil al carro y movable a lo largo de un primer eje;
un primer accionador acoplado al primer miembro y al carro y adaptado para mover el primer miembro a lo largo del primer eje;
- 45 un segundo miembro acoplado de forma móvil al primer elemento y movable a lo largo de un segundo eje orientado ortogonalmente con respecto al primer eje;
un segundo accionador acoplado al segundo miembro y al primer miembro y adaptado para mover el segundo miembro

a lo largo del segundo eje; y

un dispositivo de sujeción acoplado al segundo miembro y adaptado para ser fijado a la pieza de trabajo.

- 5 (60) El conjunto de la cláusula 59, en el que el dispositivo de fijación está acoplado al segundo miembro mediante un tercer accionador, estando adaptado el tercer accionador para mover el dispositivo de seguridad a lo largo de un tercer eje orientado ortogonalmente al primero y segundo ejes.
- (61) El conjunto de la cláusula 60, en el que el segundo eje es aproximadamente paralelo con el eje de traslación del carro, y en el que el primer eje está adaptado para ser aproximadamente paralelo con un eje longitudinal de la herramienta de fabricación.
- 10 (62) El conjunto de la cláusula 61, en el que el primer miembro está acoplado de forma móvil a un par de miembros alargados en el carro, estando adaptados los miembros alargados para que sean aproximadamente paralelos a un eje longitudinal de la herramienta de fabricación.
- (63) El conjunto de la cláusula 61, en el que el segundo miembro está acoplado de forma móvil a un par de miembros alargados sobre el primer miembro, estando adaptados los miembros alargados para que sean aproximadamente paralelos al eje de traslación del carro.
- 15 (64) El conjunto de la cláusula 55, en el que el conjunto de orugas incluye al menos un raíl y en el que el carro está acoplado de forma rodante al raíl.
- (65) El conjunto de la cláusula 55, en el que el carro incluye una parte de eje x acoplada de forma móvil al conjunto de oruga y una porción de eje y acoplada de forma móvil a la porción de eje x y móvil con respecto a la porción de eje x a lo largo de un eje y orientado transversalmente a la traducción eje.
- 20 (66) El conjunto de la cláusula 55, en el que el carro incluye un conjunto de accionamiento que tiene un motor de accionamiento que se acopla operativamente con el conjunto de oruga y adaptado para accionar el carro a lo largo del conjunto de oruga.
- (67) El conjunto de la cláusula 55, en el que la herramienta de fabricación incluye un taladro y la operación de fabricación incluye una operación de perforación.
- 25 (68) Un método para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el método:
soportar de forma móvil un conjunto de fabricación próximo a una superficie de la pieza de trabajo, incluyendo el conjunto de fabricación una herramienta de fabricación y un conjunto de soporte de fuerza opuesta, siendo el conjunto de fabricación movable a lo largo de una dirección de traslación que es al menos parcialmente una dirección perpendicular a una zona normal a una superficie de la pieza de trabajo;
- 30 aplicar una fuerza de fabricación contra la pieza de trabajo utilizando la herramienta de fabricación, estando la fuerza de fabricación al menos parcialmente a lo largo de la normalidad local; y
simultáneamente con la aplicación de la fuerza de fabricación contra la pieza de trabajo, aplicar una fuerza de oposición contra la pieza de trabajo usando el conjunto de soporte de la fuerza de oposición, estando la fuerza de oposición en una dirección sustancialmente paralela con y opuesta a la fuerza de fabricación.
- 35 (69) El método de la cláusula 68, en el que soportar de forma móvil un conjunto de fabricación próximo a una superficie de la pieza de trabajo incluye soportar de forma de manera deslizante el conjunto de fabricación sobre un raíl situado próximo de la superficie de la pieza de trabajo.
- (70) El método de la cláusula 68, en el que aplicar una fuerza opuesta contra la pieza de trabajo incluye insertar un pasador de sujeción en un agujero en la pieza de trabajo y accionar un accionador de sujeción acoplado operativamente al pasador de sujeción.
- 40 (71) El método de la cláusula 68, en el que aplicar una fuerza opuesta contra la pieza de trabajo incluye aplicar una presión de vacío a una superficie de la pieza de trabajo.
- (72) El método de la cláusula 68, en el que aplicar una fuerza opuesta contra la pieza de trabajo incluye insertar un elemento roscado en un agujero roscado en la pieza de trabajo y accionar un accionador acoplado operativamente al miembro roscado.
- 45 (73) El método de la cláusula 68, en el que aplicar una fuerza opuesta contra la pieza de trabajo incluye aplicar una fuerza opuesta que compensa al menos aproximadamente la fuerza de fabricación.
- (74) El método de la cláusula 68, que comprende además mover la herramienta de fabricación a lo largo de la dirección de traslación simultáneamente con la aplicación de la fuerza opuesta contra la pieza de trabajo utilizando el conjunto de soporte de fuerza opuesta.
- 50

- (75) El método de la cláusula 68, que comprende además realizar la operación de fabricación sobre la pieza de trabajo utilizando la herramienta de fabricación.
- (76) El método de la cláusula 68, en el que la herramienta de fabricación incluye un taladro y la operación de fabricación incluye una operación de perforación.
- 5 (77) Un aparato para soportar una herramienta de fabricación con relación a una pieza de trabajo, comprendiendo el aparato:
un conjunto de oruga adaptado para ser fijado a la pieza de trabajo e incluyendo al menos un raíl, teniendo el raíl un eje neutro que se extiende longitudinalmente y una cremallera que se extiende a lo largo de una línea de paso que coincide al menos aproximadamente con el eje neutro que se extiende longitudinalmente.
- 10 (78) El aparato de la cláusula 77, en el que la cremallera está formada integralmente en el raíl.
(79) El aparato de la cláusula 77, en el que la cremallera comprende una pluralidad de aberturas.
(80) El aparato de la cláusula 77, en el que la cremallera comprende una pluralidad de aberturas, al menos algunas de las aberturas que son ahusadas, aberturas en forma de cuña.
- 15 (81) El aparato de la cláusula 77, en el que la cremallera comprende una pluralidad de aberturas, al menos algunas de las aberturas que son ahusadas, aberturas con forma cónica.
(82) El aparato de la cláusula 77, en el que el raíl comprende un miembro sustancialmente plano que tiene una anchura sustancialmente mayor que un espesor del miembro sustancialmente plano, siendo sustancialmente más plano el miembro sustancialmente plano en flexión alrededor de un eje rígido que se extiende en una primera dirección alineado a lo largo del espesor del elemento sustancialmente plano y siendo sustancialmente más flexibles en flexión alrededor de un eje de doblamiento que se extiende en una segunda dirección alineada a lo largo de la anchura del miembro sustancialmente plano.
- 20 (83) El aparato de la cláusula 77, en el que el raíl comprende un primer raíl y en el que el conjunto de oruga incluye un segundo raíl orientado aproximadamente paralelo al primer raíl, teniendo los raíles primero y segundo un eje neutro que se extiende longitudinalmente y una cremallera, extendiéndose la cremallera a lo largo de una línea de paso que coincide al menos aproximadamente con el eje neutro que se extiende longitudinalmente.
- 25 (84) El aparato de la cláusula 77, en el que el conjunto de orugas incluye:
primero y segundo raíles flexibles alargados, estando los raíles espaciados y aproximadamente paralelos entre sí; y
una pluralidad de dispositivos de fijación al vacío conectados a cada raíl y espaciados a intervalos a lo largo para unir de forma liberable cada raíl a la superficie de la pieza de trabajo por vacío, con las anchuras de los raíles extendiéndose sustancialmente paralelas a la superficie de la pieza de trabajo, doblándose y girando los raíles según sea necesario para seguir sustancialmente la superficie de la pieza de trabajo.
- 30 (85) El aparato de la cláusula 84, en el que cada raíl es relativamente rígido en doblamiento alrededor de un primer eje de doblamiento y relativamente flexible en doblamiento alrededor de un segundo eje de doblamiento ortogonal al primer eje de doblamiento y en el que cada raíl está montado sobre la pieza de trabajo de tal manera que el primer eje de doblamiento es sustancialmente normal a la superficie de la pieza de trabajo y el segundo eje de doblamiento es sustancialmente paralelo a la superficie de la pieza de trabajo.
- 35 (86) El aparato de la cláusula 77, que comprende además un carro acoplado de forma móvil al conjunto de oruga y móvil con relación a la pieza de trabajo a lo largo de al menos un raíl, incluyendo el carro un soporte de herramienta adaptado para recibir y soportar una herramienta de fabricación.
- 40 (87) El aparato de la cláusula 86, en el que el carro incluye un conjunto de accionamiento adaptado para accionar el carro a lo largo del conjunto de oruga y que tiene un motor de accionamiento acoplado a un engranaje de accionamiento, acoplándose el engranaje de accionamiento de manera operativa a la cremallera.
(88) El aparato de la cláusula 86, en el que la cremallera incluye una pluralidad de aberturas y en el que el carro incluye un conjunto de accionamiento adaptado para accionar el carro a lo largo del conjunto de oruga y que tiene un motor de accionamiento acoplado a un engranaje de accionamiento, teniendo el engranaje motriz una pluralidad de dientes, acoplándose al menos algunos de los dientes acoplan de forma operativa a las aberturas de la cremallera, estando adaptadas las aberturas para que coincidan con un perfil en sección transversal de los dientes.
- 45 (89) El aparato de la cláusula 86, que comprende además un conjunto de soporte de fuerza opuesta acoplado operativamente al carro y adaptado para ser asegurado a la pieza de trabajo para compensar al menos parcialmente una fuerza de fabricación ejercida sobre la pieza de trabajo por la herramienta de fabricación.
- 50 (90) El aparato de la cláusula 86, en el que el carro incluye una porción de eje x acoplada de forma móvil al conjunto

de oruga y una parte de eje y acoplada de forma móvil a la porción de eje x y móvil con respecto a la porción de eje x a lo largo de un eje y orientado transversalmente al conjunto de oruga.

(91) Conjunto para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el conjunto:

5 un conjunto de oruga adaptado para ser fijado a la pieza de trabajo e incluyendo al menos un raíl, teniendo el raíl un eje neutro que se extiende longitudinalmente y una cremallera que se extiende a lo largo de una línea de paso que coincide al menos aproximadamente con el eje neutro que se extiende longitudinalmente;

un carro acoplado de forma móvil al conjunto de oruga y móvil con respecto a la pieza de trabajo a lo largo del conjunto de oruga, incluyendo el carro un soporte de herramienta adaptado para recibir y soportar una herramienta de fabricación; y

10 una herramienta de fabricación acoplada al soporte de herramienta y adaptada para acoplarse con la pieza de trabajo para realizar la operación de fabricación sobre la pieza de trabajo.

(92) El conjunto de la cláusula 91, en el que la cremallera está formada integralmente en el raíl.

(93) El conjunto de la cláusula 91, en el que la cremallera comprende una pluralidad de aberturas.

15 (94) El conjunto de la cláusula 91, en el que la cremallera comprende una pluralidad de aberturas, al menos algunas de las aberturas que son ahusadas, aberturas en forma de cuña.

(95) El conjunto de la cláusula 91, en el que la cremallera comprende una pluralidad de aberturas, al menos algunas de las aberturas que son ahusadas, aberturas de forma cónica.

20 (96) El conjunto de la cláusula 91, en el que el raíl comprende un miembro sustancialmente plano que tiene una anchura sustancialmente mayor que un grosor del miembro sustancialmente plano, siendo sustancialmente más plano el elemento sustancialmente más firme en doblamiento alrededor de un eje rígido que se extiende en una primera dirección alineado a lo largo del espesor del elemento sustancialmente plano y siendo sustancialmente más flexibles en doblamiento alrededor de un eje de doblamiento que se extiende en una segunda dirección alineada a lo largo de la anchura del miembro sustancialmente plano.

25 (97) El conjunto de la cláusula 91, en el que el raíl comprende un primer raíl y en el que el conjunto de oruga incluye un segundo raíl orientado aproximadamente paralelo al primer raíl, teniendo los raíles primero y segundo un eje neutro que se extiende longitudinalmente y una cremallera, extendiéndose la cremallera a lo largo de una línea de paso que coincide al menos aproximadamente con el eje neutro que se extiende longitudinalmente.

(98) El conjunto de la cláusula 91, en el que el conjunto de orugas incluye:

primero y segundo raíles flexibles alargados, estando los raíles espaciados y aproximadamente paralelos entre sí; y

30 una pluralidad de dispositivos de fijación al vacío conectados a cada raíl y espaciados a intervalos a lo largo para unir de forma liberable cada raíl a la superficie de la pieza de trabajo por vacío, con las anchuras de los raíles extendiéndose sustancialmente paralelas a la superficie de la pieza de trabajo, según sea necesario para seguir sustancialmente la superficie de la pieza de trabajo.

35 (99) El conjunto de la cláusula 98, en el que cada raíl es relativamente rígido en doblamiento alrededor de un primer eje de doblamiento y relativamente flexible en doblamiento alrededor de un segundo eje de doblamiento ortogonal al primer eje de doblamiento y en el que cada raíl está montado sobre la pieza de trabajo de tal manera que el primer eje de doblamiento es sustancialmente normal a la superficie de la pieza de trabajo y el segundo eje de doblamiento es sustancialmente paralelo a la superficie de la pieza de trabajo.

40 (100) El conjunto de la cláusula 91, en el que el carro incluye un conjunto de accionamiento adaptado para accionar el carro a lo largo del conjunto de oruga y que tiene un motor de accionamiento acoplado a un engranaje de accionamiento, acoplándose el engranaje de accionamiento de manera operativa a la cremallera.

45 (101) El conjunto de la cláusula 91, en el que la cremallera incluye una pluralidad de aberturas y en el que el carro incluye un conjunto de accionamiento adaptado para accionar el carro a lo largo del conjunto de oruga y que tiene un motor de accionamiento acoplado a un engranaje de accionamiento, teniendo el engranaje de accionamiento una pluralidad de dientes, acoplándose al menos algunos de los dientes de forma operativa a las aberturas de la cremallera, estando adaptadas las aberturas para que coincidan con un perfil en sección transversal de los dientes.

(102) El conjunto de la cláusula 91, que comprende además un conjunto de soporte de fuerza opuesta acoplado operativamente al carro y adaptado para ser asegurado a la pieza de trabajo para compensar al menos parcialmente una fuerza de fabricación ejercida sobre la pieza de trabajo por la herramienta de fabricación.

50 (103) El conjunto de la cláusula 91, en el que el carro incluye una parte de eje x acoplada de forma móvil al conjunto de oruga y una porción de eje y acoplada de forma móvil a la porción de eje x y móvil con respecto a la porción de eje

x a lo largo de un eje y orientado transversalmente al conjunto de oruga.

(104) El conjunto de la cláusula 91, en el que la herramienta de fabricación incluye un taladro y la operación de fabricación incluye una operación de perforación.

(105). Un método para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el método:

- 5 acoplar un conjunto de oruga a la pieza de trabajo, comprendiendo el conjunto de oruga al menos un raíl que tiene un eje neutro que se extiende longitudinalmente y una cremallera que se extiende a lo largo de una línea de paso que coincide al menos aproximadamente con el eje neutro de extensión longitudinal;

soportar de forma móvil una herramienta de fabricación sobre el conjunto de oruga;

acoplar un aparato de accionamiento con la cremallera; y

- 10 accionar la herramienta de fabricación a lo largo del conjunto de oruga utilizando el aparato de accionamiento.

(106) El método de la cláusula 105, en el que la fijación de un conjunto de oruga a la pieza de trabajo incluye aplicar una fuerza de succión contra la pieza de trabajo con el conjunto de oruga.

(107) El método de la cláusula 105, en el que la fijación de un conjunto de oruga a la pieza de trabajo incluye la fijación de un conjunto de oruga que tiene al menos un raíl que incluye una cremallera formada integralmente en el raíl.

- 15 (108) El método de la cláusula 105, en el que la unión de un conjunto de oruga a la pieza de trabajo incluye fijar un conjunto de oruga que tiene al menos un raíl que incluye una cremallera que comprende una pluralidad de aberturas.

(109) El método de la cláusula 105, en el que la fijación de un conjunto de oruga a la pieza de trabajo incluye la fijación de un conjunto de oruga que tiene al menos un raíl que incluye una rejilla que comprende una pluralidad de aberturas, siendo ahusadas al menos algunas de las aberturas, aberturas en forma de cuña.

- 20 (110) El método de la cláusula 105, en el que la fijación de un conjunto de oruga a la pieza de trabajo incluye fijar un conjunto de oruga que tiene al menos un raíl que incluye una cremallera que comprende una pluralidad de aberturas, siendo al menos algunas de las aberturas ahusadas, aberturas de forma cónica.

- 25 (111) El método de la cláusula 105, en el que la fijación de un conjunto de oruga a la pieza de trabajo incluye fijar un conjunto de oruga que tiene al menos un raíl, en el que el raíl comprende un miembro sustancialmente plano que tiene una anchura sustancialmente mayor que un espesor del miembro sustancialmente plano, el miembro sustancialmente plano es sustancialmente más rígido en doblamiento alrededor de un eje rígido que se extiende en una primera dirección alineada a lo largo del espesor del elemento sustancialmente plano y que es sustancialmente más flexible en doblamiento alrededor de un eje de doblamiento que se extiende en una segunda dirección alineada a lo largo del ancho del elemento sustancialmente plano.

- 30 (112) El método de la cláusula 105, en el que soportar de forma móvil una herramienta de fabricación en el conjunto de oruga incluye acoplar de forma móvil un carro al conjunto de oruga, incluyendo el carro un soporte de herramienta adaptado para recibir y soportar una herramienta de fabricación.

- 35 (113) El método de la cláusula 105, en el que soportar de forma móvil una herramienta de fabricación en el conjunto de oruga incluye acoplar de forma móvil un carro al conjunto de oruga, incluyendo el carro un conjunto de accionamiento adaptado para accionar el carro a lo largo del conjunto de oruga y teniendo un motor de accionamiento acoplado a un engranaje de accionamiento, acoplándose el engranaje de accionamiento de manera operativa a la cremallera.

- 40 (114) El método de la cláusula 105, en el que la aplicación de un aparato de accionamiento con la cremallera incluye acoplar al menos un diente con al menos una abertura, estando adaptada la apertura para adaptarse a un perfil de sección transversal del diente.

(115) El método de la cláusula 105, que comprende además realizar una operación de fabricación sobre la pieza de trabajo utilizando la herramienta de fabricación.

(116) El método de la cláusula 115, en el que realizar una operación de fabricación incluye realizar una operación de perforación.

- 45 (117) El método de la cláusula 105, que comprende además aplicar una fuerza opuesta contra la pieza de trabajo utilizando un conjunto de soporte de fuerza opuesta, estando la fuerza opuesta en una dirección sustancialmente opuesta a una fuerza de fabricación ejercida contra la pieza de trabajo durante una operación de fabricación.

(118) El método de la cláusula 105, que comprende además simultáneamente con la aplicación de una fuerza opuesta, realizar una operación de fabricación sobre la pieza de trabajo utilizando la herramienta de fabricación.

- 50 (119) Un aparato para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el aparato:

un conjunto de oruga adaptado para ser fijado a la pieza de trabajo;

un conjunto de carro acoplado de forma móvil al conjunto de oruga y móvil con respecto a la pieza de trabajo; y

5 un sensor de posición acoplado operativamente al conjunto de carro y que incluye un elemento sensor adaptado para estar operativamente posicionado con relación a la pieza de trabajo, estando adaptado el sensor para detectar al menos un borde de una característica de índice sobre la pieza de trabajo desde una distancia de la característica de índice .

(120) El aparato de la cláusula 119, en el que el elemento sensor incluye un elemento sensor de fibra óptica.

10 (121) El aparato de la cláusula 119, en el que el elemento sensor está adaptado para detectar el al menos un borde de la característica de índice a medida que el elemento sensor se mueve sobre la pieza de trabajo mediante el conjunto de carro.

15 (122) El aparato de la cláusula 119, que comprende además un controlador acoplado operativamente al sensor de posición, estando adaptado el controlador para recibir una primera señal de detección de borde desde el sensor de posición que indica que se ha detectado un primer borde de la característica de índice a lo largo de una primera trayectoria de movimiento del sensor de posición y recibir una segunda señal de detección de borde del sensor de posición que indica que se ha detectado un segundo borde de la característica de índice a lo largo de la primera trayectoria y calcular una posición de punto medio basada en el primero y segundo bordes de detección.

20 (123) El aparato de la cláusula 122, en el que el controlador está además adaptado para recibir las señales de detección de tercer y cuarto borde del sensor de posición, indicando que los tercer y cuarto bordes de la característica de índice han sido detectados a lo largo de una segunda trayectoria de movimiento del sensor de posición, respectivamente, y también está adaptado para calcular un centro estimado de la característica de índice con base en las señales de detección de los bordes primero, segundo, tercero y cuarto.

(124) El aparato de la cláusula 119, que comprende además un controlador montado en el conjunto de carro y acoplado operativamente al sensor de posición.

25 (125) El aparato de la cláusula 124, en el que el conjunto de carro incluye un conjunto de accionamiento operable para trasladar el conjunto de carro a lo largo del conjunto de oruga, estando el conjunto de accionamiento acoplado operativamente al controlador.

(126) El aparato de la cláusula 125, en el que el conjunto de accionamiento es además accionable para trasladar el sensor de posición en una dirección que es transversal al conjunto de oruga.

30 (127) El aparato de la cláusula 119, en el que el sensor de posición incluye un circuito de detección que tiene una primera porción acoplada al elemento sensor, estando adaptada la primera porción para recibir una señal de entrada analógica y proporcionar una señal de salida analógica acondicionada en un primer nodo de salida, incluyendo además el circuito de detección una segunda porción acoplada a la primera porción y adaptada para recibir la señal de salida analógica acondicionada y para proporcionar una señal de salida digital en un segundo nodo de salida.

35 (128) El aparato de la cláusula 127, en el que la primera porción del circuito de detección está adaptada para proporcionar una ganancia y un desplazamiento de nivel de la señal de entrada analógica.

(129) El aparato de la cláusula 127, en el que la segunda porción del circuito de detección incluye un circuito comparador de umbral adaptado para proporcionar una primera señal de salida digital cuando la señal de salida analógica acondicionada está por debajo de un nivel de umbral y para proporcionar una segunda señal de salida digital cuando la señal de salida analógica condicionada está por encima del nivel de umbral.

40 (130) El aparato de la cláusula 127, en el que la primera porción del circuito de detección está adaptada para proporcionar un desplazamiento de ganancia y de nivel de la señal de entrada analógica y en el que la segunda porción del circuito de detección incluye un circuito comparador de umbral adaptado para proporcionar una primera señal de salida digital cuando la señal de salida analógica acondicionada está por debajo de un nivel de umbral y para proporcionar una segunda señal de salida digital cuando la señal de salida analógica acondicionada está por encima del nivel de umbral, siendo programable al menos uno de los niveles de ganancia y umbral.

(131) El aparato de la cláusula 119, que comprende además un conjunto de herramienta acoplado al conjunto de carro y que puede acoplarse con la pieza de trabajo para realizar la operación de fabricación sobre la pieza de trabajo.

(132) Un aparato para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el aparato:

un conjunto de oruga adaptado para ser fijado a la pieza de trabajo;

50 un conjunto de carro acoplado de forma móvil al conjunto de oruga y móvil con respecto a la pieza de trabajo; y

un sensor de posición acoplado operativamente al conjunto de carro y que incluye un elemento sensor adaptado para

- 5 estar operativamente posicionado con relación a la pieza de trabajo y un circuito de detección que tiene una primera porción acoplada al elemento sensor, estando adaptada la primera porción para recibir una señal de entrada analógica y proporcionar una señal de salida analógica condicionada en un primer nodo de salida, incluyendo adicionalmente el circuito de detección una segunda porción acoplada a la primera porción y adaptada para recibir la señal de salida analógica acondicionada y para proporcionar una señal de salida digital en un segundo nodo de salida.
- (133) El aparato de la cláusula 132, en el que la primera porción del circuito de detección está adaptada para proporcionar una ganancia y un desplazamiento de nivel de la señal de entrada analógica.
- 10 (134) El aparato de la cláusula 132, en el que la segunda porción del circuito de detección incluye un circuito comparador de umbral adaptado para proporcionar una primera señal de salida digital cuando la señal de salida analógica acondicionada está por debajo de un nivel de umbral y para proporcionar una segunda señal de salida digital cuando la señal de salida analógica condicionada está por encima del nivel de umbral.
- (135) El aparato de la cláusula 132, en el que la primera porción del circuito de detección está adaptada para proporcionar una ganancia y un desplazamiento de nivel de la señal de entrada analógica, y
- 15 en el que la segunda porción del circuito de detección incluye un circuito comparador de umbral adaptado para proporcionar una primera señal de salida digital cuando la señal de salida analógica acondicionada está por debajo de un nivel de umbral y
- para proporcionar una segunda señal de salida digital cuando la señal de salida analógica acondicionada está por encima del nivel de umbral, siendo programable por lo menos uno de los niveles de ganancia y umbral.
- 20 (136) El aparato de la cláusula 132, en el que el elemento sensor está adaptado para detectar al menos un borde de una característica de índice sobre la pieza de trabajo desde una distancia alejada de la característica de índice.
- (137) El aparato de la cláusula 132, en el que el elemento sensor incluye un elemento sensor de fibra óptica.
- (138) El aparato de la cláusula 132, en el que el elemento sensor está adaptado para detectar al menos un borde de la característica de índice a medida que el elemento sensor se mueve sobre la pieza de trabajo por el conjunto de carro.
- 25 (139) El aparato de la cláusula 132, que comprende además un controlador acoplado operativamente al sensor de posición, estando adaptado el controlador para recibir una primera señal de detección de borde desde el sensor de posición que indica que se ha detectado un primer borde de la característica de índice a lo largo de una primera trayectoria de movimiento del sensor de posición y recibir una segunda señal de detección de borde del sensor de posición que indica que se ha detectado un segundo borde de la característica de índice a lo largo de la primera
- 30 trayectoria y calcular una posición de punto medio basada en el primer y segundo borde de detección.
- (140) El aparato de la cláusula 139, en el que el controlador está además adaptado para recibir señales de detección de tercer y cuarto borde del sensor de posición, indicando que los tercer y cuarto bordes de la característica de índice han sido detectados a lo largo de una segunda trayectoria de movimiento del sensor de posición, respectivamente, y también está adaptado para calcular un centro estimado de la característica de índice basado en las señales de
- 35 detección de borde primero, segundo, tercero y cuarto.
- (141) El aparato de la cláusula 132, que comprende además un controlador montado en el conjunto de carro y acoplado operativamente al sensor de posición.
- (142) El aparato de la cláusula 141, en el que el conjunto de carro incluye un conjunto de accionamiento operable para trasladar el conjunto de carro a lo largo del conjunto de oruga, estando el conjunto de accionamiento acoplado
- 40 operativamente al controlador.
- (143) El aparato de la cláusula 142, en el que el conjunto de accionamiento es además accionable para trasladar el sensor de posición en una dirección que es transversal al conjunto de oruga.
- (144) El aparato de la cláusula 132, que comprende además un conjunto de herramienta acoplado al conjunto de carro y acoplado operativamente al controlador, siendo el conjunto de herramienta acoplable con la pieza de trabajo para realizar la operación de fabricación sobre la pieza de trabajo.
- 45 (145) Un aparato para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el aparato:
- un conjunto de oruga adaptado para ser fijado a la pieza de trabajo;
- un conjunto de carro acoplado de forma móvil al conjunto de oruga y que incluye un conjunto de accionamiento operable para trasladar el conjunto de carro a lo largo del conjunto de oruga; y
- 50 un controlador montado en el conjunto de carro y acoplado operativamente al conjunto de accionamiento, estando adaptado el controlador para transmitir señales de control al conjunto de accionamiento para controlar el movimiento

del conjunto de carro sobre la pieza de trabajo.

(146) El aparato de la cláusula 145, en el que el controlador incluye un sistema CNC programable accionable para transmitir automáticamente señales de control al conjunto de accionamiento para controlar automáticamente el movimiento del conjunto de carro sobre la pieza de trabajo.

5 (147) El aparato de la cláusula 145, que comprende además un sensor de posición acoplado al conjunto de carro y acoplado operativamente al controlador, incluyendo el sensor de posición un elemento sensor adaptado para posicionarse operativamente con respecto a la pieza de trabajo y un circuito de detección que tiene una primera porción acoplada al elemento sensor, estando adaptada la primera porción para recibir una señal de entrada analógica y proporcionar una señal de salida analógica condicionada en un primer nodo de salida, incluyendo el circuito de
10 detección, además, una segunda porción acoplada a la primera porción y adaptada para recibir la señal de salida condicionada analógica y para proporcionar una señal de salida digital en un segundo nodo de salida.

(148) El aparato de la cláusula 147, en el que la primera porción del circuito de detección está adaptada para proporcionar una ganancia y un desplazamiento de nivel de la señal de entrada analógica.

15 (149) El aparato de la cláusula 147, en el que la segunda porción del circuito de detección incluye un circuito comparador de umbral adaptado para proporcionar una primera señal de salida digital cuando la señal de salida analógica acondicionada está por debajo de un nivel de umbral y para proporcionar una segunda señal de salida digital cuando la señal de salida analógica condicionada está por encima del nivel de umbral.

20 (150) El aparato de la cláusula 147, en el que la primera porción del circuito de detección está adaptada para proporcionar un desplazamiento de ganancia y nivel de la señal de entrada analógica y en el que la segunda porción del circuito de detección incluye un circuito comparador de umbral adaptado para proporcionar una primera señal de salida digital cuando la señal de salida analógica acondicionada está por debajo de un nivel de umbral y para proporcionar una segunda señal de salida digital cuando la señal de salida analógica acondicionada está por encima del nivel de umbral, siendo programable al menos uno de los niveles de ganancia y umbral.

25 (151) El aparato de la cláusula 147, que comprende además un sensor de posición acoplado al conjunto de carro y acoplado operativamente al controlador, incluyendo el sensor de posición un elemento sensor adaptado para detectar al menos un borde de una característica de índice sobre la pieza de trabajo desde una distancia alejada de la característica de índice.

30 (152) El aparato de la cláusula 151, en el que el controlador está adaptado para recibir una primera señal de detección de borde del sensor de posición que indica que se ha detectado un primer borde de la característica de índice a lo largo de una primera trayectoria de movimiento del sensor de posición y para recibir una segunda señal de detección de borde del sensor de posición que indica que se ha detectado un segundo borde de la característica de índice a lo largo de la primera trayectoria y calcular una posición de punto medio basada en las señales de detección de primer y segundo borde.

35 (153) El aparato de la cláusula 152, en el que el controlador está además adaptado para recibir señales de detección de tercer y cuarto flanco desde el sensor de posición, indicando que los tercer y cuarto bordes de la característica de índice han sido detectados a lo largo de una segunda trayectoria de movimiento del sensor de posición, respectivamente, y también está adaptado para calcular un centro estimado de la característica de índice basado en las señales de detección de borde primero, segundo, tercero y cuarto.

40 (154) El aparato de la cláusula 147, que comprende además un conjunto de herramienta acoplado al conjunto de carro y acoplado operativamente al controlador, siendo el conjunto de herramienta acoplable con la pieza de trabajo para realizar la operación de fabricación sobre la pieza de trabajo.

(155) El aparato de la cláusula 154, en el que el conjunto de carro es un primer conjunto de carro y el controlador es un primer controlador, comprendiendo además el aparato:

45 un segundo conjunto de carro acoplado de forma móvil al conjunto de oruga e incluyendo un segundo conjunto de accionamiento operable para trasladar el segundo conjunto de carro a lo largo del conjunto de oruga;

un segundo controlador montado en el segundo conjunto de carro y acoplado operativamente al segundo conjunto de accionamiento, estando adaptado el segundo controlador para transmitir señales de control al segundo conjunto de accionamiento para controlar el movimiento del segundo conjunto de carro sobre la pieza de trabajo; y

50 un sensor de posición acoplado al conjunto de carro y acoplado operativamente al segundo controlador, incluyendo el sensor de posición un elemento sensor adaptado para detectar al menos un borde de una característica de índice sobre la pieza de trabajo desde una distancia alejada de la característica de índice.

(156) El aparato de la cláusula 155, que comprende además un controlador maestro acoplado operativamente al primer y segundo controladores y adaptado para transmitir señales de control al primer y segundo controladores, y adaptado para recibir señales de realimentación desde el primer y segundo controladores.

- (157). Un método para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el método:
soportar un conjunto de fabricación próximo a una superficie de la pieza de trabajo, comprendiendo el conjunto de fabricación un elemento sensor que está colocado de forma operativa con respecto a la pieza de trabajo y separado de la misma, pudiendo moverse el elemento sensor con relación a la superficie de la pieza de trabajo;
- 5 mover el elemento sensor a lo largo de una primera trayectoria sobre la pieza de trabajo; y
detectar al menos un borde de una característica de índice en la pieza de trabajo desde una distancia alejada de la característica de índice.
- (158) El método de la cláusula 157, en el que la detección de al menos un borde de una característica de índice en la pieza de trabajo desde una distancia alejada de la característica de índice incluye la detección de una señal electromagnética reflejada reflejada a partir de la característica de índice.
- 10 (159) El método de la cláusula 157, en el que detectar al menos un borde de una característica de índice en la pieza de trabajo desde una distancia alejada de la característica de índice ocurre simultáneamente con el movimiento del elemento sensor a lo largo de una primera trayectoria que cruza una característica de índice sobre la pieza de trabajo.
- (160) El método de la cláusula 157, en el que la detección de al menos un borde de una característica de índice incluye la detección de los primeros y segundos bordes de la característica de índice a lo largo de la primera trayectoria, comprendiendo además el método de calcular una ubicación de punto medio con base en los bordes primero y segundo.
- 15 (161) El método de la cláusula 160, que comprende además detectar los terceros y cuartos bordes de la característica de índice a lo largo de una segunda trayectoria de movimiento del sensor de posición, y calcular un centro estimado de la característica de índice sobre la base de los primero, segundo, tercero y cuarto bordes.
- 20 (162) El método de la cláusula 157 en el que soportar un conjunto de fabricación próximo a una superficie de la pieza de trabajo incluye soportar un conjunto de fabricación que tiene un controlador acoplado operativamente al elemento sensor y en el que mover el elemento sensor a lo largo de una primera trayectoria incluye transmitir al menos una señal de control desde el controlador.
- 25 (163) El método de la cláusula 157 en el que soportar un conjunto de fabricación próximo a una superficie de la pieza de trabajo incluye soportar un conjunto de fabricación que tiene un conjunto de accionamiento operable para mover el elemento sensor con respecto a la pieza de trabajo y además tener un controlador montado en el conjunto de carro y acoplado operativamente al conjunto de accionamiento.
- (164) El método de la cláusula 157, que comprende además proporcionar al menos una señal de salida que indica una ubicación del al menos un borde de la característica de índice.
- 30 (165) El método de la cláusula 157, en el que proporcionar al menos una señal de salida incluye proporcionar una señal de salida analógica.
- (166) El método de la cláusula 157, en el que proporcionar una señal de salida analógica incluye aplicar una ganancia y un desplazamiento de nivel de una señal de entrada analógica para proporcionar una señal de salida analógica condicionada.
- 35 (167) El método de la cláusula 166, en el que proporcionar al menos una señal de salida incluye además proporcionar una señal de salida digital.
- (168) El método de la cláusula 167, en el que proporcionar una señal digital incluye proporcionar una primera señal de salida digital cuando la señal de salida analógica acondicionada está por debajo de un nivel umbral y proporcionar una segunda señal de salida digital cuando la señal de salida analógica condicionada está por encima del nivel de umbral.
- 40 (169) El método de la cláusula 157, en el que el soporte de un conjunto de fabricación próximo a una superficie de la pieza de trabajo incluye el soporte de un conjunto de fabricación que tiene un conjunto de herramienta acoplable con la pieza de trabajo, comprendiendo además el método acoplar operativamente el conjunto de herramienta con la pieza de trabajo.
- 45 (170). Un método para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el método:
soportar un conjunto de fabricación próximo a una superficie de la pieza de trabajo, comprendiendo el conjunto de fabricación un elemento sensor que está colocado de forma operativa con respecto a la pieza de trabajo y separado de la misma, pudiendo moverse el elemento sensor con relación a la superficie de la pieza de trabajo;
- 50 mover el elemento sensor a lo largo de una primera trayectoria sobre la pieza de trabajo;

detectar al menos un borde de una característica de índice en la pieza de trabajo;

proporcionar una señal de salida analógica condicionada que indica una ubicación del al menos un borde de la característica de índice; y

proporcionar una señal de salida digital que indica la ubicación del al menos un borde de la característica de índice.

- 5 (171) El método de la cláusula 170, en el que proporcionar una señal de salida analógica incluye aplicar una ganancia y un desplazamiento de nivel de una señal de entrada analógica para proporcionar la señal de salida analógica condicionada.
- 10 (172) El método de la cláusula 170, en el que proporcionar una señal digital incluye proporcionar una primera señal de salida digital cuando la señal de salida analógica acondicionada está por debajo de un nivel de umbral y proporcionar una segunda señal de salida digital cuando la señal de salida analógica acondicionada está por encima del nivel de umbral.
- (173) El procedimiento de la cláusula 170, en el que proporcionar la detección de al menos un borde de una característica de índice en la pieza de trabajo incluye detectar al menos un borde de una característica de índice en la pieza de trabajo desde una distancia alejada de la característica de índice.
- 15 (174) El método de la cláusula 173, en el que detectar al menos un borde de una característica de índice sobre la pieza de trabajo desde una distancia alejada de la característica de índice ocurre simultáneamente con el movimiento del elemento sensor a lo largo de la primera trayectoria.
- (175) El método de la cláusula 173, en el que la detección de al menos un borde de una característica de índice sobre la pieza de trabajo desde una distancia alejada de la característica de índice incluye la detección de una señal electromagnética reflejada a partir de la característica de índice.
- 20 (176) El método de la cláusula 170, en el que la detección de al menos un borde de una característica de índice incluye la detección de los primeros y segundos bordes de la característica de índice a lo largo de la primera trayectoria, comprendiendo además el método de calcular una ubicación de punto medio basada en los bordes primero y segundo.
- 25 (177) El método de la cláusula 176, que comprende además detectar los terceros y cuartos bordes de la característica de índice a lo largo de una segunda trayectoria de movimiento del sensor de posición, y calcular un centro estimado de la característica de índice basado en los primero, segundo, tercero y cuarto bordes.
- (178) El método de la cláusula 170, en el que soportar un conjunto de fabricación próximo a una superficie de la pieza de trabajo incluye soportar un conjunto de fabricación que tiene un controlador acoplado operativamente al elemento sensor y en el que mover el elemento sensor a lo largo de una primera trayectoria incluye transmitir al menos una señal de control del controlador.
- 30 (179) El método de la cláusula 170, en el que soportar de un conjunto de fabricación próximo a una superficie de la pieza de trabajo incluye el soporte de un conjunto de fabricación que tiene un conjunto de accionamiento operable para mover el elemento sensor con relación a la pieza de trabajo y que además tiene un controlador montado en el conjunto de carro y acoplado operativamente al conjunto de accionamiento.
- 35 (180) El método de la cláusula 170, en el que soportar de un conjunto de fabricación próximo a una superficie de la pieza de trabajo incluye el soporte de un conjunto de fabricación que tiene un conjunto de herramienta acoplable con la pieza de trabajo, comprendiendo además el método de acoplamiento operativo del conjunto de herramienta con la pieza de trabajo.
- (181) Un método para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el método:
- 40 soportar un conjunto de fabricación próximo a una superficie de la pieza de trabajo, comprendiendo el conjunto de fabricación un conjunto de oruga unido a la pieza de trabajo y un conjunto de carro acoplado de forma móvil al conjunto de oruga, teniendo el conjunto de carro un conjunto de accionamiento operable para trasladar el conjunto de carro a lo largo del conjunto de oruga, comprendiendo además el conjunto de fabricación un controlador montado en el conjunto de carro y acoplado operativamente al conjunto de accionamiento;
- 45 y proporcionar señales de control desde el controlador al conjunto de accionamiento para accionar el conjunto de carro a lo largo del conjunto de oruga.
- (182) El método de la cláusula 181, en el que el soporte de un conjunto de fabricación próximo a una superficie de la pieza de trabajo incluye el soporte de un conjunto de fabricación que tiene un elemento sensor colocado operativamente con respecto a la pieza de trabajo y separado de ella.
- 50 (183) El método de la cláusula 181, en el que el conjunto de accionamiento está además adaptado para mover el elemento sensor con relación al conjunto de carro.

- (184) El método de la cláusula 181, que comprende además proporcionar segundas señales de control desde el controlador al conjunto de accionamiento para mover el elemento sensor con respecto al conjunto de carro.
- (185) El método de la cláusula 181, que comprende además detectar al menos un borde de una característica de índice sobre la pieza de trabajo.
- 5 (186) El método de la cláusula 185, en el que la detección de al menos un borde de una característica de índice en la pieza de trabajo incluye detectar al menos un borde de una característica de índice sobre la pieza de trabajo desde una distancia alejada de la característica de índice.
- (187) El método de la cláusula 185, en el que la detección de al menos un borde de una característica de índice sobre la pieza de trabajo incluye mover el elemento sensor a lo largo de una primera trayectoria.
- 10 (188) El método de la cláusula 181, en el que la detección de al menos un borde de una característica de índice en la pieza de trabajo incluye la detección de una señal electromagnética reflejada, que es reflejada a partir de la característica de índice.
- (189) El método de la cláusula 181, en el que la detección de al menos un borde de una característica de índice incluye la detección de los primeros y segundos bordes de la característica de índice a lo largo de una primera trayectoria, comprendiendo además el método de calcular una ubicación de punto medio basada en los bordes primero y segundo.
- 15 (190) El método de la cláusula 189, que comprende además detectar tercer y cuarto bordes de la característica de índice a lo largo de una segunda trayectoria, y calcular un centro estimado de la característica de índice basado en los bordes primero, segundo, tercero y cuarto.
- (191) El método de la cláusula 181, en el que la detección de al menos un borde de una característica de índice incluye mover el elemento sensor a lo largo de una primera trayectoria en la pieza de trabajo;
- 20 detectar al menos un borde de una característica de índice en la pieza de trabajo;
- proporcionar una señal de salida analógica condicionada que indica una ubicación del al menos un borde de la característica de índice; y
- proporcionar una señal de salida digital que indica la ubicación del al menos un borde de la característica de índice.
- 25 (192) El método de la cláusula 191, en el que proporcionar una señal de salida analógica incluye aplicar una ganancia y un desplazamiento de nivel de una señal de entrada analógica para proporcionar la señal de salida analógica acondicionada.
- (193) El método de la cláusula 192, en el que proporcionar una señal digital incluye proporcionar una primera señal de salida digital cuando la señal de salida analógica acondicionada está por debajo de un nivel umbral y proporcionar una segunda señal de salida digital cuando la señal de salida analógica acondicionada está por encima del nivel de umbral.
- 30 (194) El método de la cláusula 181, en el que soportar un conjunto de fabricación próximo a una superficie de la pieza de trabajo incluye soportar un conjunto de fabricación que tiene un conjunto de herramienta acoplable con la pieza de trabajo, comprendiendo además el método de acoplamiento operativo del conjunto de herramienta con la pieza de trabajo.
- 35 (199) Un aparato para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el aparato:
- un miembro de base;
- una plataforma de accionamiento separada del elemento de base por una distancia de separación;
- 40 una pluralidad de elementos de guía que se extienden entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base, siendo al menos uno de la plataforma de accionamiento y el miembro de base móviles a lo largo de los miembros de guía para aumentar o disminuir la distancia de separación;
- al menos un elemento de accionamiento acoplado operativamente entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base; y
- 45 un servomotor acoplado de forma operativa al elemento de accionamiento de tal manera que cuando el servomotor acciona el elemento de accionamiento, se varía la distancia de separación, que incluye además un conjunto de herramienta acoplado a la plataforma de accionamiento,
- en el que la plataforma de accionamiento incluye una primera porción anular y el miembro de base incluye una segunda porción anular, estando alineadas las partes anular primera y segunda a lo largo de un eje y estando la pluralidad de elementos de guiado y el al menos un elemento de accionamiento espaciados concéntricamente alrededor de las
- 50 partes anulares primera y segunda y

en el que el conjunto de herramienta se extiende a través de la primera y segunda porciones anulares a lo largo del eje, y en el que el conjunto de herramienta incluye:

un árbol de motor que se extiende a lo largo del eje y acoplado giratoriamente a al menos uno de la plataforma de accionamiento y el miembro de base;

5 un devanado de inducido dispuesto alrededor de al menos una parte del árbol del motor; y

un conjunto de campo acoplado a al menos una de la plataforma de accionamiento y el miembro de base y situado próximo al devanado del inducido, en el que el conjunto de campo incluye al menos un imán de tierras raras.

(200) Un aparato para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el aparato:

un miembro de base;

10 una plataforma de accionamiento separada del miembro de base por una distancia de separación;

una pluralidad de elementos de guía que se extienden entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base, siendo al menos uno de la plataforma de accionamiento y el miembro de base móviles a lo largo de los miembros de guía para aumentar o disminuir la distancia de separación;

15 al menos un elemento de accionamiento acoplado operativamente entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base; y

un servomotor acoplado operativamente al elemento de accionamiento de tal manera que cuando el servomotor acciona el elemento de accionamiento, se varía la distancia de separación, incluyendo además un conjunto de herramienta acoplado a la plataforma de accionamiento,

20 en el que la plataforma de accionamiento incluye una primera porción anular y el miembro de base incluye una segunda porción anular, estando alineadas primera y segunda las porciones anular a lo largo de un eje y estando la pluralidad de miembros de guía y el al menos un miembro de accionamiento separados espacialmente de forma concéntrica alrededor de las primera y segunda porciones anulares, y

en el que el conjunto de herramienta se extiende a través de la primera y segunda porciones anulares a lo largo del eje, donde el conjunto de herramienta incluye:

25 un árbol de motor que se extiende a lo largo del eje y acoplado de forma giratoria a al menos uno de la plataforma de accionamiento y el miembro de base;

un devanado de inducido dispuesto alrededor de al menos una porción del árbol del motor;

y un conjunto de campo acoplado a al menos uno de la plataforma de accionamiento y el miembro de base y situado próximo al devanado de inducido, incluyendo además el aparato:

30 un controlador acoplado operativamente al servomotor; y

un sensor de velocidad acoplado operativamente al árbol del motor y al controlador, estando adaptado el controlador para recibir una señal de realimentación desde el sensor de velocidad y para transmitir una señal de control al servomotor.

(201) Un aparato para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el aparato:

35 un miembro de base;

una plataforma de accionamiento separada del elemento de base por una distancia de separación;

una pluralidad de elementos de guía que se extienden entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base, siendo al menos uno de la plataforma de accionamiento y el miembro de base móviles a lo largo de los miembros de guía para aumentar o disminuir la distancia de separación;

40 al menos un elemento de accionamiento acoplado operativamente entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base; y

un servomotor acoplado operativamente al elemento de accionamiento de tal manera que cuando el servomotor acciona el elemento de accionamiento, se varía la distancia de separación, incluyendo además un conjunto de herramienta acoplado a la plataforma de accionamiento,

45 en el que la plataforma de accionamiento incluye una primera porción anular y el miembro de base incluye una segunda porción anular, estando alineadas las primera y segunda porciones anulares a lo largo de un eje y la pluralidad de miembros de guiado y el al menos un miembro de accionamiento estando separado espacialmente de forma

- concéntrica alrededor de las primera y segunda porciones anulares, y
- en el que el conjunto de herramienta se extiende a través de las primera y segunda porciones anulares a lo largo del eje, donde el conjunto de herramienta incluye:
- 5 un árbol de motor que se extiende a lo largo del eje y acoplado de forma giratoria a al menos uno de la plataforma de accionamiento y el miembro de base;
- un devanado de inducido dispuesto alrededor de al menos una porción del árbol de motor; y
- un conjunto de campo acoplado a al menos una de la plataforma de accionamiento y el miembro de base y situado próximo al devanado del inducido, en el que el árbol de motor incluye un depósito de lubricación acoplado en un primer extremo del mismo y un canal de lubricación extendiéndose longitudinalmente internamente a través del mismo.
- 10 (203) Un aparato para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el aparato:
- un miembro de base;
- una plataforma de accionamiento separada del miembro de base por una distancia de separación;
- 15 una pluralidad de miembros de guía que se extienden entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base, siendo al menos uno de la plataforma de accionamiento y el miembro de base móviles a lo largo de los miembros de guía para aumentar o disminuir la distancia de separación;
- al menos un elemento de accionamiento acoplado operativamente entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base; y
- 20 un servomotor acoplado operativamente al elemento de accionamiento de manera que cuando el servomotor acciona el elemento de accionamiento, se varía la distancia de separación, en donde la plataforma de accionamiento tiene una primera abertura dispuesta a su través y el miembro de base tiene una segunda abertura dispuesta a su través, estando alineadas las segundas aberturas a lo largo de un eje, y estando distribuida la pluralidad de miembros de guiado y al menos un miembro de accionamiento alrededor de las primera y segunda aberturas, comprendiendo además el aparato un conjunto de herramientas que incluye:
- un árbol de motor que se extiende a lo largo del eje y acoplado de manera giratoria a la plataforma de accionamiento;
- 25 un devanado de inducido dispuesto alrededor de al menos una porción del árbol de motor; y
- un conjunto de campo acoplado a al menos una de la plataforma de accionamiento y el miembro de base y situado próximo al devanado del inducido, en el que el árbol del motor incluye un collar de perforación adaptado para asegurar un miembro de taladro.
- (205) Un aparato para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el aparato:
- 30 un miembro de base;
- una plataforma de accionamiento separada del elemento de base por una distancia de separación;
- una pluralidad de miembros de guía que se extienden entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base, siendo al menos uno de la plataforma de accionamiento y el miembro de base móviles a lo largo de los miembros de guía para aumentar o disminuir la distancia de separación;
- 35 al menos un miembro de accionamiento acoplado operativamente entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base; y
- un servomotor acoplado de forma operativa al miembro de accionamiento de manera que cuando el servomotor acciona el elemento de accionamiento, se varía la distancia de separación, en la que la plataforma de accionamiento tiene una primera abertura dispuesta a su través y el miembro de base tiene una segunda abertura dispuesta a su través, estando alineadas la primera y la segunda aberturas a lo largo de un eje y la pluralidad de miembros de guía y el al menos un miembro de accionamiento estando distribuidos alrededor de las primera y segunda aberturas, comprendiendo además el aparato un conjunto de herramienta que incluye:
- 40 un árbol de motor que se extiende a lo largo del eje y acoplado de forma giratoria a la plataforma de accionamiento;
- un devanado de inducido dispuesto alrededor de al menos una porción del árbol de motor; y
- 45 un conjunto de campo acoplado a al menos una de la plataforma de accionamiento y el miembro de base y situado próximo al devanado del inducido,
- en el que el árbol de motor incluye un depósito de lubricación acoplado en un primer extremo del mismo y un canal de

lubricación que se extiende longitudinalmente internamente a través del mismo.

(206) Un aparato para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el aparato:

un miembro de base;

una plataforma de accionamiento separada del elemento de base por una distancia de separación;

5 una pluralidad de miembros de guía que se extienden entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base, siendo al menos uno de la plataforma de accionamiento y el miembro de base móviles a lo largo de los miembros de guía para aumentar o disminuir la distancia de separación;

al menos un miembro de accionamiento acoplado operativamente entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base; y

10 un servomotor acoplado de forma operativa al miembro de accionamiento de manera que cuando el servomotor acciona el elemento de accionamiento, se varía la distancia de separación,

en el que al menos un elemento de accionamiento incluye un tornillo de bola.

(209) Un aparato para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el aparato:

un conjunto de oruga adaptado para ser fijado a la pieza de trabajo;

15 un conjunto de carro acoplado de forma móvil al conjunto de oruga y móvil con respecto a la pieza de trabajo; y

una unidad de alimentación de herramientas acoplada al conjunto de carro y adaptada para acoplarse a un conjunto de herramienta y para acoplar de forma controlada el conjunto de herramienta con la pieza de trabajo, incluyendo la unidad de alimentación de herramienta:

un miembro de base;

20 una plataforma de accionamiento separada del elemento de base por una distancia de separación;

una pluralidad de elementos de guía que se extienden entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base, siendo al menos uno de la plataforma de accionamiento y el miembro de base móviles a lo largo de los miembros de guía para aumentar o disminuir la distancia de separación;

25 al menos un elemento de accionamiento acoplado operativamente entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base; y

un servomotor acoplado operativamente al miembro de accionamiento de tal manera que cuando el servomotor acciona el elemento de accionamiento, se varía la distancia de separación,

incluyendo además el aparato un conjunto de herramienta acoplado a la unidad de alimentación de herramienta y adaptado para acoplarse con la pieza de trabajo, en el que el conjunto de herramienta incluye:

30 un árbol de motor que se extiende a lo largo del eje y acoplado de forma giratoria a la plataforma de accionamiento;

un devanado de inducido dispuesto alrededor de al menos una parte del árbol de motor; y

un conjunto de campo acoplado a al menos una de la plataforma de accionamiento y el miembro de base y situado próximo al devanado del inducido.

(210) El aparato de la cláusula 209, que incluye además:

35 un controlador acoplado operativamente al servomotor; y

un sensor de velocidad acoplado operativamente al árbol del motor y al controlador, estando adaptado el controlador para recibir una señal de realimentación desde el sensor de velocidad y para transmitir una señal de control al servomotor.

(211) Un aparato para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el aparato:

40 un conjunto de oruga adaptado para ser fijado a la pieza de trabajo;

un conjunto de carro acoplado de forma móvil al conjunto de oruga y móvil con respecto a la pieza de trabajo; y

una unidad de alimentación de herramienta acoplada al conjunto de carro y adaptada para acoplarse a un conjunto de herramienta y para acoplar de forma controlada el conjunto de herramienta con la pieza de trabajo, incluyendo la unidad de alimentación de herramientas:

- un miembro de base;
 - una plataforma de accionamiento separada del elemento de base por una distancia de separación;
 - una pluralidad de miembros de guía que se extienden entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base, siendo al menos uno de la plataforma de accionamiento y el miembro de base móviles a lo largo de los miembros de guía para aumentar o disminuir la distancia de separación;
- 5
- al menos un miembro de accionamiento acoplado operativamente entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base; y
 - un servomotor acoplado de forma operativa al elemento de accionamiento de manera que cuando el servo motor acciona el elemento de accionamiento, se varía la distancia de separación,
- 10
- el aparato que incluye además un conjunto de herramienta acoplado a la unidad de alimentación de herramienta y adaptado para acoplarse con la pieza de trabajo,
- 15
- en el que la plataforma de accionamiento tiene una primera abertura dispuesta a su través y el miembro de base tiene una segunda abertura dispuesta a su través, estando alineadas la primera y la segunda aberturas alineadas a lo largo de un eje y la pluralidad de elementos de guía y estando distribuido al menos un miembro de accionamiento alrededor de las aberturas primera y segunda, comprendiendo además el aparato un conjunto de herramienta que incluye:
- un árbol de motor que se extiende a lo largo del eje y acoplado de forma giratoria a la plataforma de accionamiento;
 - un devanado de inducido dispuesto alrededor de al menos una porción del árbol del motor; y
 - un conjunto de campo acoplado a al menos una de la plataforma de accionamiento y el miembro de base y situado próximo al devanado del inducido.
- 20
- (212) El aparato de la cláusula 211, que incluye además:
- un controlador acoplado operativamente al servomotor; y
 - un sensor de velocidad acoplado operativamente al árbol del motor y al controlador, estando adaptado el controlador para recibir una señal de realimentación desde el sensor de velocidad y para transmitir una señal de control al servomotor.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para realizar una operación de fabricación sobre una pieza (20) de trabajo, comprendiendo el aparato:
un miembro (570) de base;
una plataforma (572) de accionamiento separada del miembro (570) de base por una distancia de separación;
- 5 una pluralidad de miembros (574) de guía que se extienden entre la plataforma de accionamiento y el miembro (570) de base, siendo al menos uno de la plataforma (572) de accionamiento y el miembro (570) de base móvil a lo largo de los miembros (574) de guía para aumentar o disminuir la distancia de separación;
al menos un elemento (554) de accionamiento acoplado operativamente entre la plataforma (572) de accionamiento y el miembro (570) de base;
- 10 un servomotor (578) acoplado operativamente al miembro (554) de accionamiento de tal manera que cuando el servomotor (578) acciona el elemento (554) de accionamiento, se varía la distancia de separación y
un conjunto (550) de herramienta acoplado a la plataforma (572) de accionamiento,
caracterizado porque la plataforma (572) de accionamiento incluye una primera porción anular y el miembro (570) de base incluye una segunda porción anular, estando alineadas las primera y segunda porciones anulares a lo largo de un eje y la pluralidad de miembros (574) de guía y estando al menos un miembro (554) de accionamiento espaciado concéntricamente alrededor de la primera y segunda porciones anulares, y en donde el conjunto (550) de herramienta se extiende a través de la primera y segunda porciones anulares a lo largo del eje.
- 15 2. El aparato de la reivindicación 1, en el que el conjunto (530) de herramienta incluye:
un árbol (556) de motor que se extiende a lo largo del eje y acoplado giratoriamente a al menos uno de la plataforma (572) de accionamiento y el miembro (570) de base;
20 un devanado (558) de inducido dispuesto alrededor de al menos una porción del árbol (556) de motor; y
y un conjunto (566) de campo acoplado a al menos uno de la plataforma (572) de accionamiento y el miembro (570) de base y situado próximo al devanado (558) de inducido.
- 25 3. El aparato de la reivindicación 1, en el que la plataforma (572) de accionamiento tiene una primera abertura dispuesta a su través y el miembro (570) de base tiene una segunda abertura dispuesta a su través, estando alineadas la primera y segunda aberturas a lo largo de un eje y la pluralidad de los miembros (575) de guía y el al menos un miembro (554) de accionamiento estando distribuidos alrededor de las primera y segunda aberturas, comprendiendo además el aparato un conjunto (550) de herramienta que incluye:
30 un árbol (556) de motor que se extiende a lo largo del eje y acoplado de forma giratoria a la plataforma (572) de accionamiento;
un devanado (558) de inducido dispuesto alrededor de al menos una porción del árbol (556) de motor; y
un conjunto (566) de campo acoplado a al menos uno de la plataforma (572) de accionamiento y el miembro (570) de base y situado próximo al devanado (558) de inducido.
4. El aparato de la reivindicación 2 o 3, que incluye además:
35 un controlador acoplado operativamente al servomotor (578); y
un sensor de velocidad acoplado operativamente al árbol (556) del motor y al controlador, estando adaptado el controlador para recibir una señal de realimentación del sensor de velocidad y para transmitir una señal de control al servomotor (578).
5. El aparato de la reivindicación 1, que comprende:
40 Un conjunto (510) de oruga adaptado para ser fijado a la pieza de trabajo;
un conjunto (520) de carro acoplado de forma móvil al conjunto de oruga y móvil con relación a la pieza de trabajo; y
una unidad de alimentación de herramienta acoplada al conjunto (520) de carro y adaptada para acoplarse a un conjunto de herramienta y para acoplar de forma controlada el conjunto de herramienta con la pieza de trabajo, incluyendo la unidad de alimentación de herramienta:
45 dicho miembro de base;

- dicha plataforma de accionamiento separada del miembro de base por dicha distancia de separación;
- extendiéndose dicha pluralidad de miembros de guía entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base, siendo al menos uno de la plataforma de accionamiento y el miembro de base móviles a lo largo de los miembros de guía para aumentar o disminuir la distancia de separación;
- 5 dicho al menos un miembro de accionamiento acoplado operativamente entre la plataforma de accionamiento y el miembro de base; y
- dicho servomotor acoplado operativamente al miembro de accionamiento de tal manera que cuando el servomotor acciona el miembro de accionamiento, se varía la distancia de separación.
- 10 6. El aparato de la reivindicación 5, que incluye además un conjunto de herramienta acoplado a la unidad de alimentación de herramientas y adaptado para acoplarse con la pieza (20) de trabajo.
7. El aparato de la reivindicación 6, que comprende además un controlador montado en el conjunto de carro y acoplado operativamente al servomotor de la unidad de alimentación de herramienta, y en el que el conjunto de carro incluye un conjunto de accionamiento operable para trasladar el conjunto de carro a lo largo del conjunto de oruga, estando el conjunto de accionamiento acoplado operativamente al controlador.
- 15 8. El aparato de la reivindicación 7, en el que el conjunto de orugas incluye:
- primero y segundo raíles flexibles alargados, estando los raíles espaciados y aproximadamente paralelos entre sí; y una pluralidad de dispositivos de fijación al vacío conectados a cada raíl y espaciados a intervalos a lo largo para unir de forma liberable cada raíl a la superficie de la pieza de trabajo por vacío, con las anchuras de los raíles extendiéndose sustancialmente paralelas a la superficie de la pieza de trabajo, doblándose y retorciéndose los raíles según sea necesario para seguir sustancialmente la superficie de la pieza de trabajo.
- 20 9. El aparato de la reivindicación 8, en el que cada raíl es relativamente rígido en doblamiento alrededor de un primer eje de doblamiento y relativamente flexible en doblamiento alrededor de un segundo eje de doblamiento ortogonal al primer eje de doblamiento y en el que cada raíl está montado sobre la pieza de trabajo de tal manera que el primer eje de doblamiento es sustancialmente normal a la superficie de la pieza de trabajo y el segundo eje de doblamiento es sustancialmente paralelo a la superficie de la pieza de trabajo.
- 25 10. Un método para realizar una operación de fabricación sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el método:
- proporcionar una unidad de alimentación de herramienta que tiene un miembro de base acoplado de forma móvil a una plataforma de accionamiento por una pluralidad de elementos de guía, siendo al menos uno de la plataforma de accionamiento y el miembro de base móviles a lo largo de los miembros de guía para aumentar o disminuir una
- 30 distancia de separación entre ellos, que incluye al menos un elemento de accionamiento acoplado operativamente entre la plataforma de accionamiento y el elemento de base, un servomotor acoplado operativamente al al menos un elemento de accionamiento; y un conjunto de herramienta acoplado a la plataforma de accionamiento;
- acoplar operativamente una herramienta de fabricación a la unidad de alimentación de herramienta; y
- 35 girar de forma controlable al menos un miembro de accionamiento utilizando el servomotor para variar una distancia de separación entre la plataforma de accionamiento y el elemento de base y para acoplar la herramienta de fabricación con la pieza de trabajo,
- caracterizado porque la plataforma de accionamiento incluye una primera porción anular y el miembro de base incluye una segunda porción anular, en donde las primera y segunda porciones anulares están alineadas a lo largo de un eje y la pluralidad de miembros de guía y el al menos un miembro de accionamiento están espaciados concéntricamente
- 40 alrededor de la primera y segunda porciones anulares, y en donde el conjunto de herramienta se extiende a través de la primera y segunda porciones anulares a lo largo del eje.
11. El método de la reivindicación 10, que comprende además soportar de forma móvil la unidad de alimentación cerca de una superficie de la pieza de trabajo.
- 45 12. El método de la reivindicación 11, en el que soportar de forma móvil la unidad de alimentación cerca de una superficie de la pieza de trabajo incluye:
- acoplar un conjunto de oruga a la superficie de la pieza de trabajo;
- acoplar de forma móvil un conjunto de carro al conjunto de oruga; y
- acoplar la unidad de alimentación de herramienta al conjunto de carro.
- 50 13. El método de la reivindicación 12, en el que el acoplamiento de un conjunto de oruga a la superficie de la pieza de trabajo incluye aplicar vacío para adherir el conjunto de oruga a la superficie de la pieza de trabajo.

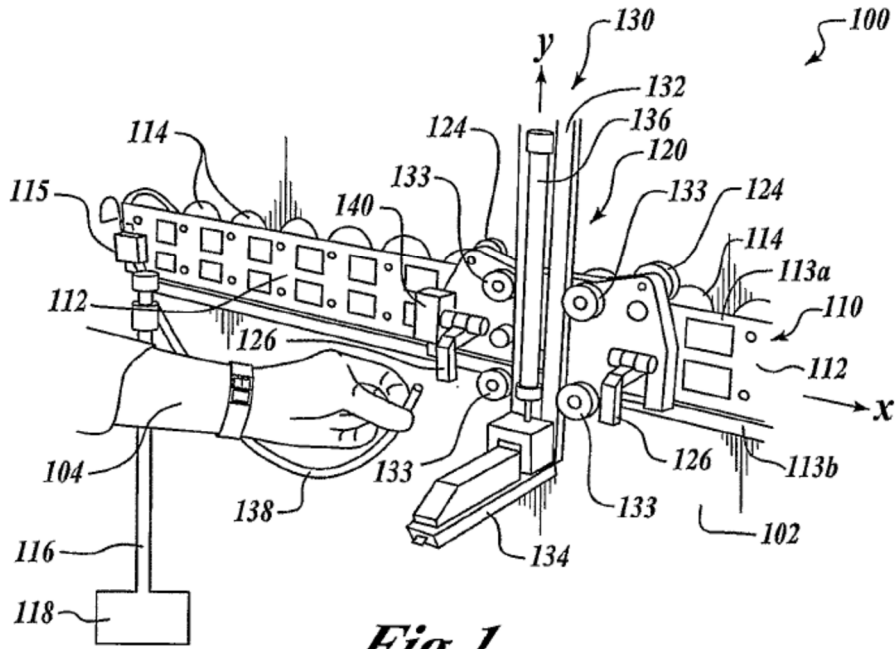


Fig. 1

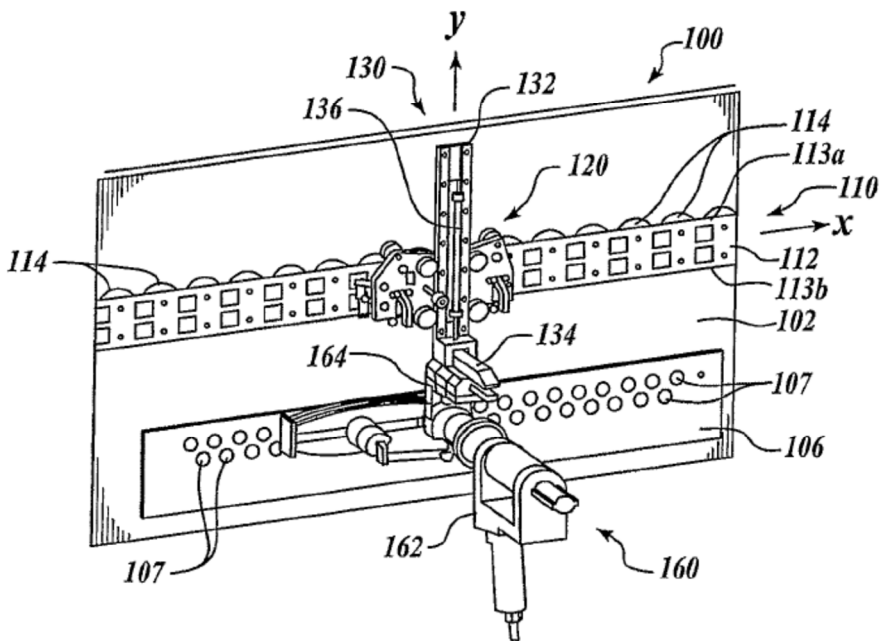


Fig. 2

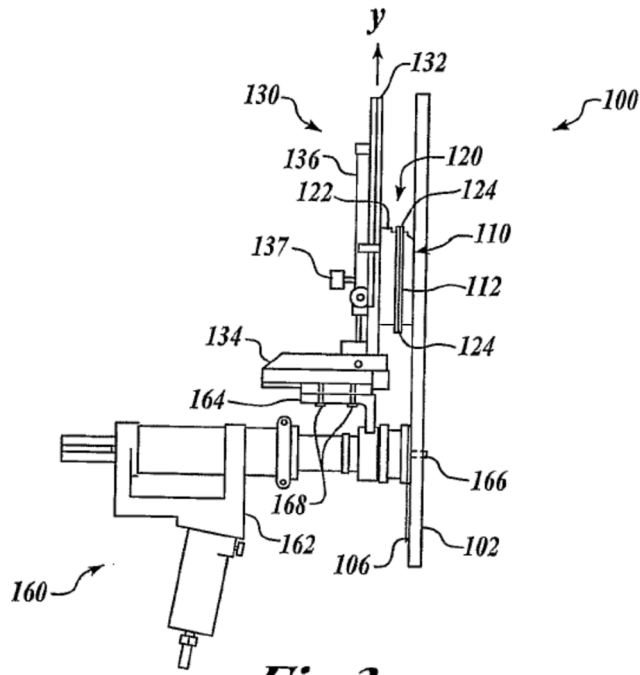


Fig. 3

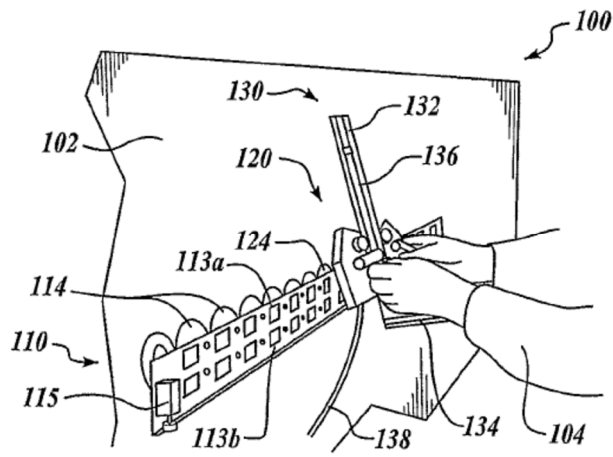


Fig. 4

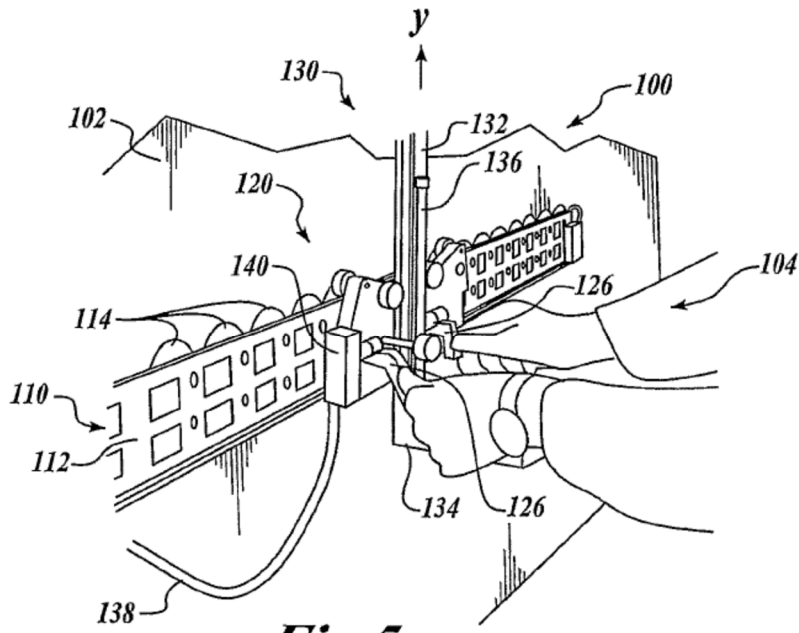


Fig. 5

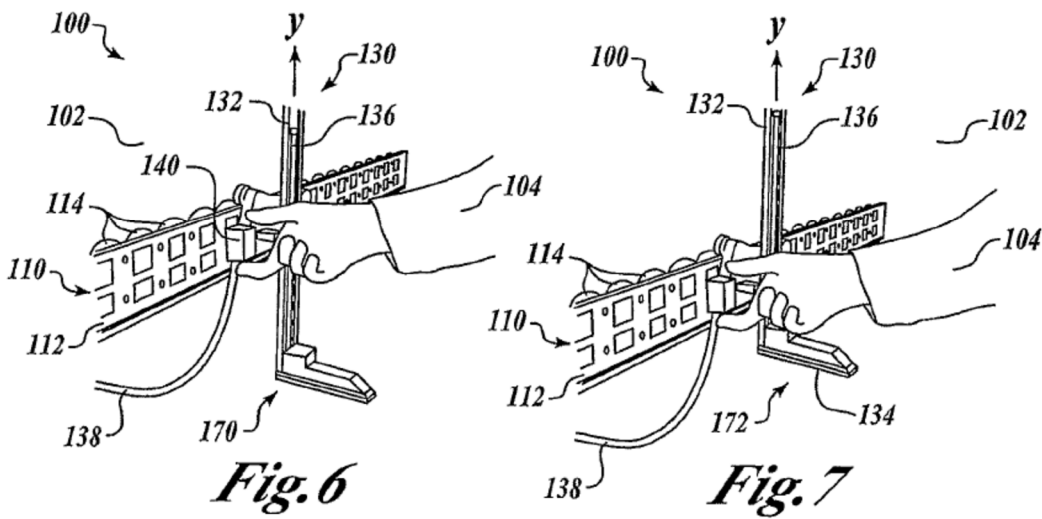


Fig. 6

Fig. 7

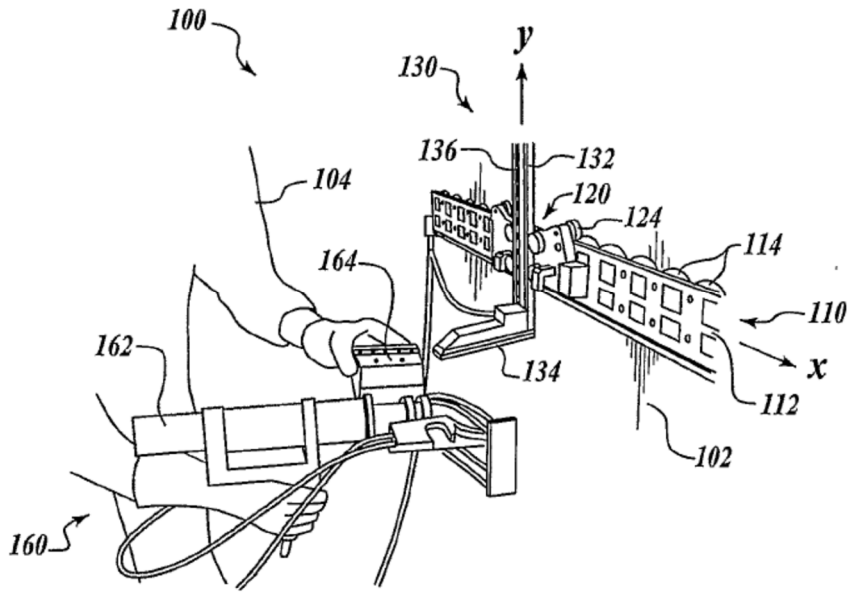


Fig. 8

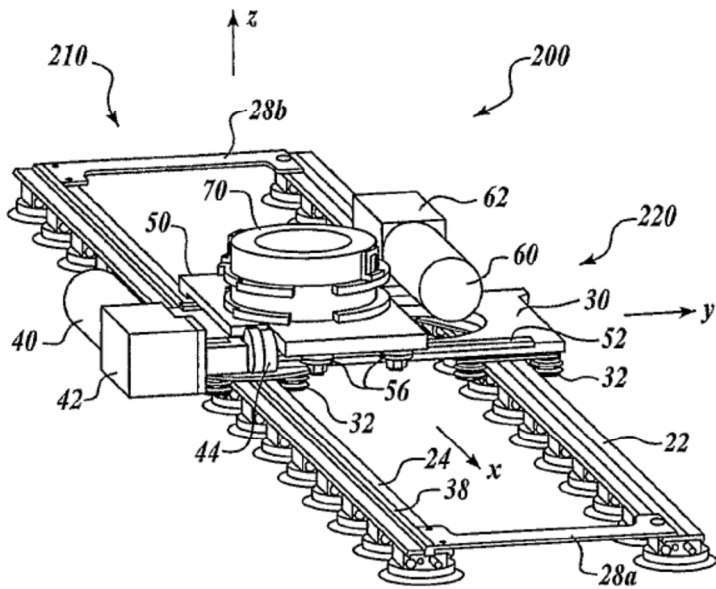


Fig. 9

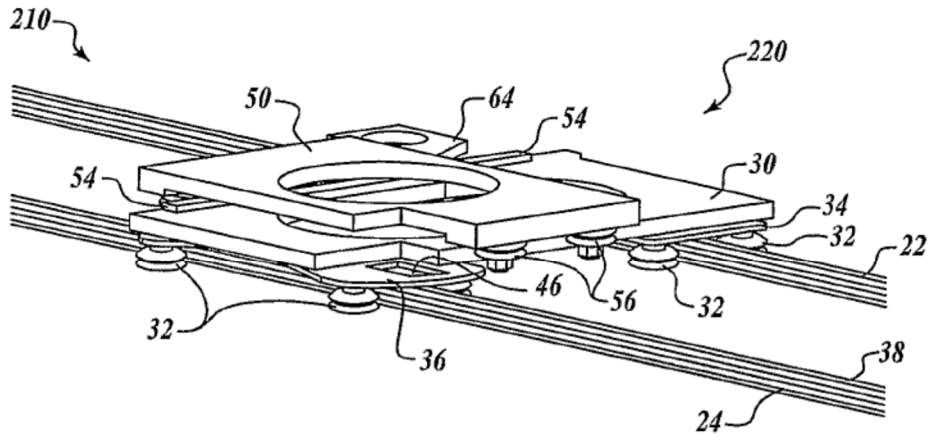


Fig. 10

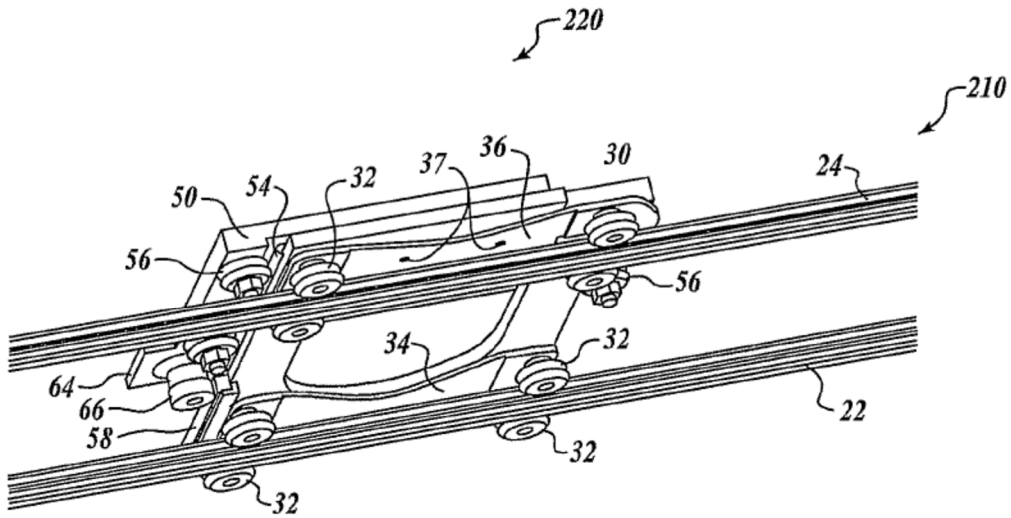


Fig. 11

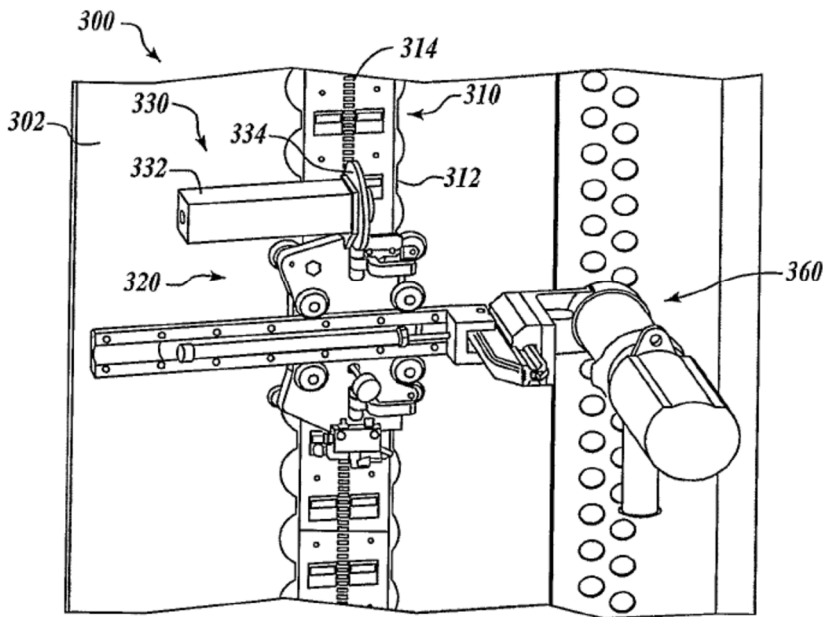


Fig. 12

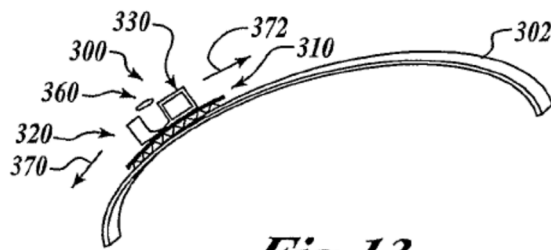


Fig. 13

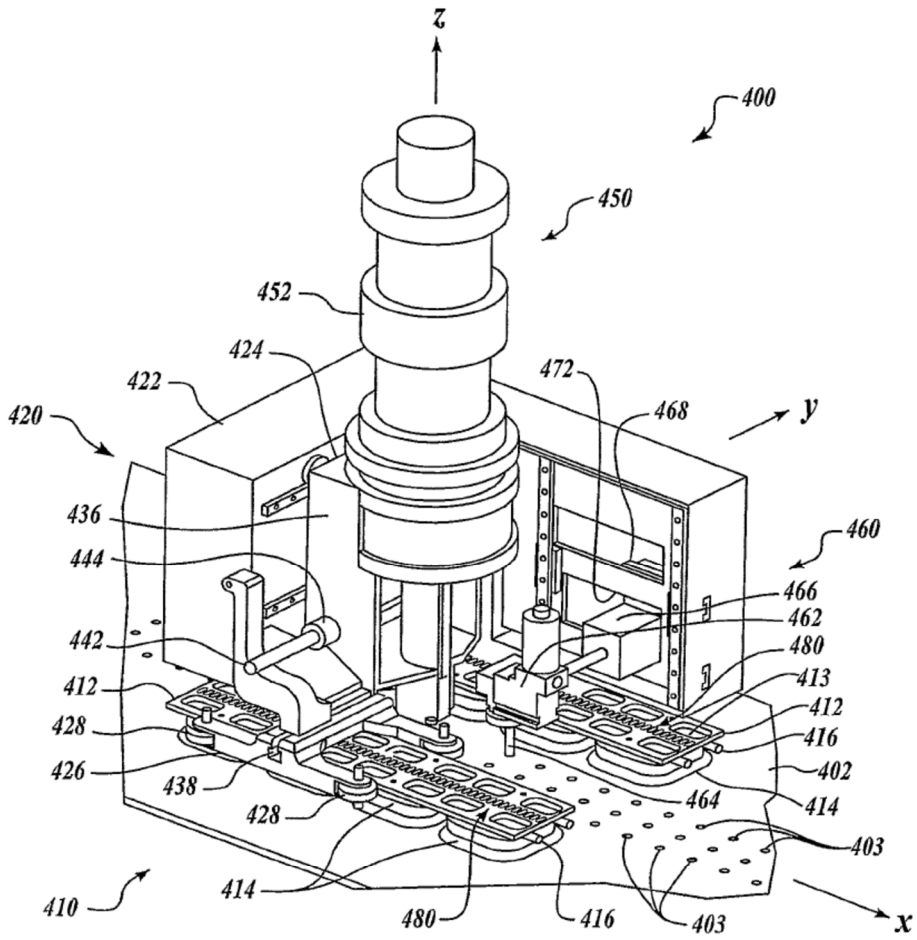


Fig. 14

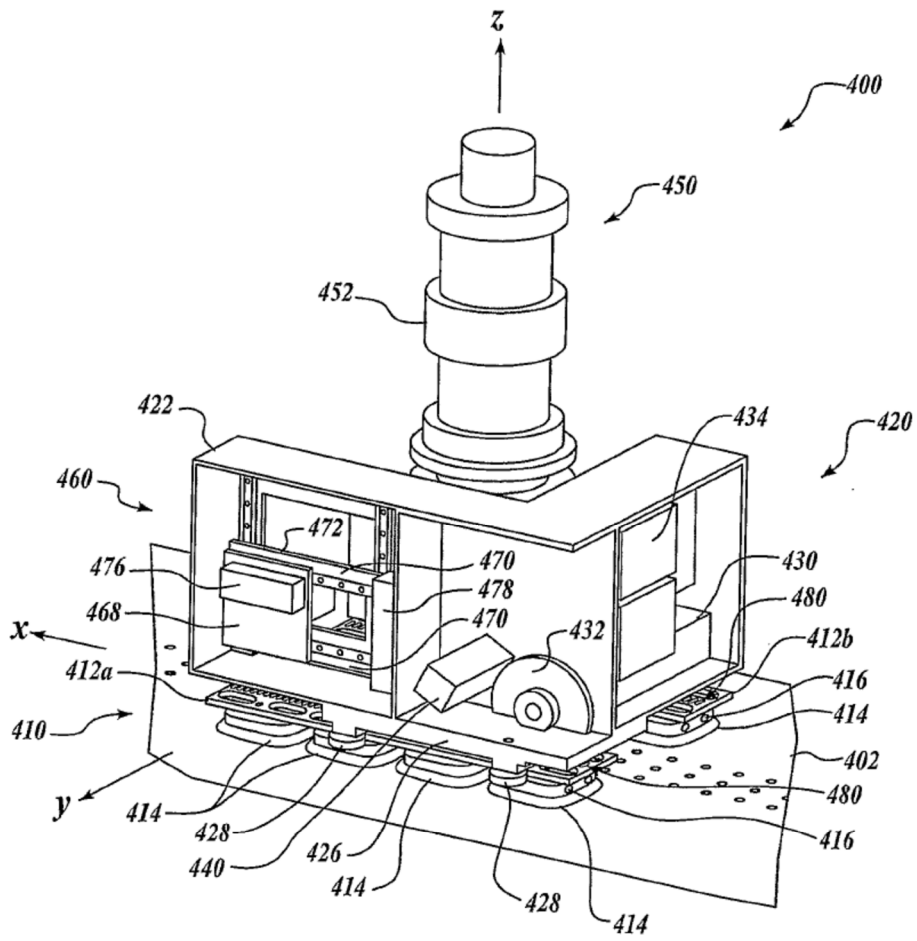


Fig.15

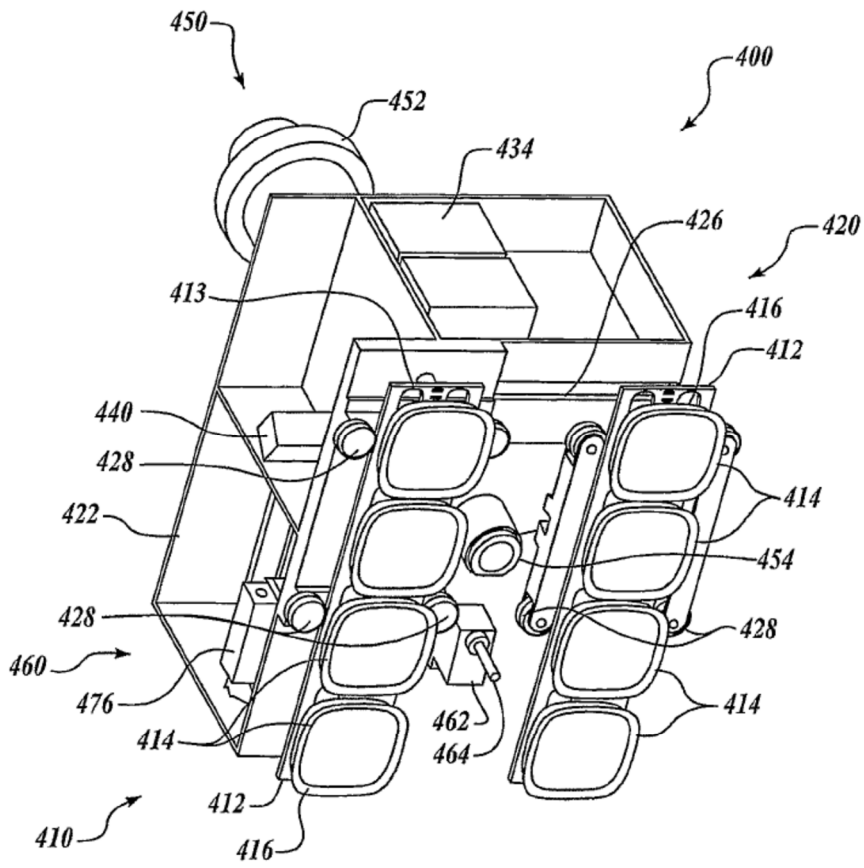


Fig.16

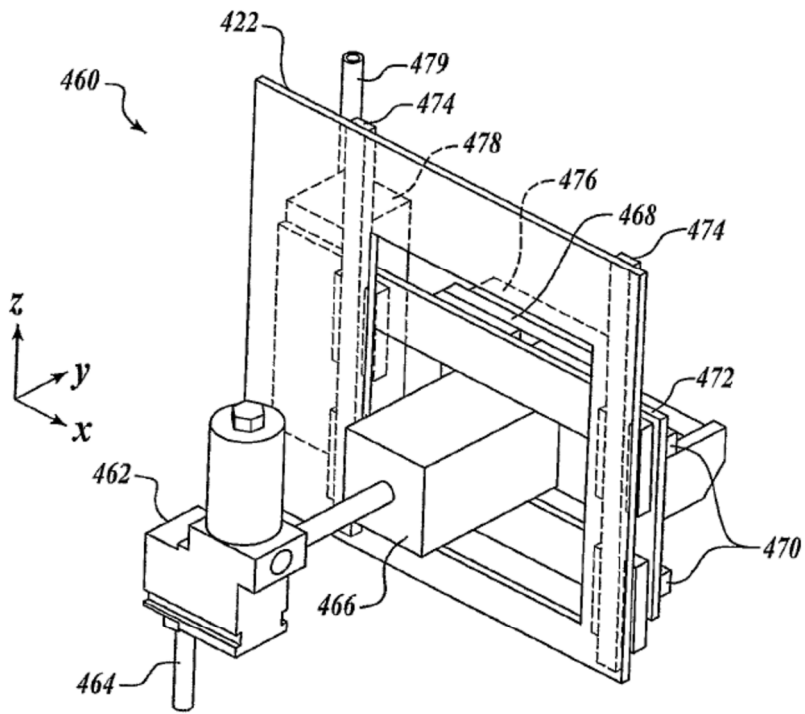


Fig.17

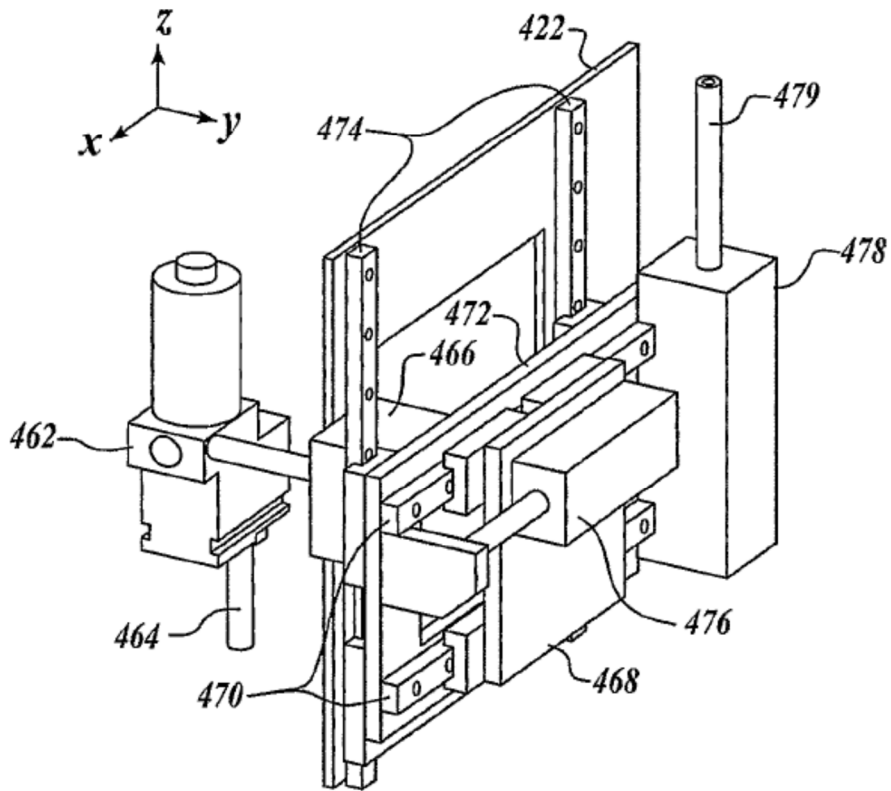
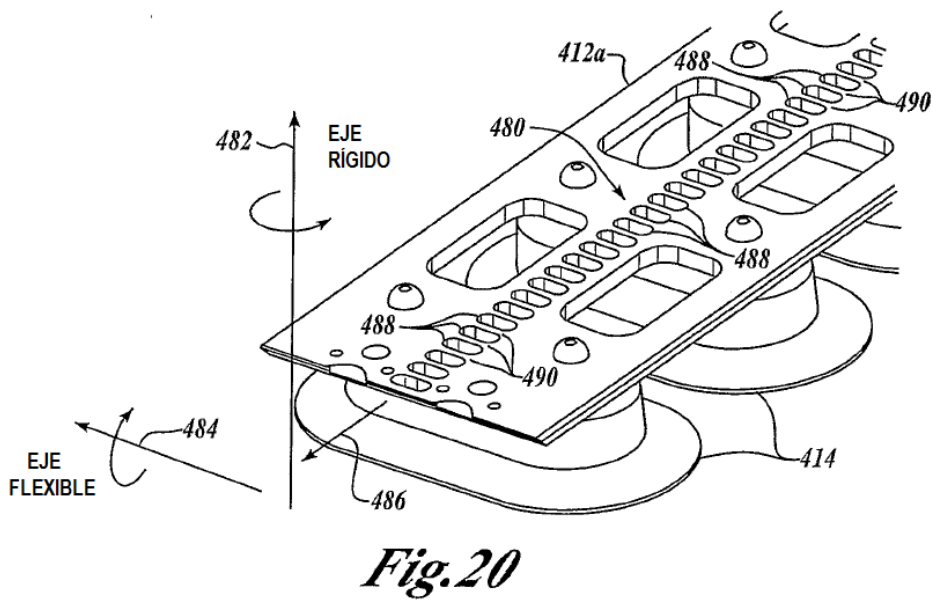
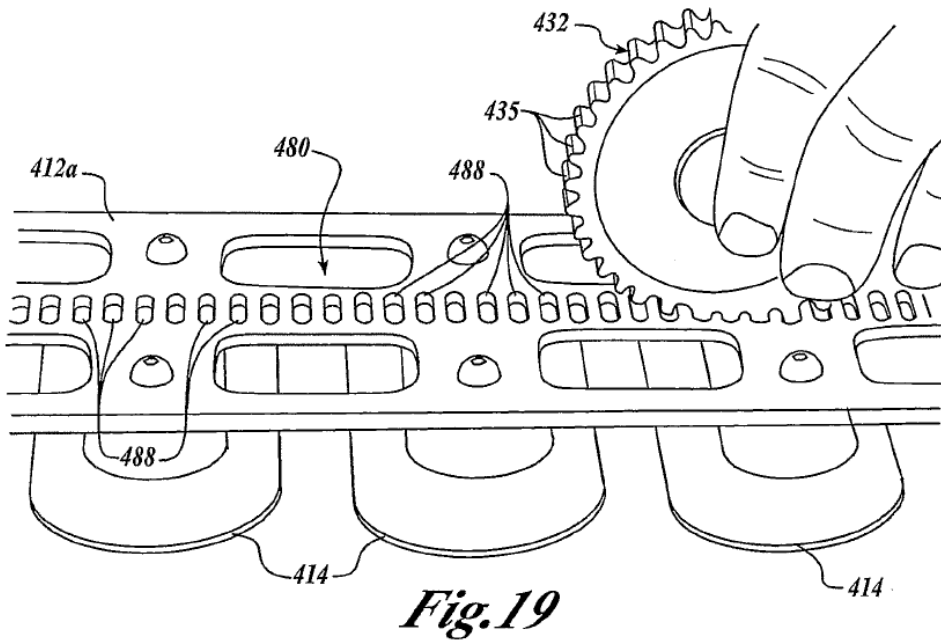


Fig.18



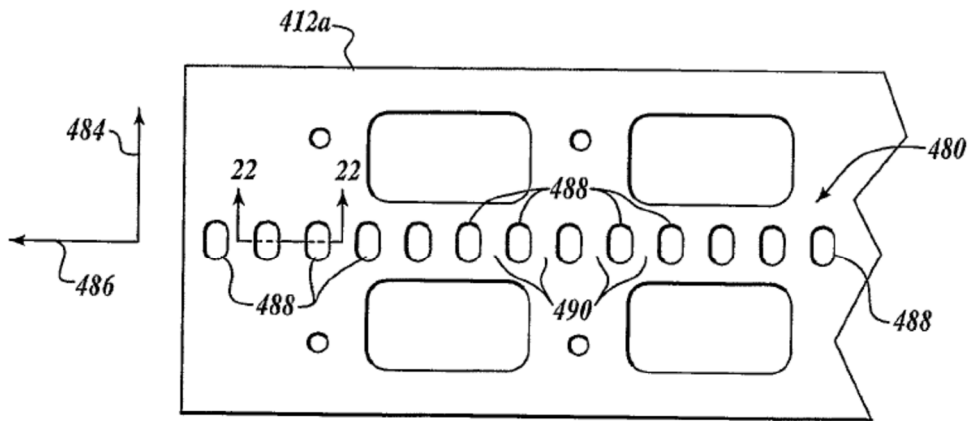


Fig. 21

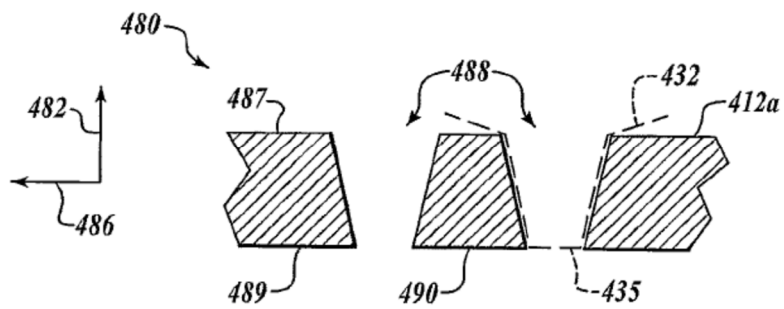


Fig. 22

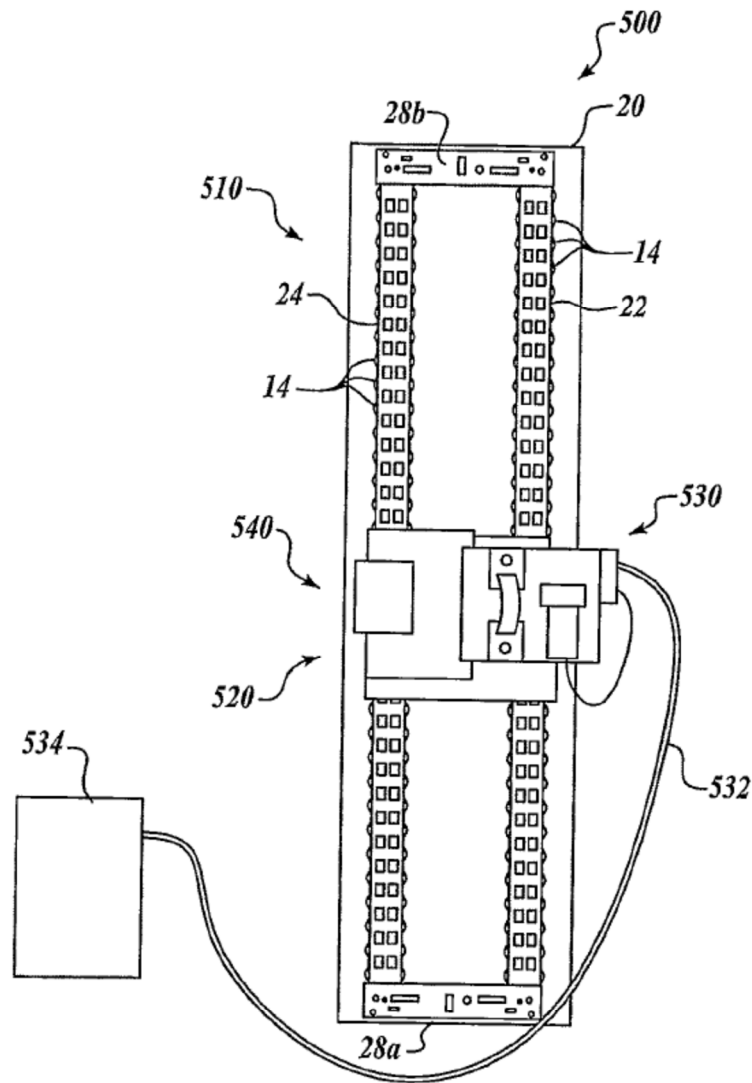


Fig. 23

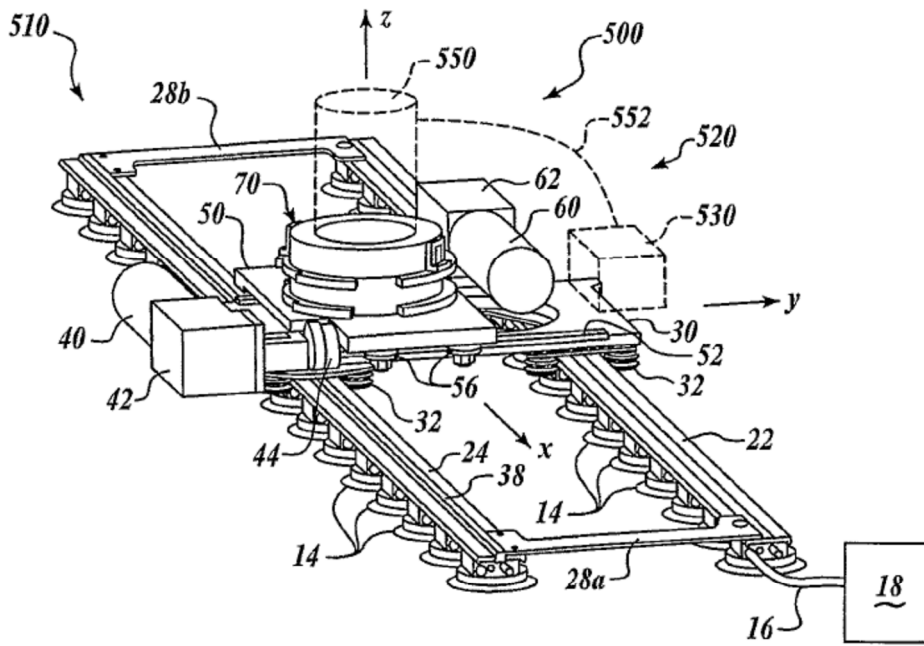


Fig. 24

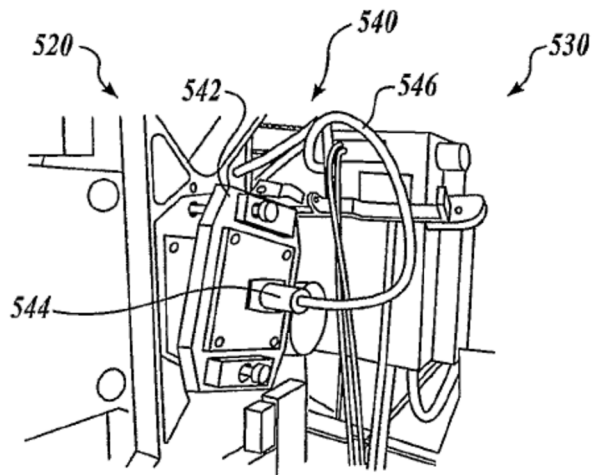


Fig. 25

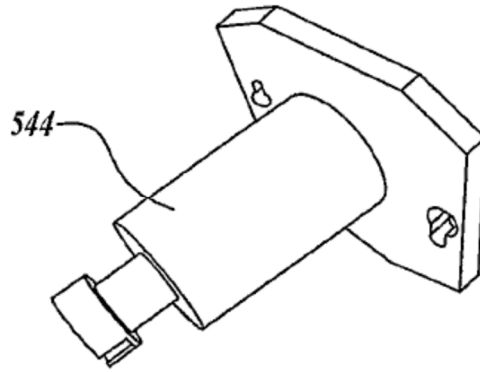


Fig. 26

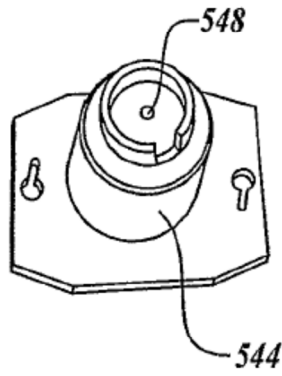


Fig. 27

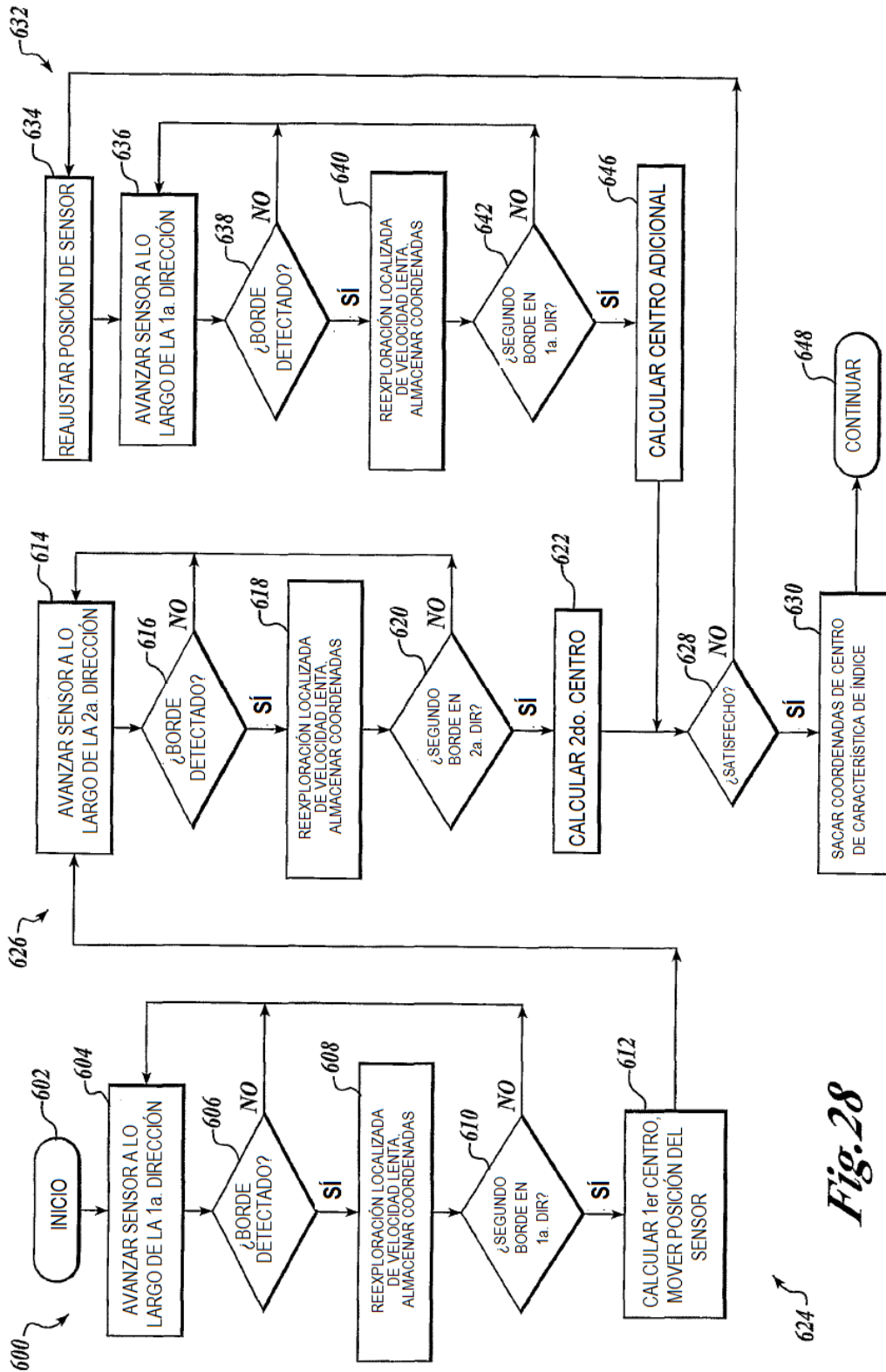


Fig. 28

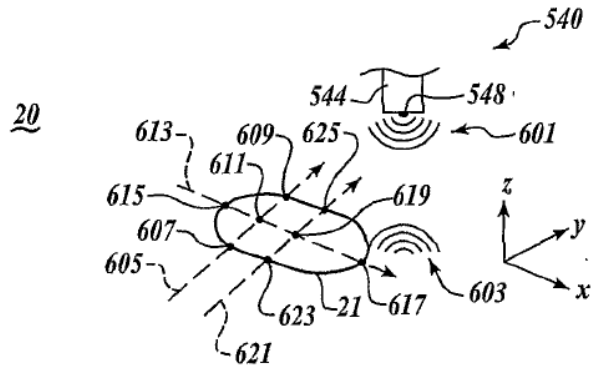


Fig. 29

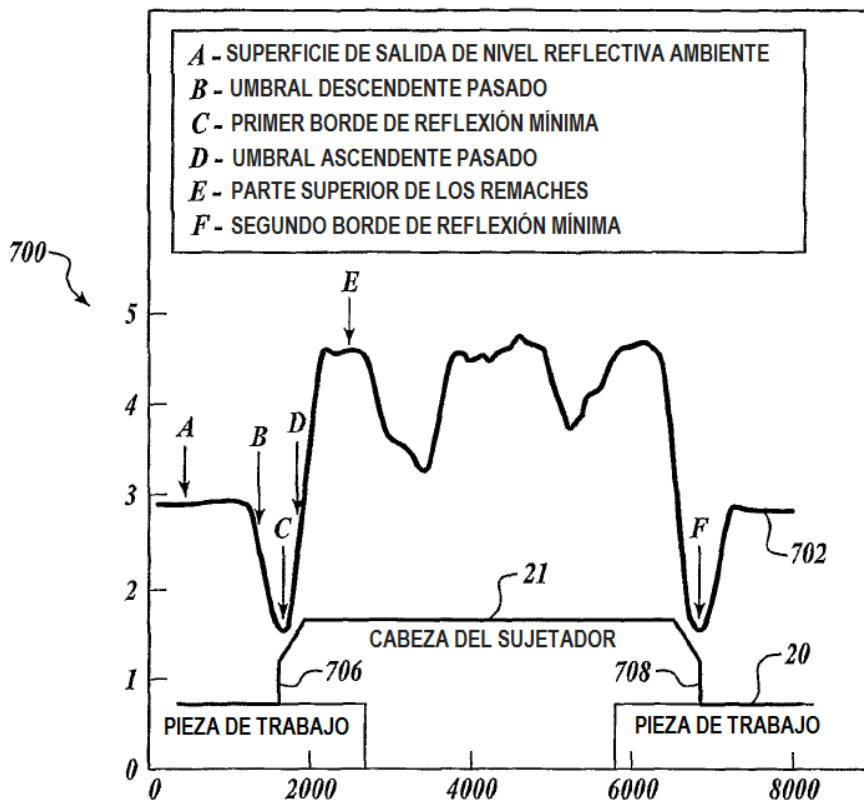


Fig. 30

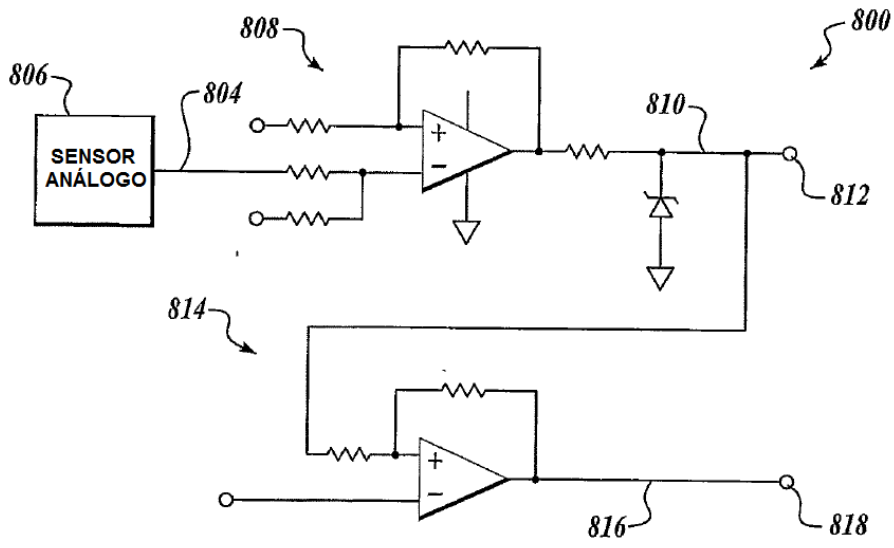


Fig.31

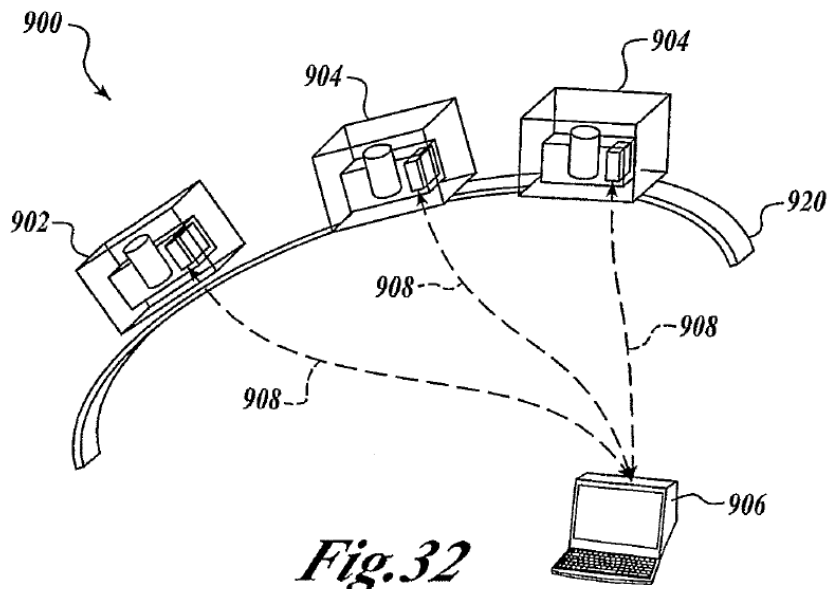


Fig.32

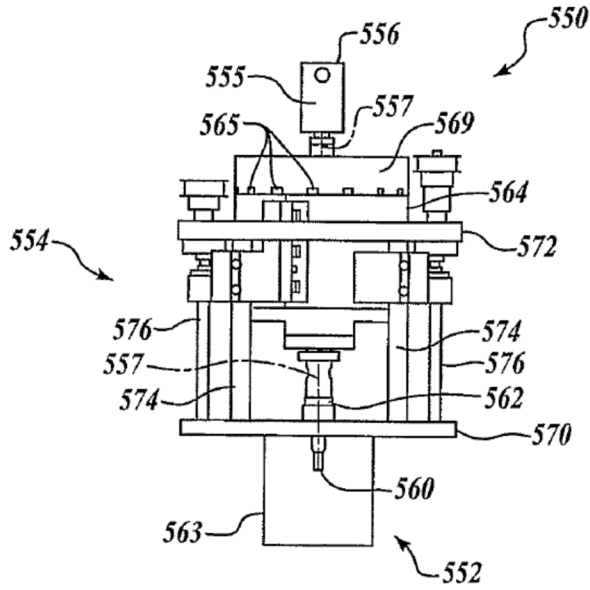


Fig.33

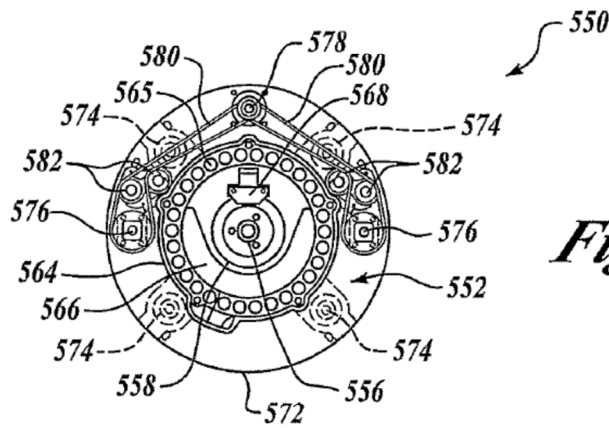


Fig.34

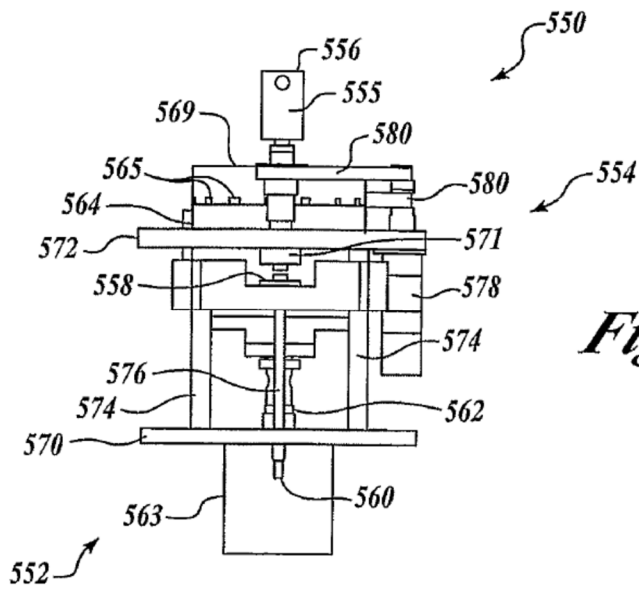


Fig.35