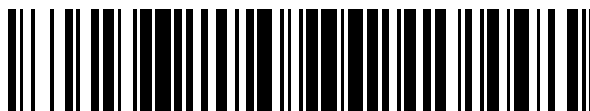


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 687 993**

51 Int. Cl.:

B23Q 17/22 (2006.01)

B23Q 17/24 (2006.01)

B23Q 3/18 (2006.01)

B23Q 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.12.2004 PCT/US2004/041128**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.07.2005 WO05068131**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.12.2004 E 04813449 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.06.2018 EP 1701819**

54 Título: **Taladrado de orificios de coordinación guiado por láser**

30 Prioridad:

06.01.2004 US 752285

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.10.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

CLARK, GREGORY, L.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 687 993 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

Taladrado de orificios de coordinación guiado por láser

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere en general al taladrado de orificios de coordinación y, más concretamente, al taladrado de orificios de coordinación de grandes partes de producción como las construidas y ensambladas para aeronaves o barcos.

Antecedentes de la invención

- 10 Una actividad que debe realizarse cuando se construye con partes componentes grandes, como cuando se construye una aeronave o durante la construcción naval, es taladrar orificios en varias ubicaciones en estas partes grandes. Dichos orificios pueden denominarse orificios de coordinación porque están ubicados en ubicaciones de coordenadas medidas en las partes. Los orificios de coordinación se usan luego para fijar una parte a otra parte con los orificios de coordinación correspondientes, por ejemplo, poniendo un elemento de fijación para mantener unidas varias partes. Cada vez que se replica la misma parte, los orificios de coordinación deben medirse y taladrarse en las mismas ubicaciones, lo que a menudo requiere mediciones precisas y precisión del taladrado.

- 15 El presente método para lograr la precisión para taladrar orificios de coordinación en partes grandes implica el uso de grandes máquinas de control numérico sobre enormes bases en entornos grandes y controlados. Se requieren enormes bases para lograr rigidez y precisión para el taladrado. Las grandes máquinas de control numérico funcionan en cinco ejes para ubicar y orientar correctamente los orificios que se van a hacer en las partes. Estas máquinas también son caras, difíciles de configurar, difíciles de mover y difíciles de modificar. Además, el peso de una máquina y el gran entorno de trabajo reducen la precisión del taladrado. De hecho, el presente método de taladrado de orificios de coordinación en partes grandes es rígido.

- 20 Además, el presente método de taladrado de orificios de coordinación, usando una gran máquina de control numérico sobre una enorme base, no es adecuado para taladrar orificios de coordinación en ensamblajes de nivel superior, como cajones de ala y estructuras ensambladas debido en parte a la incapacidad de la máquina para acceder a huecos más pequeños o internos. Se deben taladrar muchos tipos de partes grandes para producir orificios de coordinación. Configurar y adaptar una gran máquina de control numérico para muchas partes diferentes consume mucho tiempo y requiere mucho trabajo, lo que hace que el uso de una gran máquina de control numérico sobre una enorme base sea una solución poco práctica para taladrar orificios de coordinación con muchos tipos de partes.

- 30 El documento WO 03/049899 divulga una máquina taladradora de pistas flexibles que emplea un par de rieles que son flexibles en una dirección para adaptarse a una superficie de pieza de trabajo no plana y son esencialmente rígidos en una dirección paralela a la superficie de la pieza de trabajo. Los rieles están unidos a la pieza de trabajo mediante ventosas separadas a lo largo de cada riel. Un carro del eje x está montado de manera deslizante en los rieles mediante rodillos montados en placas de resorte flexibles fijadas al carro. Un taladro u otro dispositivo que se vaya a colocar se monta en un carro del eje y que está conectado de manera deslizante al carro del eje x.

- 35 El documento EP 17275470 divulga un dispositivo de mano para proporcionar el posicionamiento de una herramienta de mano, por ejemplo, un taladro eléctrico, en una posición de trabajo predefinida. El dispositivo también se puede usar para marcar una posición de trabajo para una herramienta de mano. El dispositivo comprende un soporte guiado a mano para la herramienta manual o instrumento de marcado con un dispositivo para medir la posición del soporte con relación al sistema de referencia de coordenadas fijo.

- 40 Se necesitan un método, sistema y aparato para taladrar orificios con precisión, que incluyan orificios de coordinación, en partes grandes mientras que proporcionan la flexibilidad de un dispositivo de taladrado portátil. Además, se necesita un sistema láser de seguimiento que combine la inspección, la fabricación y la medición en proceso en un sistema con un aparato de taladrado.

- 45 Resumen de la invención

Según la presente invención, se proporciona un aparato de orificios de coordinación guiado por láser y un método para taladrar orificios de coordinación como se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.

- 50 Se proporciona un aparato de taladrado de orificio de coordinación guiado por láser. Un aparato de taladrado de orificios de coordinación guiado por láser de ciertos modos de realización ventajosos de la presente invención es portátil y no requiere bases enormes o grandes y puede ser manual, semiautomático o automático. Un aparato para taladrar orificios de coordinación guiado por láser de un modo de realización de la presente invención incluye una

5 mesa de posicionamiento que permita el movimiento en al menos un plano, normalmente el plano x-y; una cavidad de buje para recibir un buje objetivo y bujes de taladro; un dispositivo de sujeción, normalmente mordazas de tornillo o ventosas, para asegurar la mesa de posicionamiento a una parte en la que se taladrarán los orificios; y un objetivo láser en la mesa de posicionamiento, normalmente cerca de la cavidad de buje o en un buje objetivo encajado en la cavidad de buje, para permitir que un seguidor láser ubique el posicionamiento de la mesa de posicionamiento y la cavidad de buje.

10 Una mesa de posicionamiento x-y de un modo de realización de la presente invención puede incluir ajustes manuales del tornillo para el movimiento en los ejes x e y, o motores automáticos, como servomotores, para el movimiento en los ejes x e y. Un objetivo láser para un modo de realización de la presente invención puede ser un objetivo óptico triédrico al descubierto u otro retrorreflector. Un modo de realización de un aparato de taladrado de orificios de coordinación guiado por láser de la presente invención puede incluir ventosas concéntricas de dos etapas para fijar de manera rígida la mesa de posicionamiento a una parte en la que se taladrará un orificio. Otro modo de realización de un aparato de taladrado de orificios de coordinación guiado por láser de la presente invención puede diseñarse para permitir que la mesa de posicionamiento taladre orificios en ángulo con un motor de taladro montado en la mesa de posicionamiento. De manera alternativa, una mesa de posicionamiento de un modo de realización de la presente invención puede ser una mesa de posicionamiento no concéntrica giratoria dual.

Se proporciona un método para taladrar orificios de coordinación en la reivindicación 8.

20 En un modo de realización de un método para taladrar orificios de coordinación de la presente invención, es posible realizar automáticamente un reconocimiento de un objetivo láser y determinar el cuadro de referencia del orificio de coordinación guiado por láser. En otro modo de realización, el posicionamiento del buje de taladro cerca de la ubicación del orificio puede realizarse de forma manual, semiautomática o automática. En un modo de realización de un método para taladrar orificios de coordinación de la presente invención, la etapa de posicionamiento del buje de taladro cerca de la ubicación del orificio puede realizarse ubicando el buje de taladro en una intersección con un vector normal desde la ubicación del orificio o ubicando el buje de taladro de manera que un vector del buje de taladro se entrecruce con la ubicación normal del orificio con la superficie de la parte en la ubicación del orificio.

Se proporciona un sistema para taladrar orificios de coordinación en la reivindicación 14.

30 Un modo de realización de un sistema para taladrar orificios de coordinación de la presente invención puede incluir una rutina de supervisión de movimiento del programa de software conectado de manera interoperativa al seguidor láser y/o una rutina de enclavamiento por software conectada de manera interoperativa al aparato de taladrado, buje de taladro o motor de taladro. Estas subrutinas del programa de software pueden evitar el taladrado accidental de un orificio en una ubicación incorrecta.

35 Los modos de realización de la presente invención son más adecuados para mecanizar orificios de coordinación en numerosos tipos de partes y en partes de diversas formas y tamaños. El tamaño de un aparato de taladrado de la presente invención proporciona flexibilidad para taladrar o mecanizar orificios de coordinación en partes en posiciones que de otro modo serían difíciles o imposibles de perforar con una gran máquina de control numérico incluso si la parte se reorientase para la gran máquina de control numérico. Los modos de realización de la presente invención proporcionan además la capacidad para el taladrado en paralelo, donde se realiza más de una operación de mecanizado en una parte a la vez. El tamaño de un aparato de taladrado de la presente invención también elimina la necesidad de un entorno de trabajo grande, pueda reducir la precisión de taladrado, requerida para una gran máquina de control numérico.

Breve descripción de los dibujos

Habiendo descrito, por tanto, la invención en términos generales, ahora se hará referencia a los dibujos adjuntos, que no están necesariamente dibujados a escala, y en donde:

45 La figura 1 es una vista en perspectiva de un aparato de taladrado de orificios de coordinación de un modo de realización de la presente invención;

La figura 2 es una vista en perspectiva en despiece ordenado de un aparato de taladrado de orificios de coordinación de la figura 1;

La figura 3 es una vista en perspectiva de un aparato de taladrado de orificios de coordinación alternativo;

50 La figura 4 es una vista en perspectiva de un aparato de taladrado de orificios de coordinación de otro modo de realización de la presente invención;

La figura 5 es una vista en perspectiva que muestra las ventosas de un aparato de taladrado de orificios de coordinación de las figuras 1 y 2;

La figura 6 es una vista en perspectiva de un aparato de taladrado de orificios de coordinación de un modo de realización adicional de la presente invención;

- 5 La figura 7 es un diagrama de flujo de un método de taladrado de orificios de coordinación de un modo de realización de la presente invención;

Las figuras 8A-8D son vistas pictóricas de modos de realización de presentación visual para colocar con precisión un aparato de taladrado de orificios de coordinación de un modo de realización de la presente invención;

- 10 La figura 9 es un diagrama esquemático de dos técnicas para determinar una ubicación para colocar un aparato de taladrado de orificios de coordinación de un modo de realización de la presente invención;

La figura 10 es un diagrama ilustrado de un sistema de taladrado de orificios de coordinación de un modo de realización de la presente invención;

La figura 11 es un diagrama esquemático de un sistema de taladrado de orificios de coordinación de un modo de realización de la presente invención;

- 15 La figura 12 es un diagrama esquemático de un aparato de taladrado de orificios de coordinación con una configuración de taladro donde un motor es aproximadamente perpendicular a una broca de un modo de realización de la presente invención; y

La figura 13 es un diagrama esquemático de un dispositivo no concéntrico giratorio dual de un modo de realización de la presente invención.

- 20 Descripción detallada de la invención

La presente invención se describirá ahora de manera más completa de aquí en adelante con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran modos de realización preferidos de la invención. Sin embargo, esta invención puede realizarse de muchas formas diferentes y no debe interpretarse como limitada a los modos de realización expuestos en el presente documento; más bien, estos modos de realización se proporcionan de modo que esta divulgación sea minuciosa y completa y transmita completamente el alcance de la invención a los expertos en la técnica. Los números similares se refieren a elementos similares en todas partes.

- 30 Los aparatos de taladrado de orificios de coordinación, los métodos de taladrado de orificios de coordinación y los sistemas para taladrar orificios de coordinación de un modo de realización de la presente invención se describen usando el término taladro y sus derivados. El taladrado está destinado a incluir otras formas de corte o fresado, que incluyen, pero no se limitan a taladrado tradicional, fresado helicoidal, cajeado, ramping, mortajado, fresado en escuadra y otros procesos de corte o fresado. Las aplicaciones de taladrado y otros elementos de taladrado incluyen aplicaciones de corte con otras herramientas y elementos de herramientas asociados. De manera similar, el término orificio incluye un hueco formado por una herramienta de corte o fresado. Este vocabulario se selecciona como un medio conveniente para describir y explicar la presente invención y no pretende limitarla al taladrado tradicional. Un experto en la técnica identificará descripciones de taladrado tradicional, tales como, dónde se utiliza una broca en lugar de otra herramienta de corte o fresado y comprenderá que una broca no es más que un ejemplo de una herramienta adecuada.

- 40 Aunque un uso principal de la presente invención es en el campo de la construcción y el ensamblaje de aeronaves, puede apreciarse a partir de la siguiente descripción que la invención también es útil para muchos tipos de construcción y ensamblaje, incluyendo, por ejemplo, construcción naval, fabricación de automóviles, construcción de edificios y similares.

- 45 La figura 1 es una vista en perspectiva de un aparato de taladrado de orificios de coordinación de un primer modo de realización de la presente invención, que también puede denominarse herramienta de orificio de coordinación o una plantilla de taladro láser. Un dispositivo 10 de taladrado de un modo de realización de la presente invención incluye una mesa 12 o plataforma de posicionamiento x-y. Una plataforma 12 de posicionamiento permite el movimiento de una porción 13 móvil de la plataforma a lo largo de uno o más ejes mientras que una porción 14 de base de la plataforma permanece estable. Una plataforma de posicionamiento x-y permite el movimiento a lo largo de ejes ortogonales, los ejes x e y. La porción 13 móvil de una plataforma de posicionamiento para un aparato 10 de taladrado de la presente invención delimita al menos una cavidad 30 de buje para aceptar bujes para contener un
- 50 objetivo 32 láser o recibir herramientas de diferentes tamaños.

Una plataforma 12 de posicionamiento puede estar soportada por patas o pies 24 sobre los cuales el aparato 10 de taladrado puede apoyarse contra una parte. Normalmente, la plataforma 12 de posicionamiento está en un plano aproximadamente paralelo al plano de la superficie de la parte sobre la cual se apoya el aparato 10 de taladrado. La plataforma 12 de posicionamiento normalmente está en un plano perpendicular al eje de taladrado de modo que la

5 la plataforma 12 de posicionamiento es normal a la superficie de la parte para taladrar orificios en una aplicación de superficie paralela. Un dispositivo de sujeción, como mordazas de tornillo o ventosas, se usa para asegurar el aparato de taladrado a la parte. En el modo de realización mostrado en la figura 1, dos ventosas 20, 22 están situadas en el lado inferior de la porción 14 de base de la plataforma 12 de posicionamiento de manera que

10 contactan con la parte sobre la que se apoya el aparato 10 de taladrado en aproximadamente el mismo plano en el cual los pies 24 se apoyan contra la parte. Estas ventosas 20, 22 pueden hacerse funcionar mediante un interruptor 38 y una tubería 36 de suministro de aire unida a un generador de vacío para asegurar el aparato 10 de taladrado a la parte.

Para cambiar la posición de la cavidad 30 de buje, se hacen ajustes a la plataforma 12 de posicionamiento para su movimiento en diferentes ejes. Como se muestra en el modo de realización de la figura 1, los ajustes 16, 17, 18, 19 de tornillo manuales pueden trasladar de manera independiente la cavidad 30 de buje a lo largo de los ejes x o y. También se muestra en la figura 1 una línea 39 de visión de seguidor láser para un seguidor láser para determinar el

15 cuadro de referencia de la mesa de posicionamiento y para colocar una cavidad de buje en la mesa de posicionamiento con relación a un orificio de coordinación deseado.

La figura 2 es una vista en perspectiva en despiece ordenado de un aparato 10 de taladrado de orificios de coordinación de la figura 1. La vista en despiece en la figura 2 proporciona un ejemplo de la forma en que puede

20 construirse un aparato de taladrado de la presente invención, aunque un aparato de taladrado de la presente invención se puede construir de una variedad de maneras para adaptarse a cualquier número de aplicaciones. En este modo de realización, los ajustes 16, 17, 18, 19 de tornillo manuales están posicionados entre una base 14 asegurable de la plataforma de posicionamiento y una porción 13 móvil de la plataforma de posicionamiento. Dos

25 ventosas 20, 22 y cuatro patas 24, 25, 26, 27 están aseguradas en la parte inferior de la plataforma 12 de posicionamiento, aunque el aparato puede incluir cualquier número de ventosas y patas. Aunque normalmente está ubicado en la ubicación de la cavidad de buje, un objetivo 32 láser puede montarse en cualquier posición predefinida en la porción 13 móvil de la plataforma de posicionamiento. El objetivo 32 láser proporciona una ubicación de referencia en la porción 13 móvil de la plataforma de posicionamiento a partir de la cual se pueden determinar las

30 posiciones de los ejes x e y de la cavidad 30 de buje, como se describe de aquí en adelante. Un objetivo 32 láser puede ser cualquier tipo de dispositivo reflectante apropiado para su uso con un seguidor láser, como un objetivo retrorreflector de 1,27 cm (0,5 pulgadas) de diámetro o un objetivo óptico triédrico al descubierto de 3,81 cm (1,5 pulgadas). La cavidad 30 de buje de la porción 13 móvil de la plataforma de posicionamiento está diseñada para

35 aceptar bujes que puedan contener un objetivo láser o recibir herramientas para taladrar orificios usando el aparato 10 de taladrado. Los bujes pueden fijarse al aparato de taladrado usando un tornillo o pasador de bloqueo o cualquier otro método para asegurar el buje. Se puede usar un buje de taladro modificado de 0,0127 a 0,0254 mm (0,0005 a 0,001) más grande que el diámetro de la broca con un aparato de taladrado de coordinación guiado por láser y asegurado en una cavidad de buje del aparato de taladrado, aunque también se pueden emplear otros

40 diámetros relativos. Un buje de taladro puede modificarse para tener una longitud adicional para mejorar la orientación y alineación de una herramienta para taladrar en la superficie de una parte, incluyendo un modo de realización donde el buje de taladro es más largo que el grosor de la mesa de posicionamiento, como cuando el buje de taladro es una extensión cilíndrica desde o a través de una porción de la mesa de posicionamiento.

La plataforma 12 de posicionamiento puede ajustarse de forma manual, semiautomática o automática. El modo de realización mostrado en las figuras 1 y 2 usa ajustes 16, 17, 18, 19 de tornillo micrométrico manuales para la

45 plataforma 12 de posicionamiento. Una plataforma 42 de posicionamiento automático se muestra en la vista en perspectiva de un dispositivo 40 de taladrado de orificios de coordinación de una disposición mostrada en la figura 3. El aparato de taladrado de esta disposición incluye servomotores 47, 49 automáticos para ajustar los ejes x e y de la plataforma de posicionamiento. El aparato 40 de taladrado de orificios de coordinación mostrado en la figura 3 también incluye un motor 44 de taladro automatizado montado en la plataforma de posicionamiento en línea con una

50 broca 45 orientada normal al plano sobre el cual el aparato 40 de taladrado se apoya contra la parte. Estos servomotores 47, 49 automáticos y los motores 44 de taladro se controlan mediante comandos desde un ordenador u otro controlador a través de un cable 46 de comunicación, aunque también se puede emplear comunicación inalámbrica. El aparato de taladrado de la figura 3 incluye un objetivo 52 láser fijo que no necesita ser retirado de una cavidad de buje o buje de la plataforma de posicionamiento antes de que comience el taladrado. Para usar un

55 objetivo láser fijo con un aparato de taladrado, el sistema debe estar calibrado para el desplazamiento del objetivo del buje de taladro. Un objetivo 205 fijo similar se usa con el motor de taladro de 90 grados de la figura 12.

La figura 4 es una vista en perspectiva de un aparato 60 de taladrado de orificios de coordinación de un modo de realización adicional de la presente invención. El modo de realización mostrado en la figura 4 es un ejemplo de un

60 aparato de taladrado de orificios de coordinación de la presente invención que incluye mordazas 66, 68 de tornillo para fijar de manera rígida el aparato 60 de taladrado a una parte.

La Figura 5 es un diagrama esquemático que muestra las ventosas 20, 22 del aparato 10 de taladrado de orificios de coordinación de las figuras 1 y 2. Las ventosas permiten que una plataforma de taladrado de la presente invención se posicione fácilmente en una parte, incluso contra la fuerza de la gravedad, como taladrando al revés. Las ventosas 20, 22 de este modo de realización son ventosas concéntricas de dos etapas para fijar de manera rígida la mesa de posicionamiento a una superficie en la parte. Una ventosa de dos etapas proporciona un bajo vacío para el posicionamiento y un alto vacío para proporcionar estabilidad adicional durante el taladrado. Sin embargo, como se representa por las mordazas 66, 68 de tornillo en la disposición mostrada en la figura 4, cualquier tipo de dispositivo de sujeción que pueda fijar de manera rígida un dispositivo de taladrado de orificios de coordinación a la superficie de una parte a taladrar se puede usar con un aparato de taladrado de la presente invención.

La figura 6 es una vista en perspectiva de un aparato 70 de taladrado de orificios de coordinación de otro modo de realización de la presente invención. El modo de realización que se muestra en la figura 6 es una versión más compacta de un aparato de taladrado de la presente invención. Este modo de realización es solo un ejemplo más de la variedad de posibilidades de diseño para crear un aparato de taladrado de la presente invención. El aparato de taladrado normalmente se diseña basado en el uso y la aplicación previstos. Por ejemplo, un dispositivo más pequeño puede ser más práctico para taladrar con cuidado orificios más pequeños o mover repetidamente el aparato de taladrado para taladrar una gran pluralidad de orificios. Por el contrario, una plataforma de taladrado más grande puede ser beneficiosa para aplicaciones de taladrado que requieran más fuerza o el taladrado de un menor número de orificios. Independientemente de la aplicación, un aparato de taladrado de la presente invención se puede diseñar y fabricar a partir de materiales apropiados para proporcionar la dureza, rigidez y precisión apropiadas para el taladrado de precisión, como granito, carburo de tungsteno, acero al carbono endurecido, aluminio, materiales compuestos u otro metal o material que proporcione la precisión de taladrado requerida para una aplicación en concreto.

La figura 7 es un diagrama de flujo de un método de taladrado de orificios de coordinación de un modo de realización de la presente invención. Debe establecerse el cuadro de referencia para un seguidor láser 80. Como conocen los expertos en la técnica, este proceso se puede realizar de varias formas, como determinando la posición de un seguidor láser en un punto fijo o usar el seguidor láser en sí mismo para el cuadro de referencia primario. El seguidor láser se usa para medir o reconocer la parte que se va a taladrar 82 para determinar el cuadro de referencia de la parte 84. Esto se puede hacer indexando las características clave para ubicaciones en la parte tales como bordes de la parte, orificios de índice, superficies u otras ubicaciones de reglaje. Las ubicaciones de la parte se pueden medir con el seguidor láser usando objetivos ópticos en cada ubicación.

El cuadro de referencia de la parte puede medirse o reconocerse 82 en una variedad de métodos conocidos en la técnica. De forma similar, un experto en la técnica puede seleccionar el método e instrumentos apropiados necesarios para medir un cuadro de referencia de mesa de posicionamiento o parte usando un seguidor láser y objetivos láser. El método utilizado probablemente se seleccionará dependiendo de factores como el tipo, tamaño o forma de la parte que se está taladrando o el método de taladrado. A modo de ejemplo, un cuadro de referencia de parte se puede medir usando un método de tres puntos. Un método de tres puntos utiliza un número mínimo de puntos para determinar una transformación de la parte con relación al seguidor láser. Un primer punto delimita una ubicación cero, un segundo punto delimita una ubicación a lo largo del eje y, y un tercer punto establece una referencia al plano x-y, y a ubicación a lo largo de un eje z. El tercer punto debe estar desplazado de una línea recta para establecer un tercer eje ortogonal y normalmente el tercer punto está ubicado tan lejos como sea posible de una línea recta o a una distancia que represente mejor la parte que se está midiendo para aumentar la precisión de la medición del cuadro de referencia de la parte.

Otro método para medir un cuadro de referencia de la parte es un método de n puntos. Un método de n puntos es un ajuste por mínimos cuadrados de más de tres puntos. Este método es bueno para volver a indexar partes taladradas o ubicar partes conocidas en una herramienta.

Otros métodos de medición de referencias de partes incluyen adquirir puntos de referencia para las características clave de una parte que representan cómo se unirá la parte. Los planos, las líneas y los orificios se pueden usar en combinación para delimitar todos los grados de libertad de la parte.

Una vez que la parte se ha medido o reconocido 82 para permitir la determinación del cuadro de referencia de la parte 84, un seguidor láser puede apuntar a una ubicación para taladrar un orificio de coordenadas en la parte 88. Un seguidor láser normalmente es un ordenador controlado con una ubicación del láser incidente preestablecida en relación con el cuadro de referencia de la parte. Un operador coloca un aparato de taladrado de la presente invención en la parte de modo que la cavidad de buje esté situada aproximadamente en la parte donde se taladrará el orificio 90. En esta ubicación, el aparato de taladrado del orificio de coordinación guiado por láser está fijado de manera rígida a la parte 92, como mediante el uso de mordazas 93 de tornillo y ventosas 94 para asegurar la plataforma de taladrado a la parte.

Usando el objetivo láser en el aparato de taladrado, el seguidor láser establece un cuadro de referencia para la plataforma de taladro 96. A continuación, la plataforma de posicionamiento de un aparato de taladrado de la

presente invención se ajusta para ajustar la posición de la cavidad de buje sobre la ubicación del orificio 98. Esto puede lograrse manualmente usando los ajustes de tornillo micrométrico 97, usando de manera semiautomática servomotores 99 y ajustes de tornillo manuales 97, o usando de manera automática servomotores 99. Este posicionamiento preciso de la cavidad de buje sobre la ubicación del orificio puede lograrse en una serie de métodos de medición y cálculo. A modo de ejemplo, la figura 9 proporciona dos métodos normales de superficie que se pueden usar con un método de taladrado de orificios de coordinación de un modo de realización de la presente invención. Una vez que se establece el cuadro de referencia del aparato de taladrado, se puede utilizar un láser interno para controlar el movimiento posterior de la plataforma de posicionamiento. Un láser interno, apuntando normalmente a un objetivo cerca de la punta de una herramienta de taladrado, es especialmente útil cuando una aplicación de taladrado puede impedir que un seguidor láser externo siga de manera efectiva el objetivo, como cuando las virutas del taladrado bloqueen el láser externo o cuando la máquina gira fuera de la línea de visión del seguidor láser externo. Sin embargo, un seguidor láser interno solo se usa para una precisión adicional a través de esta aplicación, y seguimiento láser se refiere a un seguidor láser externo. Una vez que la cavidad de buje se ha posicionado con precisión encima de la ubicación del orificio 98, un buje de taladro o buje de herramienta se puede asegurar de manera giratoria en la cavidad de buje y se puede taladrar 108 un orificio en la parte por medio de este buje.

Durante el proceso de taladrado 108, el seguidor láser se puede usar para supervisar 100 el movimiento de la parte 105 o de la plataforma 167 de taladrado que podría comprometer la precisión del orificio de coordinación que se está taladrando. Si se detecta movimiento 101, el operador puede ser informado y/o el taladrado puede finalizar automáticamente. Este tipo de supervisión y control en el proceso permite a un operador saber de inmediato si algo se rompe o va mal en la operación de taladrado.

Una vez que el orificio ha sido taladrado 108, el operador puede aflojar la plataforma de taladrado de la parte 109, en cuyo punto el seguidor láser identifica el movimiento de la plataforma de taladrado y entiende que el siguiente orificio está listo para ser taladrado 110. Una vez el seguidor láser identifica que el operador está listo para la siguiente ubicación del orificio, el seguidor láser apunta a la siguiente ubicación del orificio que se va a taladrar, y el ciclo de taladrado 86 comienza de nuevo. Si el aparato de taladrado está automatizado con un motor de taladro autoalimentado, el seguidor láser puede apuntar automáticamente al siguiente orificio que se taladrará tan pronto como el motor de taladrado automático haya completado el taladrado del orificio. Además, el operador puede proporcionar una indicación que indique que el seguidor láser debe moverse a la ubicación del siguiente orificio o el láser puede apuntar automáticamente a la ubicación del siguiente orificio, como por ejemplo una vez que el objetivo haya mantenido una banda de tolerancia de la posición que se está taladrando durante un período de tiempo especificado.

Las Figuras 8A-8D muestran vistas pictóricas de modos de realización de visualización para posicionar con precisión un aparato de taladrado de orificios de coordinación de la presente invención. Si el aparato de taladrado no tiene una plataforma de posicionamiento completamente automatizada, se puede requerir que el operador posicione la cavidad de buje sobre la ubicación del orificio. Si la plataforma de posicionamiento es manual o semiautomática, un operador puede ajustar la ubicación de la cavidad de buje con relación a la ubicación deseada del orificio. Para informar al operador de taladrado sobre dónde debe ajustarse la plataforma de posicionamiento, se puede usar una pantalla de ordenador para representar al operador la ubicación actual de la plataforma de posicionamiento o, como alternativa, los ajustes necesarios en la plataforma de posicionamiento. Esta información se puede lograr utilizando una pantalla visual para permitir al operador ver la dirección en la que se debe mover la plataforma de posicionamiento. Las pantallas que se muestran en la figura 8A-8D son ejemplos de un sistema de medición logarítmico que muestra a un operador en qué dirección mover una plataforma de posicionamiento y compensa para el rango de movimiento requerido para posicionar con precisión la cavidad de buje. Al usar una escala logarítmica, la pantalla visual puede compensar en gran medida los ajustes iniciales que deben realizarse y pequeños ajustes al final de la rutina de posicionamiento. A medida que los ajustes necesarios disminuyen de más aproximados a más precisos, la pantalla puede mostrar visualmente mayor sensibilidad, proporcionando al operador la capacidad de ver visualmente los ajustes precisos resultantes y adicionales requeridos. Un experto en la técnica sabrá que hay otros métodos disponibles para proporcionar pistas visuales a un operador para ajustes en una plataforma de posicionamiento. Una vez que la cavidad de buje está posicionada con precisión, la pantalla puede cambiar de manera que el operador pueda identificar que la plataforma de posicionamiento está lista para ser utilizada para taladrar el orificio.

Se pueden usar diversos métodos de medición y posicionamiento para ubicar con precisión una cavidad de buje cerca de la ubicación de un orificio. La figura 9 es un diagrama esquemático de dos técnicas para determinar una ubicación en la que posicionar un aparato de taladrado de orificios de coordinación de la presente invención. El primer ejemplo, un método en superficie normal 120, proyecta un vector normal desde la superficie de la parte en la ubicación del orificio con la dirección del vector normal a la superficie y apuntando hacia fuera desde la superficie. Un aparato de taladrado de la presente invención puede entonces posicionarse con el objetivo láser orientado para que se cruce con el vector de superficie normal desde el orificio. Esta técnica para posicionar una cavidad de buje sobre una ubicación del orificio es especialmente útil cuando la aplicación implica que la superficie de la parte sea paralela al plano x-y de la plataforma de posicionamiento. Esta técnica a menudo funciona bien con tornillos

manuales de precisión para orientar la plataforma de posicionamiento, resultando generalmente en un aparato de taladrado más ligero y más pequeño que no es tan complicado como una plataforma de taladrado con servomotores automáticos para controlar la plataforma de posicionamiento y/o una unidad de taladrado automática.

Una segunda técnica de ejemplo para posicionar una cavidad de buje sobre una ubicación del orificio se realiza en un método en superficie normal calculada o método de vector en aparato 122. En este método, la plataforma de posicionamiento se mueve hasta un vector calculado desde la cavidad de buje hasta la superficie de la parte que se cruza con una ubicación del orificio ortogonal a la superficie de la parte en el localizador de orificios. Este método requiere que se establezca el cuadro de referencia del aparato de taladrado, determinado normalmente al mover la plataforma de posicionamiento a posiciones que establecen un cuadro de referencia ortogonal de la plataforma de posicionamiento lo que establece el cuadro de referencia del aparato de taladrado con relación a la parte. Una vez que se determina el cuadro de referencia, se proyecta hacia abajo un vector imaginario normal desde la ubicación de la cavidad de buje hasta un cruce con la parte. El seguidor láser se usa para ayudar a la plataforma de posicionamiento a moverse de manera que cruce el vector con la ubicación donde se taladrará el orificio en la parte. Este método se simplifica cuando se utilizan servomotores automáticos con la plataforma de posicionamiento, de modo que las posiciones ortogonales para establecer el cuadro de referencia del aparato de taladrado se puedan establecer automáticamente, y entonces la plataforma de posicionamiento se puede mover con los mismos servomotores automáticos. Sin embargo, se pueden utilizar otras técnicas para posicionar una cavidad de buje sobre una ubicación del orificio.

La figura 10 es un diagrama ilustrado de un sistema 130 de taladrado de orificios de coordinación de un modo de realización de la presente invención. El modo de realización mostrado en la figura 10 representa la interacción entre un aparato 132 de taladrado de la presente invención, un seguidor 134 láser y un taladro 136 manual. Un controlador o un sistema 140 informático, normalmente con un procesador 142, una memoria 144 y un programa 146 de software, controla un seguidor 134 láser que identifica un objetivo 150 láser montado en una plataforma 151 de posicionamiento de un aparato 132 de taladrado de orificios de coordinación guiado por láser. Aunque se muestra por separado, el programa 146 de software informático puede almacenarse en la memoria 144 y el controlador acceder a él para controlar el funcionamiento del seguidor 134 láser. Algunas actividades que el seguidor 134 láser puede realizar incluyen medir o reconocer la parte que se va a taladrar, apuntar a un lugar donde se taladrará un orificio, medir el cuadro de referencia de la plataforma de posicionamiento, asistir a la plataforma de posicionamiento a orientar de manera precisa una cavidad de buje o buje en línea con la ubicación de un orificio y supervisar el aparato de taladrado y la parte durante el proceso de taladrado por si hay movimiento que pueda interferir con la precisión del taladrado; cada una de las cuales puede ser dirigida por un proceso respectivo de un programa de software.

Una taladradora 136 portátil, como por ejemplo una taladradora de mano, que se pueda hacer funcionar de manera eléctrica o neumática, se usa generalmente para taladrar orificios a través de un buje de taladro asegurado a la plataforma de posicionamiento en una cavidad de buje. La orientación y alineamiento de la plataforma de posicionamiento de un aparato de taladrado está destinada a permitir que el taladro y la herramienta asegurados en el motor de taladro taladren con precisión un orificio de coordinación. Este proceso de taladrado puede ser asistido por un monitor 148 visual o pantalla para ayudar a un operador durante el taladrado del orificio de coordinación. Un monitor 148 puede ser una pantalla de visualización frontal, una pantalla de tubo de rayos catódicos o de cristal líquido colocada cerca del operador, una pantalla a distancia montada en un lugar visible en el aparato de taladrado, una pantalla proyectada sobre la parte o cualquier otro monitor visual o técnica de visualización para permitir que un operador vea información visual sobre el sistema de taladrado del orificio de coordinación. Normalmente, un monitor del ordenador se encuentra cerca del seguidor láser para mostrar señales visuales para un operador. La pantalla 148 puede proporcionar a un operador la capacidad de ajustar de forma precisa manualmente una ubicación de la cavidad de buje presentando una imagen logarítmica visual para ayudar al operador a hacer los ajustes necesarios dependiendo del grado de precisión requerido. Los modos de realización de ejemplo de una visualización logarítmica se presentan en la figura 8. Se pueden diseñar otros tipos de información visual para proporcionar a un operador el mismo tipo de información proporcionada por una imagen logarítmica visual.

Un ejemplo de un seguidor láser que se puede usar con un sistema para taladrar orificios de coordinación es un láser de helio neón que funciona a 632 nanómetros usando un interferómetro para seguir el movimiento del objetivo con relación al seguidor láser y un medidor de distancia absoluta (ADM) que incluye un diodo láser infrarrojo que funciona a 720 nanómetros con una señal de modulación, normalmente entre 750 y 920 megahercios (MHz). Un medidor de distancia absoluta incluido en un seguidor láser está destinado a permitir la rotura del haz del interferómetro. Un medidor de distancia absoluta vuelve a recuperar el objetivo cuando el haz del interferómetro se rompe. Dicho seguidor láser puede requerir una distancia mínima de 79 pulgadas desde el seguidor láser hasta el objetivo y tiene un alcance de aproximadamente 131 pies. En este rango, el seguidor láser puede tener una resolución de 0,00102 mm (0,00004 pulgadas) y una precisión de 0,0508 mm (0,002 pulgadas) tres sigmas. Cuando el seguidor láser de ejemplo consigue un objetivo, el seguidor láser se centrará de manera visible en el objetivo y proporcionará una medición de distancia precisa utilizando el medidor de distancia absoluta.

La figura 11 es un diagrama esquemático de un sistema 160 de taladrado de orificios de coordinación de un modo de realización de la presente invención. Este modo de realización es similar al modo de realización mostrado en la figura 10, excepto que el modo de realización en la figura 11 muestra comandos 176 de comunicación entre el ordenador 170 y una plataforma x-y 180 que indica la posibilidad de que una plataforma de posicionamiento pueda automatizarse usando servomotores que requieran comandos 176 de posicionamiento. Este modo de realización de ejemplo también muestra la dirección del flujo de información desde una parte del sistema a otra. Por ejemplo, el seguidor láser proporciona datos 162 de posición al ordenador. El ordenador proporciona comandos 174 de seguimiento láser al seguidor 164 láser y comandos 176 de posicionamiento a la plataforma 180 de posicionamiento. El seguidor 164 láser y el objetivo 182 proporcionan información de ida y vuelta, esta comunicación bidireccional representa señales láser reflejadas entre el seguidor láser y el objetivo. Una estación 172 meteorológica también puede proporcionar temperaturas y otras lecturas relacionadas con el clima del espacio de trabajo al ordenador 170 para ajustes de cálculo para mejorar la precisión del taladrado del orificio de coordinación.

Un sistema de la presente invención usa herramientas portátiles, y un aparato de orificios de coordinación guiado por láser de la presente invención, con software que se ejecuta en un ordenador para controlar la interacción de un seguidor láser y el aparato de taladrado para proporcionar un método de coordinación de taladrado de orificios. Un sistema de taladrado de orificios de coordinación proporciona una alta precisión para taladrar orificios de coordinación. Por ejemplo, el taladrado puede estar dentro de una tolerancia de 0,0508 mm (0,002 pulgadas), aunque la tolerancia puede aumentarse o disminuirse dependiendo de la precisión requerida. Al no tener una enorme base, no se requiere un gran espacio de trabajo para un aparato de taladrado portátil de la presente invención. Esto permite variaciones de temperatura más pequeñas que pueden mejorar la precisión del taladrado. Por ejemplo, los espacios de trabajo más pequeños pueden ser salas con temperatura controlada que reducen las variaciones de temperatura en el espacio de trabajo. Además, la portabilidad y la facilidad de adaptación de un aparato de taladrado de orificios de coordinación guiado por láser reduce los plazos de entrega para la adquisición y construcción de sistemas de taladrado para la fabricación de partes. Un sistema para taladrar orificios de coordinación de la presente invención integra la metrología de máquinas con taladrado de orificios de coordinación basado en partes sin usar una máquina herramienta. Un sistema para taladrar orificios de coordinación de la presente invención proporciona una manera precisa de taladrar orificios de coordinación en cinco ejes con solo dos grados de libertad. El aparato de taladrado se fija en la parte en tres grados de libertad, y la plataforma de posicionamiento proporciona dos grados de libertad adicionales. Juntos, el posicionamiento de un aparato de taladrado de la presente invención y una plataforma de posicionamiento del aparato de taladrado, proporcionan la capacidad de taladrar orificios de coordinación en cinco ejes con solo dos grados de libertad ajustables una vez que el aparato de taladrado se fija en la parte. Si el posicionamiento de un aparato de taladrado de la presente invención y la alineación de la plataforma de posicionamiento elimina un grado de libertad debido a la alineación correspondiente, se puede usar un buje angular para proporcionar un grado adicional de libertad. Un buje angular puede estar inclinado en un grado fijo con una posición giratoria fija en la cavidad de buje o puede ser ajustable ya sea de manera giratoria o angular. Un sistema de la presente invención también permite operaciones de taladrado en paralelo o taladrado múltiple, en la misma parte. Estas propiedades de flexibilidad de funcionamiento de la presente invención pueden disminuir la circulación en una fábrica durante la construcción. Diferentes operaciones de taladrado pueden taladrar diferentes conjuntos de orificios similares para reducir el tiempo de funcionamiento al disminuir la cantidad de veces que se debe cambiar una broca o un tamaño de buje. Se requiere menos desarrollo y/o configuración para taladrar orificios de coordinación en una parte con el sistema de la presente invención. Además, un sistema de la presente invención tiene la flexibilidad de ser utilizado en una variedad de maneras, que incluyen, por ejemplo, la capacidad de taladrar líneas de bisagra en una parte proyectando un vector a lo largo de la línea de bisagra donde se taladrarán los orificios de coordinación.

La figura 12 es un diagrama esquemático de un aparato 200 de taladrado de orificios de coordinación de un modo de realización de la presente invención con una configuración de taladro donde el motor 204 de taladro es aproximadamente perpendicular a la broca 206. Como se puede apreciar en el diagrama esquemático, el motor 204 de taladro está montado horizontalmente en la plataforma 210 de posicionamiento en lugar de estar montado en línea con la dirección de un vector entre la cavidad de buje y la ubicación del orificio. Se puede usar un motor 204 de taladro de 90 grados en lugar de la configuración de taladrado lineal, simplificando la transformación de un cuadro de referencia desde el aparato de taladrado al seguidor láser y reduciendo o eliminando la necesidad de incorporar un vector desde o hacia la ubicación del orificio. Este tipo de aparato de taladrado puede ser menos sensible al giro. Esta configuración es solo otro ejemplo de diferentes opciones de diseño que pueden incorporarse en un aparato de taladrado de orificios de coordinación guiado por láser de la presente invención. Cada una de estas ventajas puede reducir la duración del ciclo para taladrar un orificio de coordinación.

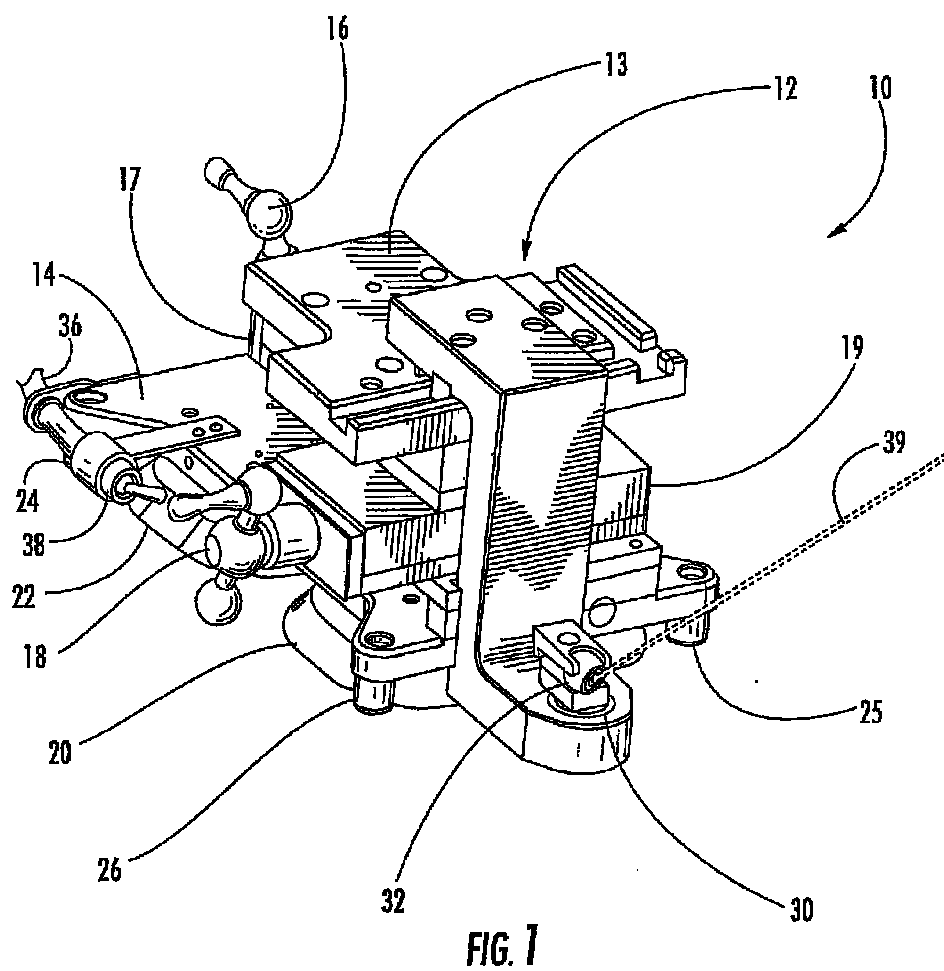
La figura 13 es un diagrama esquemático de un dispositivo 220 de posicionamiento no concéntrico giratorio dual de un modo de realización de la presente invención. Se puede usar un dispositivo de posicionamiento no concéntrico giratorio dual para controlar el movimiento de una plataforma de posicionamiento para proporcionar una precisión mejorada para crear orificios y permitir un aparato de taladrado más compacto. Las dos porciones 222, 224 no concéntricas giran, normalmente con motores 232, 234 de posicionamiento, en el mismo plano para lograr el posicionamiento rígido de un buje 228 de taladrado. También se puede usar una plataforma de posicionamiento no concéntrica giratoria dual para mecanizar orificios orbitales.

- 5 Muchas modificaciones y otros modos de realización de la invención se le ocurrirán a un experto en la técnica a la que pertenece esta invención teniendo el beneficio de las enseñanzas presentadas en las descripciones anteriores y los dibujos asociados. Por lo tanto, ha de entenderse que la invención no está limitada a los modos de realización específicos descritos y se pretende que las modificaciones y otros modos de realización sean incluidos dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Aunque se emplean términos específicos en el presente documento, se usan solo en un sentido genérico y descriptivo y no con fines de limitación.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de orificio de coordinación (10) que comprende:
 - una mesa (12) de posicionamiento que comprende una porción (13) móvil, la mesa (12) de posicionamiento que permite el movimiento de la porción (13) móvil a lo largo de uno o más ejes;
- 5 un dispositivo de sujeción fijado a dicha mesa de posicionamiento para asegurar dicha mesa (12) de posicionamiento a una parte; caracterizado porque el aparato está guiado por láser, el aparato que comprende además:
 - una cavidad (30) de buje delimitada por la porción (13) móvil; y
- 10 un objetivo (32) láser extraíble posicionado en dicha cavidad (30) de buje para determinar la posición de la cavidad (30) de buje con relación al orificio de coordinación deseado y extraíble de la cavidad (30) de buje una vez en posición de modo que una herramienta de tamaño adecuado pueda ser recibida en la cavidad (30) de buje para taladrar la parte.
2. El aparato de la reivindicación 1, en donde dicha mesa (12) de posicionamiento comprende una mesa de posicionamiento manual con ajuste de tornillo.
- 15 3. El aparato de la reivindicación 1, en donde dicha mesa (12) de posicionamiento comprende una mesa de posicionamiento automática accionada por motor.
4. El aparato de la reivindicación 1, en donde dicha mesa (12) de posicionamiento comprende una mesa de posicionamiento no concéntrica giratoria dual.
- 20 5. El aparato de la reivindicación 1, en donde dicho dispositivo de sujeción comprende al menos una mordaza de tornillo.
6. El aparato de la reivindicación 1, en donde dicho dispositivo de sujeción comprende una ventosa (20, 22).
7. El aparato de la reivindicación 6, en donde dicha ventosa comprende una ventosa concéntrica de dos etapas que facilita un bajo vacío para el posicionamiento y un alto vacío para el taladrado.
8. Un método de taladrado de orificios de coordinación, que comprende las etapas de:
- 25 reconocer una parte a taladrar con un seguidor láser;
- determinar el cuadro de referencia de la parte con relación al seguidor láser basándose en dicho reconocimiento de una parte;
- 30 fijar una herramienta de orificio de coordinación guiada por láser a la parte a taladrar cerca de una ubicación del orificio, la herramienta de orificio de coordinación guiada por láser que comprende una porción (13) móvil, la herramienta de orificio de coordinación guiada por láser que permite el movimiento de la porción (13) móvil a lo largo de uno o más ejes, la porción extraíble que delimita una cavidad (30) de buje;
- posicionar un objetivo (32) láser extraíble en dicha cavidad (30) de buje;
- reconocer el objetivo (32) láser con el seguidor láser;
- 35 determinar el cuadro de referencia de la herramienta de orificio de coordinación guiada por láser con relación al seguidor láser y la parte basada en dicho reconocimiento de un objetivo láser;
- posicionar la cavidad (30) de buje con relación a un orificio de coordinación deseado;
- retirar el objetivo (32) láser de la cavidad (30) de buje una vez esté en posición;
- posicionar un buje de taladro asegurado de manera giratoria en la cavidad (30) de buje; y
- taladrar un orificio con una herramienta que se extiende a través de la cavidad de buje.

9. El método de la reivindicación 8, en donde las etapas de reconocer un objetivo láser y determinar el cuadro de referencia de orificio de coordinación guiado por láser se realizan de manera automática.
10. El método de la reivindicación 8, en donde la etapa de posicionar la cavidad (30) de buje cerca de la ubicación del orificio se realiza de al menos dos de, una manera manual, semiautomática y automática.
- 5 11. El método de la reivindicación 8, en donde la etapa de posicionar una cavidad (30) de buje cerca de la ubicación del orificio comprende alinear un vector normal desde el centro de la ubicación del orificio a través del centro de la cavidad (30) de buje.
- 10 12. El método de la reivindicación 8, en donde la etapa de posicionar una cavidad (30) de buje cerca de la ubicación del orificio comprende alinear la cavidad (30) de buje de manera que un vector desde el centro de la cavidad (30) de buje cruce el centro de la ubicación del orificio normal en la superficie de la parte en la ubicación del orificio.
13. El método de la reivindicación 8, en donde la etapa de taladrar un orificio se realiza usando una de una broca y una herramienta de fresado.
14. Un sistema para taladrar orificios de coordinación, que comprende:
- 15 un aparato (10) de taladrado de orificios de coordinación guiado por láser como se reivindica en la reivindicación 1, que comprende además un buje de taladro asegurado de manera desmontable y giratoria en dicha cavidad de buje una vez en posición;
- una herramienta que se extiende a través de dicho buje de taladro;
- un motor de taladro fijado a dicha herramienta para taladrar un orificio de coordinación;
- un seguidor láser conectado de manera óptica a dicho objetivo (32) láser; y
- 20 un procesador conectado de manera interoperativa a dicho seguidor láser y que funciona según un programa de software de taladrado de orificios de coordinación.
15. El sistema de la reivindicación 14, en donde dicha herramienta comprende una de una broca y una herramienta de fresado.
- 25 16. El sistema de la reivindicación 14, en donde dicho programa de software comprende una rutina de supervisión de movimiento conectada de manera interoperativa a dicho seguidor láser.
17. El sistema de la reivindicación 14, en donde dicho programa de software comprende una rutina de enclavamiento de software conectada de manera interoperativa a al menos uno de dichos aparatos de taladrado de orificios de coordinación guiados por láser, buje de taladro y motor de taladro.



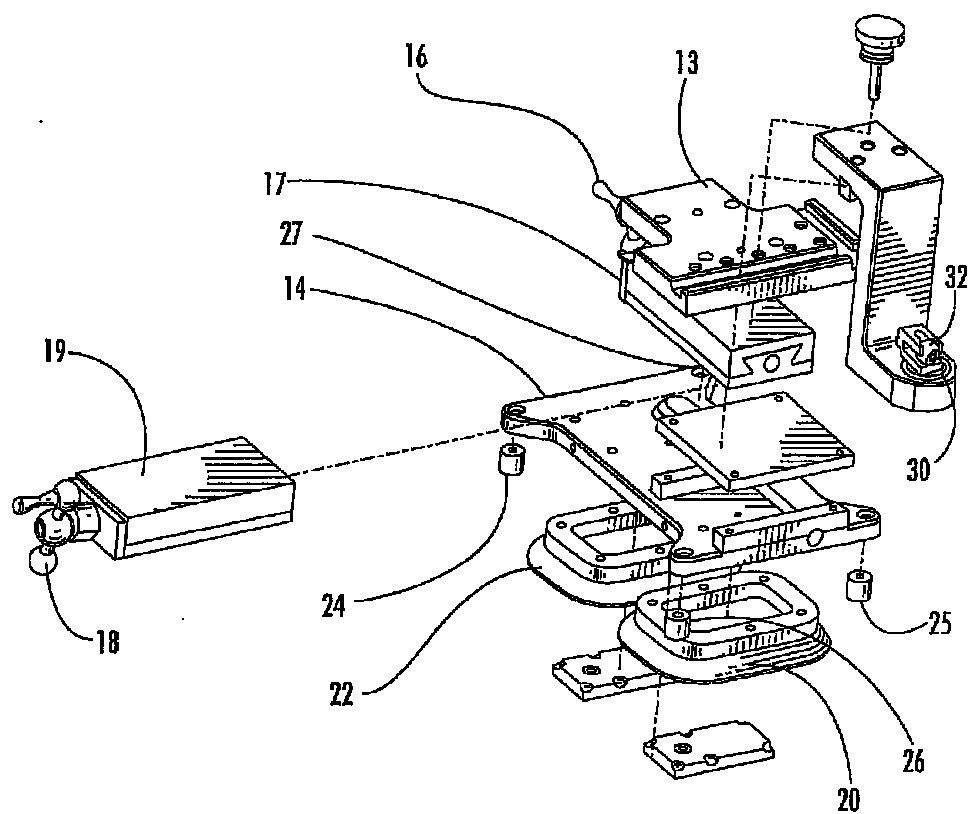


FIG. 2

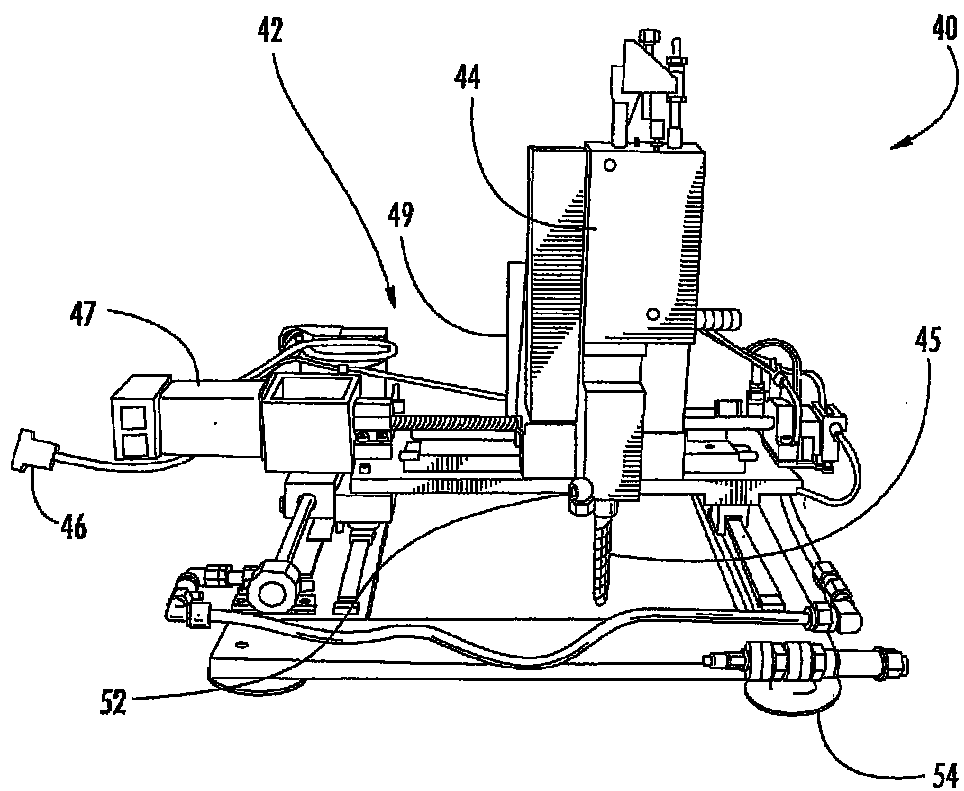


FIG. 3

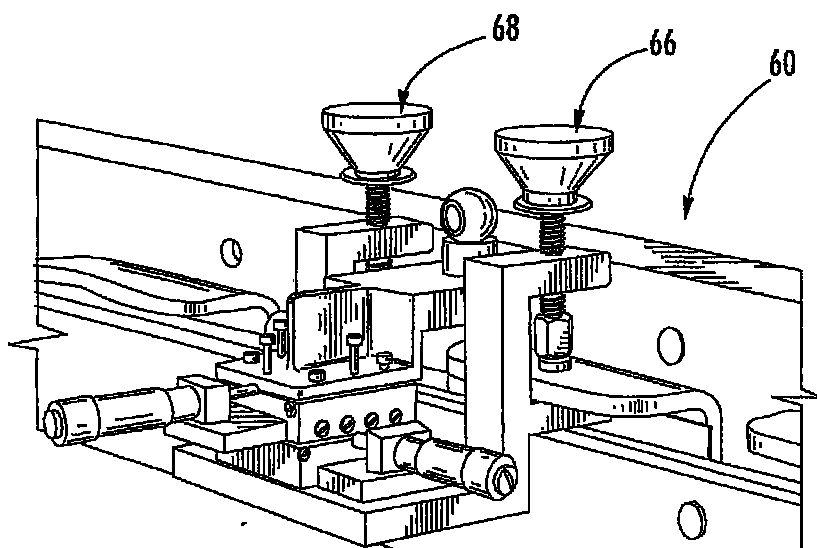


FIG. 4

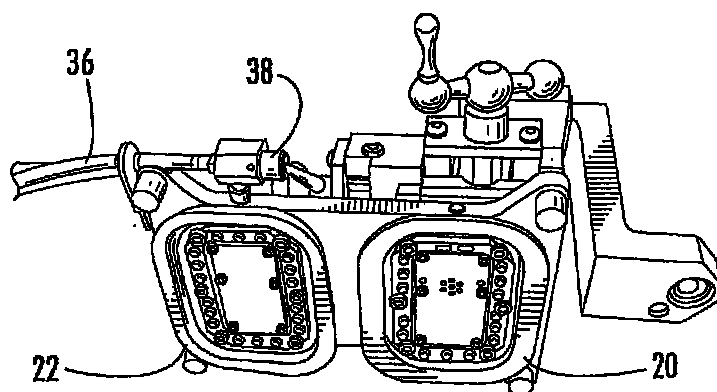


FIG. 5

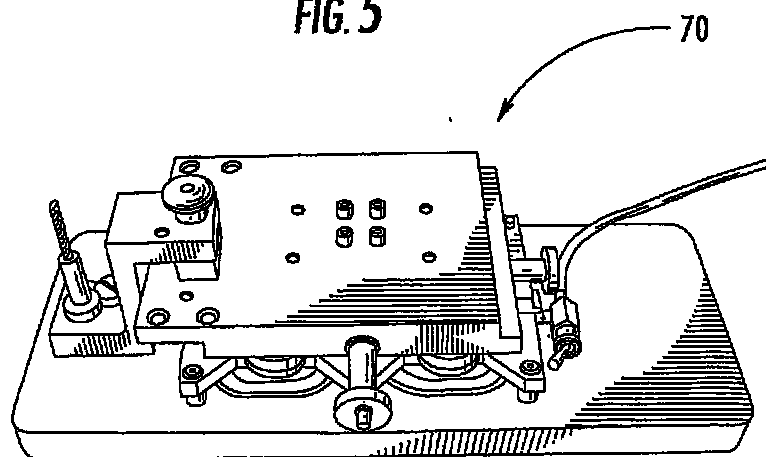


FIG. 6

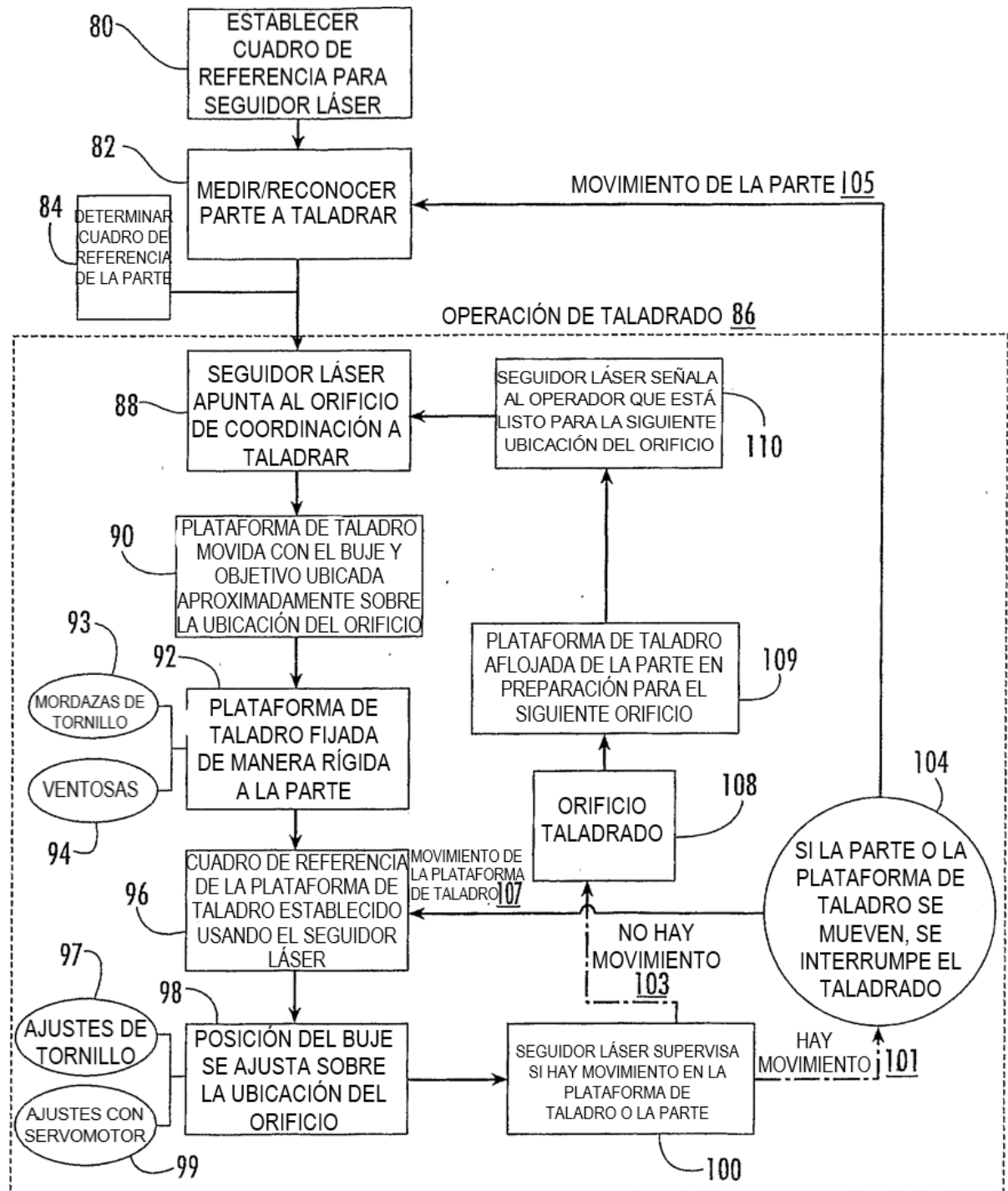


FIG. 7

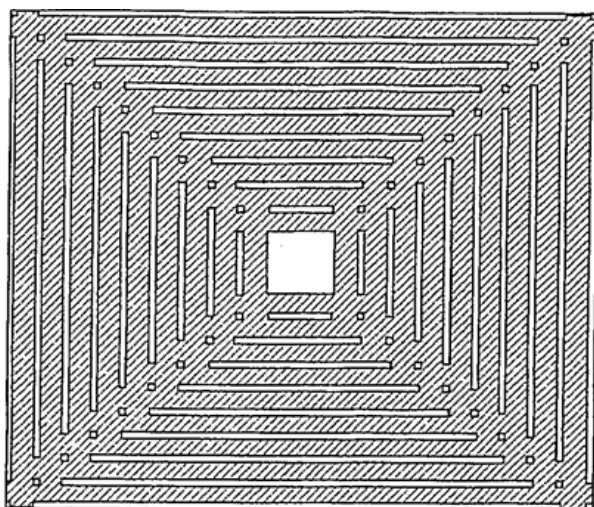


FIG. 8A

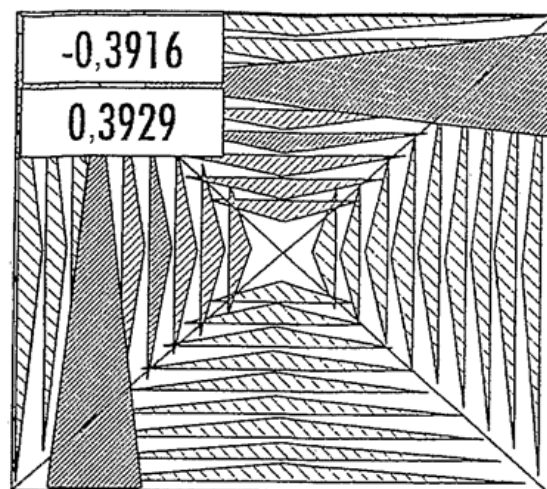


FIG. 8B

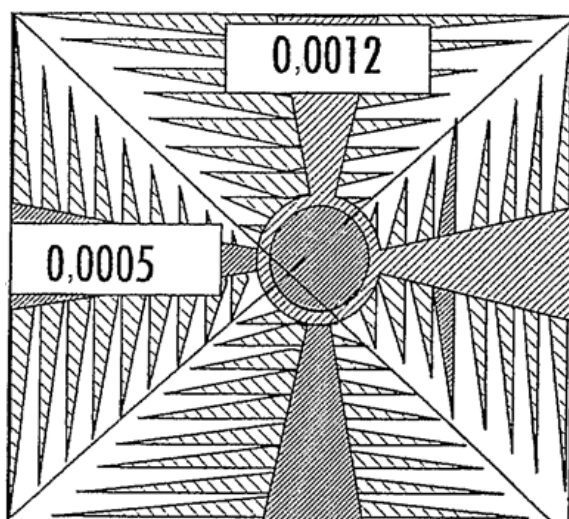


FIG. 8C

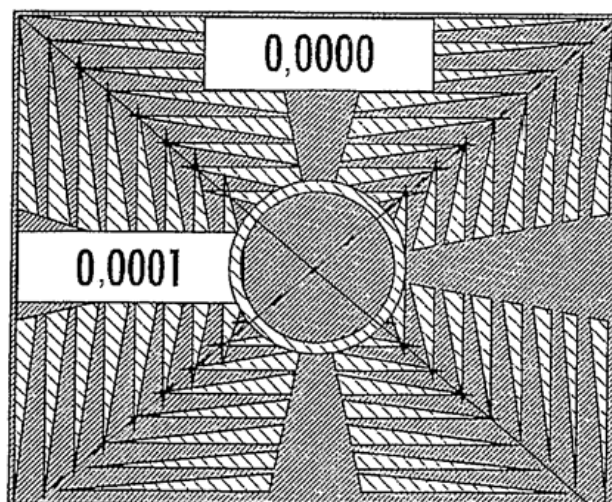
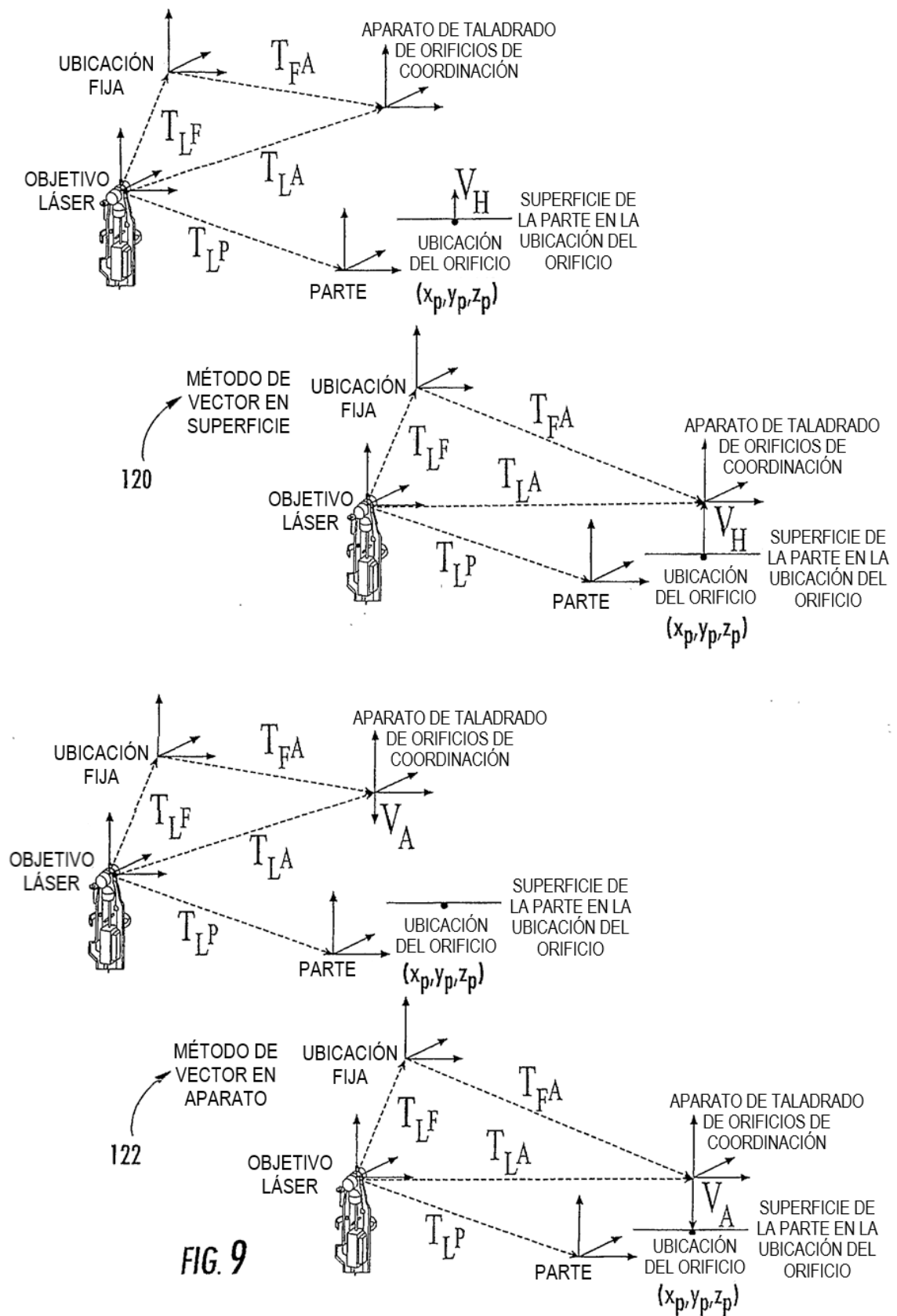
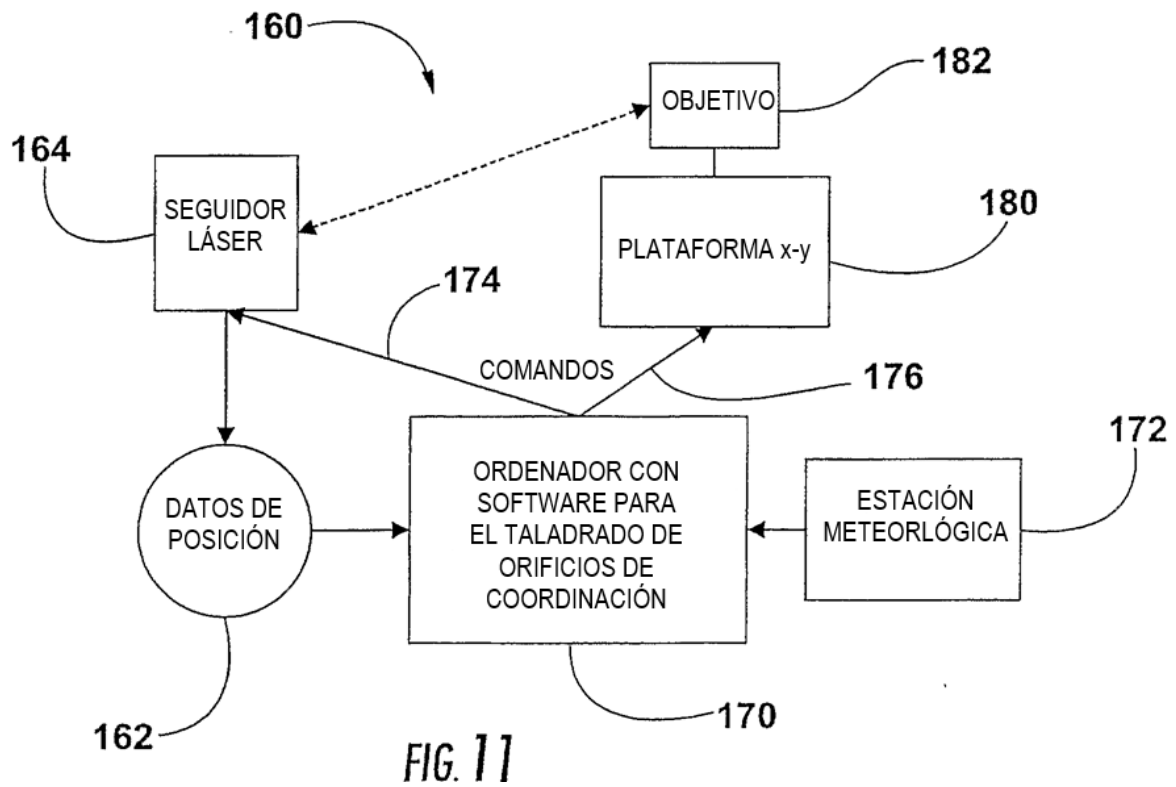
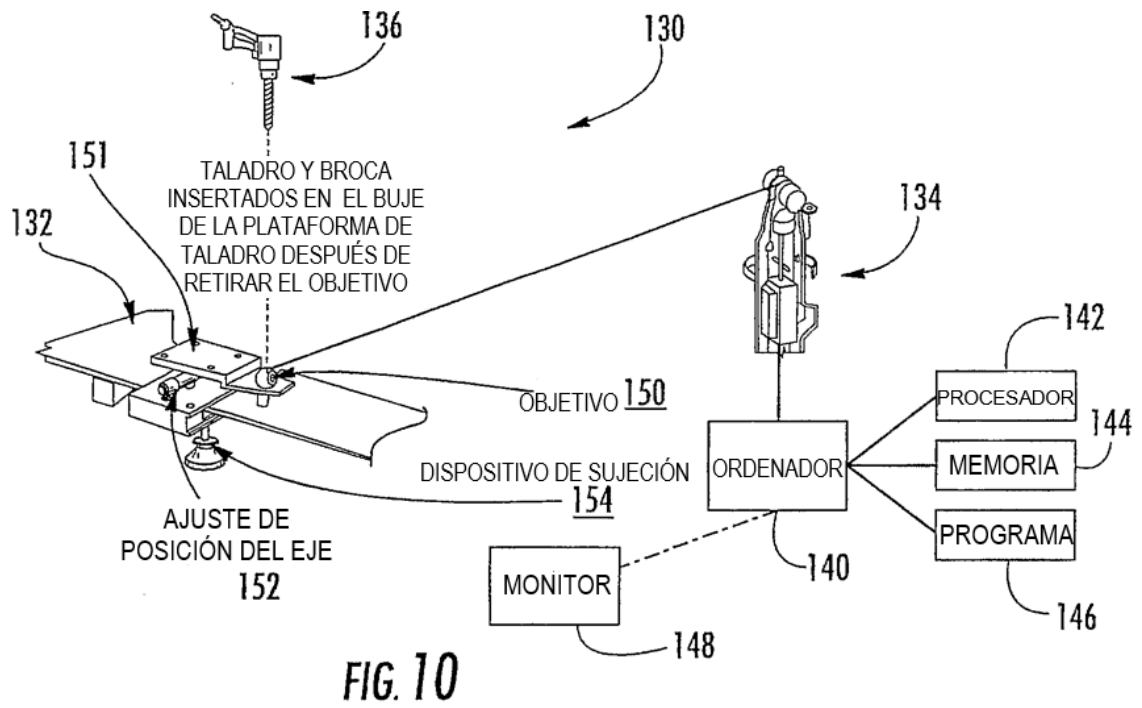


FIG. 8D





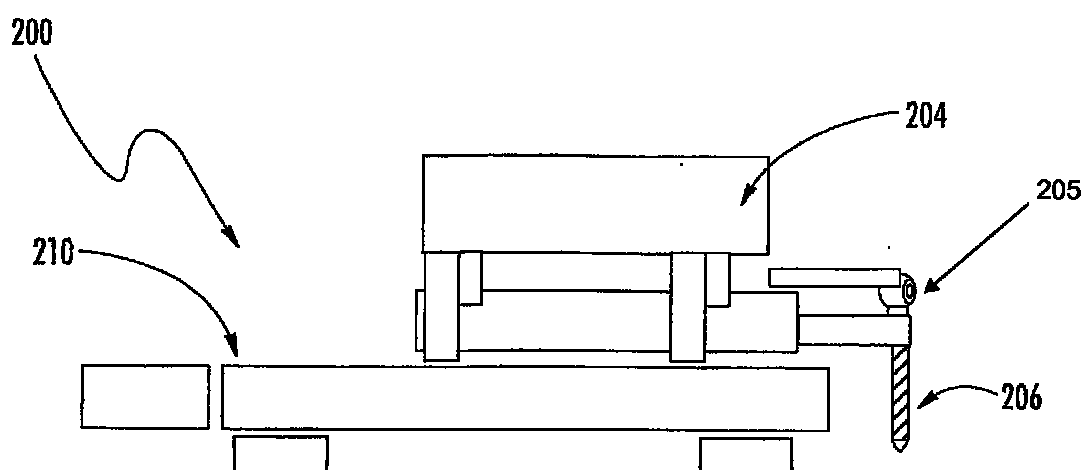


FIG. 12

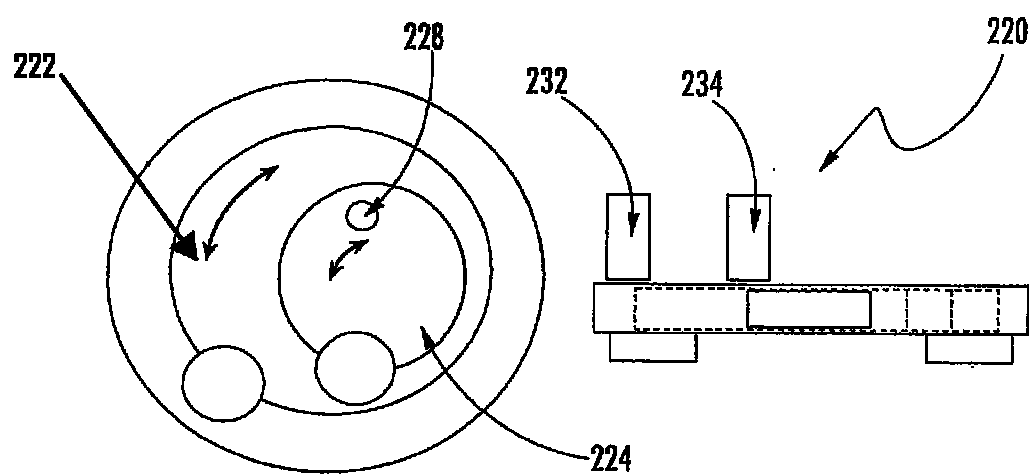


FIG. 13