

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 378 882**

51 Int. Cl.:

**B25H 1/00** (2006.01)

**B23B 49/00** (2006.01)

**G01V 3/08** (2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03721919 .3**

96 Fecha de presentación: **29.04.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1501658**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.02.2005**

54 Título: **Indexador magnético para perforación de alta exactitud**

30 Prioridad:  
**09.05.2002 US 143242**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**18.04.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**18.04.2012**

73 Titular/es:  
**The Boeing Company  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:  
**GEORGESON, Gary E.;  
HAFENRICHTER, Joseph L.;  
REMPT, Raymond D. y  
CLARK, Gregory L.**

74 Agente/Representante:  
**de Elzaburu Márquez, Alberto**

**ES 2 378 882 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**

Indexador magnético para perforación de alta exactitud.

## 5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un sistema para formar agujeros de manera precisa, y más particularmente a un sistema para localizar un dispositivo e indicar una localización para formar un agujero.

## 10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

A menudo es deseable localizar, con un alto grado de exactitud y especificidad, ubicaciones en una zona ciega de una superficie de trabajo. En particular, si se desea fijar juntas dos porciones de una estructura, donde sólo una superficie exterior es visible para una persona que trabaja, a menudo es difícil, si no imposible, colocar de forma precisa y reproducible un fijador entre las dos porciones. Esto es particularmente relevante en lo que respecta a aeronaves, donde el revestimiento de la aeronave se pone sobre una estructura de marco interno y debe ser fijado a ésta. Una vez que el revestimiento está en su lugar, a menudo es muy difícil localizar correctamente un fijador que, para ser fijado a la estructura interna de la aeronave, primero debe pasar a través del revestimiento.

20 Esta situación surge asimismo en otros casos de construcción y fabricación.

Una solución ha sido el intento de perforar por detrás desde el interior de la estructura. Es decir, tener una persona que trabaja ubicada físicamente dentro de la estructura y después cortar la subestructura a través del revestimiento.

25 Esto, sin embargo, a menudo crea imprecisiones en la creación del agujero. Por ejemplo, el agujero completo que se forma normal al revestimiento de la aeronave, que está siguiendo el agujero piloto perforado desde atrás, puede ser angular. Esto es así porque el agujero creado desde el interior del revestimiento no puede ser fácilmente creado exactamente normal al revestimiento de la aeronave. En particular, las estructuras internas de la pieza pueden no ser normales al revestimiento mientras que el agujero por el lado exterior del revestimiento debe ser normal al revestimiento. Además, esto es muy difícil para la persona que trabaja quien tiene que meterse en áreas usualmente pequeñas para producir los agujeros.

35 Los marcadores de la cara posterior son ampliamente utilizados en la industria aeronáutica para transferir agujeros desde el chasis a la superficie exterior. Los marcadores de la cara posterior consisten de una larga pieza dividida de metal delgado con un pasador en un lado y un agujero en el otro que están alineados. El lado del pasador se desliza debajo del revestimiento para alinearse con un agujero piloto, en el chasis, y un agujero piloto es perforado en el revestimiento exterior. Este método no funciona en partes anchas y partes gruesas.

40 La deflexión de las placas divididas y la dificultad de instalar el dispositivo en partes gruesas limitan el uso a áreas de láminas delgadas de metal cerca del borde del revestimiento.

Otro método es usar una sonda o dispositivo de localización para determinar una posición precisa en el revestimiento. En particular, el dispositivo es primero programado con localizaciones en el espacio tridimensional. Por lo tanto, cuando una superficie es ubicada dentro del alcance de la sonda, la sonda puede determinar la ubicación de un punto que toca la sonda. Esto, sin embargo, requiere de una extensa pre-programación y una colocación precisa de la superficie que va a ser sondeada. La utilización de tales sondas de orientación especial aumenta los costes de tiempo y fabricación en muchas aplicaciones. Además, sondear el chasis antes de la perforación tiene varios inconvenientes. Cuando un revestimiento se coloca sobre una estructura construida, el peso del revestimiento provoca que la estructura y las herramientas se deformen.

50 Es posible que los agujeros sondeados se muevan entre las mediciones y la perforación.

Además, los cambios de temperatura entre el sondeo y la perforación pueden provocar que los agujeros no estén alineados debido a la dilatación o a la contracción de la pieza y a las diferencias en la dilatación entre las superficies superior e inferior. El crecimiento inducido por el fijador y el conformado en frío de los agujeros en la estructura de la aeronave también pueden desplazar las posiciones de los agujeros entre el sondeo y perforación.

60 En la construcción de aeronaves, a menudo es crítico producir un agujero, para la fijación de una porción del fuselaje a otra porción, dentro de centésimas de una pulgada. Un método específico de construcción de la estructura interna del fuselaje implica el uso de la topografía de onda sinusoidal sobre las estructuras internas o vigas de la aeronave. Para garantizar una conexión lo suficientemente fuerte, que soporte las tensiones extremas que una aeronave se encontrará, el fijador debe ser colocado en un pico de la onda sinusoidal. Por lo tanto, la colocación de un fijador debe ser extremadamente precisa para garantizar que es alcanzado un pico, en lugar de un valle o una parte adyacente al pico. También es deseable localizar precisamente los bordes de las piezas de la estructura oculta. En esta y muchas otras aplicaciones, la localización precisa del fijador se torna críticamente importante.

65

GB-A-2363462 describe un aparato y método para localizar posiciones en donde el medio generador del campo magnético es ubicado en un lado de la barrera, y medios detectores del campo magnético son movibles manualmente a través del lado opuesto de la barrera para detectar un campo magnético del medio generador del campo magnético.

5 Un objeto de la presente invención es mejorar este sistema conocido y más específicamente detectar el eje magnético del imán de manera que una herramienta pueda ser colocada en el brazo de un robot para producir el agujero requerido.

10 La presente invención está dirigida a un indexador magnético que localiza un dispositivo que está produciendo un campo magnético en una posición ciega o inaccesible según la reivindicación 1. Un imán es ubicado inicialmente sobre un lado de la superficie de trabajo de manera que un campo magnético producido por el imán se extiende a través de la superficie de trabajo de manera que el eje del campo magnético es sustancialmente perpendicular a la superficie de trabajo. El dispositivo, que comprende una sonda que es afectada por campos magnéticos, se posiciona sobre el lado opuesto de la superficie de trabajo. La sonda es entonces movida sobre la superficie de trabajo para determinar la localización del imán. Una vez es determinada la posición del eje del campo magnético, la superficie de trabajo es marcada o trabajada a través de la plataforma sobre la que están posicionadas las sondas. En particular, un agujero puede ser ubicado de manera reproducible directamente sobre el imán aun cuando el revés de la pieza de trabajo no es visible. Adicionalmente, con la presente invención, una herramienta de trabajo puede ser posicionada muy exactamente sobre la superficie de trabajo sin ver el revés de la superficie de trabajo.

20 La presente invención también proporciona un nuevo método para localizar precisamente una posición según la reivindicación 5. El método comprende localizar un dispositivo, que produce un campo magnético, con una sonda afectada por el campo. El dispositivo es colocado en un primer lado de la superficie. Un campo es entonces producido con el dispositivo a través de la superficie. Una sonda es usada en un segundo lado de la superficie para determinar un eje central del campo y proporcionar una confirmación física del eje central del campo. Una vez es determinada la localización del eje central del campo entonces el trabajo puede ser ejecutado en una ubicación precisa y predeterminada.

30 Áreas adicionales de aplicabilidad de la presente invención serán evidentes a partir de la descripción detallada proporcionada en lo sucesivo. Se debe entender que la descripción detallada y los ejemplos específicos, aunque indican la realización preferida de la invención, están destinados a fines de ilustración solamente y no pretenden limitar el alcance de la invención.

### 35 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente invención se comprenderá más plenamente a partir de la descripción detallada y los dibujos que la acompañan, en los que:

- 40 La Figura 1 es una vista en perspectiva de un indexador magnético;
- La Figura 2 es una vista en alzado lateral del indexador magnético;
- La Figura 3 es una vista en perspectiva del indexador magnético en uso;
- La Figura 4 es una vista en perspectiva de la plataforma del indexador magnético después que este ha sido posicionado;
- 45 La Figura 5 es una vista en perspectiva de un indexador magnético; y
- La Figura 6 es una vista en perspectiva de un indexador magnético fijado a un robot, según la presente invención.

### 50 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

La siguiente descripción de la(s) realización(es) preferida(s) es meramente ejemplar en su naturaleza y no pretende limitar la invención, su aplicación o usos.

55 Con referencia a las Figuras 1 y 2, se muestra un indexador magnético 10. El indexador magnético 10 incluye una pieza de accesorio de vacío 12, una plataforma 14 de la pieza de trabajo, una plataforma 16 de la sonda y una pluralidad de sondas 18, 20 y 22. La pieza del accesorio de vacío 12 generalmente incluye piezas en las que puede ser creado un vacío, a fin de fijar la plataforma 14 de la pieza de trabajo a una pieza de trabajo (descrito más ampliamente en la presente memoria). Se entenderá, sin embargo, que cualquier sistema apropiado adecuado puede ser utilizado para la fijación de la plataforma 14 de la pieza de trabajo a una pieza de trabajo. Extendiéndose generalmente perpendicular desde la plataforma 14 de la pieza de trabajo están los miembros estabilizantes 24 (Figura 2) que se acoplan a la pieza de trabajo para asegurar que la plataforma 14 de la pieza de trabajo sea sustancialmente paralela a la pieza de trabajo. Un imán 26 se posiciona en un lado de la pieza de trabajo opuesto a la plataforma 14 de la pieza de trabajo. El imán 26 produce un campo magnético que tiene un eje magnético central 26a. Extendiéndose desde la plataforma 14 de la pieza de trabajo está la plataforma 16 de la sonda. La plataforma 16 de la sonda es movable con respecto a la plataforma 14 de la pieza de trabajo. Un primer conjunto 28 de tornillos

de ajuste permite el movimiento de la plataforma 16 de la sonda en un primer eje A. Un segundo conjunto 30 de tornillos de ajuste permite el ajuste de la plataforma 16 de la sonda a lo largo de un segundo eje B. Por lo tanto, la plataforma 16 de la sonda puede ser movida, en relación con la plataforma 14 de la pieza de trabajo, usando el primer conjunto 28 de tornillos de ajuste y el segundo conjunto 30 de tornillos de ajuste, en dos dimensiones.

5 Las sondas 18, 20 y 22 están fijadas a la plataforma 16 de la sonda. Las sondas 18, 20 y 22 están separadas de manera que las sondas definen un eje central C. El eje central C es un eje equidistante de, pero paralelo a, un eje a lo largo del cual se extienden las sondas 18, 20 y 22.

10 Las sondas 18, 20, 22 están fijadas a una plataforma secundaria 32 de la sonda, que se fija a la plataforma 16 de la sonda con un fijador 33. Esto permite que la plataforma secundaria 32 de la sonda sea retirada de la plataforma 16 de la sonda sin mover la plataforma 14 de la pieza de trabajo.

15 Con referencia a las Figuras 3 y 4, el efecto de cada sonda 18, 20, 22 es determinado por un procesador 34. El procesador 34 puede ser cualquier procesador apropiado; sin embargo, un microprocesador puede determinar el efecto del campo magnético en cada una de las sondas 18, 20, 22 y determinar la orientación de cada una de las sondas 18, 20 y 22 con respecto al campo magnético. La determinación del procesador 34 se muestra en un dispositivo de visualización 35. En particular, una pantalla CRT o LCD se puede utilizar como el dispositivo de visualización 35. El procesador 34 puede mostrar en el dispositivo de visualización 35 una confirmación de que el eje central C es co-lineal con el eje magnético 26a.

20 El indexador magnético 10 se fija a una superficie o pieza de trabajo 36 con las piezas del accesorio de vacío 12. Como se ha explicado anteriormente, las piezas del accesorio de vacío 12 pueden fijar la plataforma 14 de la pieza de trabajo a la pieza de trabajo 36 a través de cualquier medio adecuado. Por ejemplo, un vacío puede ser creado dentro de las piezas de accesorio de vacío 12 permitiendo que la plataforma 14 de la pieza de trabajo se sostenga en su lugar. Se entenderá también que más de dos piezas del accesorio de vacío 12 pueden ser utilizadas, dependiendo del tamaño de la plataforma 14 de la pieza de trabajo.

25 En el envés de la pieza de trabajo 36 está una subestructura o viga de soporte 38. En la posición donde debe ser producido un agujero, se ha colocado un imán 26. El imán 26 es colocado en la viga 38 en un paso de fabricación preliminar antes de que la plataforma 14 de la pieza de trabajo sea asegurada a la pieza de trabajo 36. Debido a esto, el imán 26 puede ser colocado fácilmente en la posición exacta donde un agujero debe ser producido para un acoplamiento entre la pieza de trabajo 36 y la viga 38. El indexador magnético 10 es ubicado sobre una posición relativamente cercana a donde el agujero debe ser producido. Entonces, utilizando los tornillos de ajuste 28, 30, se ajusta la plataforma 16 de la sonda hasta que el eje central C está directamente sobre o es co-lineal con el eje magnético 26a (a través de un proceso que se describe con más detalle en la presente memoria).

30 Una vez que el eje central C está alineado directamente sobre el eje magnético 26a, la plataforma secundaria 32 de la sonda se retira para que una broca 40 pueda perforar a través de la plataforma 16 de la sonda y de la plataforma 14 de la pieza de trabajo para producir un agujero en la pieza de trabajo 36. Se entenderá que pueden ser puestas piezas adicionales de guía de la perforación en lugar de la plataforma secundaria 32 de la sonda para aumentar la precisión del paso de la perforación realizada por la broca 40 a medida que esta avanza a través del indexador magnético 10.

35 Una vez que el agujero es producido a través de la pieza de trabajo 36 y la viga 38, se retira el imán 26 durante un proceso de limpieza de la zona interna. Además, el indexador magnético 10 es entonces retirado de la pieza de trabajo 36 mediante la presurización de las piezas del accesorio de vacío 12 para retirar el indexador magnético 10 de la pieza de trabajo 36. Entonces, cualquier fijador apropiado se utiliza para fijar la pieza de trabajo 36 de forma permanente a la viga 38.

40 La ubicación exacta del imán 26 está determinada por la localización del eje magnético 26a, que es un eje polar norte-sur (N-S) del imán 26. El eje magnético 26a, también llamado el eje central o del campo, del imán 26 es el centro del campo magnético y el área donde el campo magnético es más fuerte. El imán 26 se coloca en la viga 38 de manera que el eje magnético 26a sea sustancialmente perpendicular a la superficie de la viga 38. Por lo tanto, una vez que la pieza de trabajo 36 se fija a la viga 38, el eje magnético 26a también es perpendicular a la superficie de la pieza 36. Adicionalmente, la pieza de trabajo 36 no debe interferir con el campo magnético producido por el imán 26. Se entenderá, sin embargo, que mientras el campo magnético del imán 26 sea lo suficientemente potente para que las sondas 18, 20, 22 perciban el campo magnético producido por el imán 26, la pieza de trabajo 36 puede estar formada virtualmente de cualquier material no magnético.

45 Se entenderá que una referencia a una única sonda 18 en la siguiente descripción es un ejemplo de cada una de las sondas 18, 20, 22 y su descripción como una única sonda no es más que para mayor claridad. La sonda 18 es afectada por, es decir la sonda 18 percibe, el campo magnético producido por el imán 26. Un tipo de sonda de ejemplo es una sonda de Efecto Hall. En la sonda 18 de Efecto Hall, el campo magnético producido por el imán 26 crea una tensión cuando una corriente corre perpendicular al campo en la sonda 18 de Efecto Hall. La sonda 18 de

5 Efecto Hall mide la tensión inducida producida debido al campo magnético del imán 26. Conociendo la tensión inducida y la corriente, se determina la intensidad del campo magnético mediante la ecuación  $V_H n e d / I = B$ . Según la ecuación,  $V_H$  es igual a la tensión de Hall,  $n$  es igual a la densidad de portadores de carga,  $e$  es igual a la carga del electrón,  $d$  es igual al ancho de la tira, e  $I$  es igual a la corriente. Esta ecuación da como resultado  $B$ , que es la intensidad del campo magnético. Una vez que es conocida la intensidad del campo magnético por el uso de la sonda 18 de Efecto Hall, se puede determinar la ubicación del eje magnético 26a. Cuanto más cerca está la sonda 18 de Efecto Hall al eje magnético 26a, mayor es la respuesta de la sonda 18 de Efecto Hall. Según la primera realización, el eje magnético 26a está localizado co-lineal con el eje central C de las sondas 18, 20 y 22, cuando la respuesta de cada una de las sondas 18, 20 y 22 es sustancialmente igual.

10 El procesador 34 determina y procesa el efecto producido en cada una de las sondas 18, 20 y 22. El dispositivo de visualización 35 muestra el efecto determinado por el procesador 34. El procesador 34 también puede indicar de qué manera debe ser movida la plataforma 16 de la sonda, con los tornillos de ajuste 28, 30, para posicionar correctamente el eje central C sobre el eje magnético 26a. Entonces, una vez que cada una de las sondas 18, 20, 22 indica una respuesta equivalente, se sabe que el eje central C está posicionado directamente sobre el eje magnético 26a. En este punto, la pantalla indica que el eje central está sobre el eje magnético 26a y que el operador no tiene que hacer ajustes adicionales. En particular, el eje central C es co-lineal con el eje magnético 26a del imán 26. Una vez que se muestra que el eje central C se encuentra sobre el eje magnético 26a, se retira la plataforma secundaria 32 de la sonda para que la punta de perforación o la broca 40 pueda ser introducida para producir el agujero deseado.

25 Con referencia a la Figura 5, una segunda realización de un sistema de indexador magnético 50 incluye un contenedor sensor movable 52 con LEDs 54, 56, 58 y 60 de dirección o de señalización fijados en la parte superior del contenedor movable 52. Cada LED 54, 56, 58 y 60 puede incluir una serie de LEDs de modo que pueda ser indicada una intensidad de la respuesta en una determinada dirección. Colocado centralmente y a lo largo del eje central D está un marcador 62 que se extiende a través del contenedor movable 52 para acoplarse selectivamente a la pieza de trabajo 36. El eje central D está relacionado con las sondas 64, 66 y 68 como el eje central C está relacionado con las sondas 18, 20, 22 según la primera realización.

30 Cada una de las sondas 64, 66 y 68 están conectados a un procesador 70. Las sondas 64, 66 y 68 funcionan sustancialmente de forma similar a las sondas 18, 20 y 22 descritas en referencia a la primera realización. El procesador 70 también funciona de forma similar al procesador 34 explicado anteriormente. En el indexador magnético 50, sin embargo, el procesador 70 determina la localización del eje central D en relación al eje magnético 26a y enciende el LED 54, 56, 58 y 60 apropiado que indica la dirección en la que el contenedor movable 52 tiene que ser movido para alinear correctamente el eje central D con el eje magnético 26a. Una vez que el eje central D se sitúa sustancialmente co-lineal con el eje magnético 26a del imán 26, las cuatro matrices de LED 54, 56, 58 y 60 se iluminan para mostrar que el eje central D está correctamente alineado sobre el eje magnético 26a. Es decir, cuando los cuatro LEDs 54, 56, 58, 60 se iluminan, estos crean una confirmación visual de que el eje magnético 26a está situado sustancialmente co-lineal con el eje central D. En este punto, el marcador 62 puede ser presionado para formar una marca en la posición de la pieza de trabajo 36.

45 Una vez que se ha hecho la marca, el contenedor movable 52 es simplemente retirado de la pieza de trabajo 36 y unos porta-brocas adecuados pueden ser fijados a la pieza de trabajo 36 para asegurarse de que en la pieza de trabajo 36 se produce un agujero alineado correctamente. De nuevo, una vez que el agujero es formado a través de la pieza 36 y la viga 38, el imán 26 y cualquier residuo pueden ser retirados del espacio interior.

50 Con referencia a la Figura 6, es ilustrada una realización de la presente invención. El indexador magnético 80 incluye una única sonda 82 que está fijada a un brazo 84 de un robot de 86. Se entenderá que una pluralidad de sondas también puede ser utilizada con el robot 86. Sólo una sonda 82, sin embargo, es necesaria si se coloca cerca de la superficie 88 en una localización y después es movida a otra localización a lo largo de la superficie 88 con un conocimiento exacto de la primera localización. Por lo tanto, una pluralidad efectiva de sondas es simulada simplemente colocando y moviendo la única sonda 82 y recordando exactamente las ubicaciones previas y las mediciones del campo, para cada una de las ubicaciones previas.

55 Un imán 90, que produce un campo magnético que tiene un eje magnético central 90a, se coloca cerca de la superficie 88 opuesto al indexador magnético 80. Un procesador 94 determina la respuesta de la sonda 82 y controla el robot 86. De esta manera, el robot 86 puede localizar rápidamente el eje magnético 90a, del imán 90, fijado a la placa de apoyo 92. Se entenderá, sin embargo, que procesadores separados pueden ser utilizados para determinar la localización del eje magnético 90a y controlar el robot 86. Además, una vez que el procesador 94 ha determinado la localización exacta del eje magnético 90a, una herramienta puede ser colocada en el brazo 84 del robot para producir el agujero requerido. También se entenderá que una pluralidad de brazos pueden extenderse desde el robot 86 para que una vez sea localizada la posición del eje magnético 90a, un brazo de la herramienta simplemente rote en su lugar con una herramienta que se extienda desde el brazo de la herramienta para conseguir el agujero en la superficie 88. Cuando un robot 86 es usado, producir un agujero sirve para confirmar que el imán 90 se ha situado correctamente.

5 Se entenderá que cada realización de la presente invención no requiere de una sonda de Efecto Hall. Cualquier sonda que es sensible o que puede detectar el campo magnético producido por el imán 26, 90, pueden ser utilizada en la presente invención. Una sonda alternativa es un Sensor Magnético Híbrido de Tres Ejes (Three-Axis Magnetic Sensor Hybrid) HMC2003 producido por Solid State Electronics Center, una división de Honeywell. Las otras porciones del indexador magnético 10 se reproducen simplemente cambiando la sonda 18 de Efecto Hall con la sonda alternativa. Si la sonda alternativa, tal como la HMC2003, puede determinar un eje magnético en más de un eje relativo, entonces puede sólo ser necesaria una sonda en el indexador magnético 10. Se entiende aún, sin embargo, que la sonda única alternativa aún así define un eje central de la sonda para determinar el eje magnético 26a, 90a. La sonda alternativa aún así puede detectar el campo producido por el imán 26, 90 y puede indicar el eje magnético 26a, 90a.

15 También se entenderá que el imán usado en la presente invención debe tener su eje magnético 26a, 90a alineado correctamente y con precisión. Por lo tanto, puede ser deseable probar primero el imán 26, 90 utilizando el indexador magnético 10 para asegurar que el eje magnético 26a, 90a está alineado correctamente de modo que cuando el imán 26, 90 es fijado a la viga 38 o la placa de apoyo 92, el eje magnético 26a, 90a es sustancialmente perpendicular a la superficie de la pieza de trabajo 36, 88. Esto es así porque sólo cuando el eje magnético 26a, 90a se produce sustancialmente perpendicular a la superficie la intensidad del campo se debilita de forma secuencial a medida que se aleja del eje magnético 26a, 90a. Es el campo magnético que actúa sobre las sondas el que es percibido por las sondas 18, 20, 22; 64, 66, 68; y 82, que son usadas para determinar dónde están posicionados los imanes 26, 90. Si el eje magnético 26a, 90a está en ángulo con la superficie (es decir, no es perpendicular), el campo magnético tampoco sería perpendicular y la localización precisa del eje magnético 26a, 90a no podría ser determinada correctamente.

25 Además, el propio indexador magnético puede auto-calibrarse o ponerse a cero. Esto significa que el eje central del indexador magnético puede ser determinado con precisión antes de realizar cualquier tarea con el indexador. Generalmente, una fuente magnética que tiene un eje magnético conocido puede ser colocada en una posición de puesta a cero con respecto al indexador magnético, por lo que el indexador magnético puede ser puesto a cero con este eje magnético. Después de esto, la posición exacta de puesta a cero del indexador magnético se conoce y se puede lograr aún mayor precisión para localizar un eje magnético con el indexador magnético.

30 Las realizaciones preferidas de la presente invención proporcionan así un medio para detectar con rapidez y precisión las localizaciones donde los agujeros necesitan ser perforados en una pieza de trabajo basándose en determinaciones hechas previamente de la localización del agujero que de otra manera no son visibles a un operador o a una máquina de detección óptica. Las realizaciones preferidas también permiten la detección precisa de cualquier señal no visible. Es decir, la presente invención puede ser utilizada, además, para determinar los bordes de las piezas ocultas. La presente invención es especialmente adecuada para aplicaciones de fabricación de aeronaves, pero se apreciará que la invención encontrará utilidad, además, en una amplia variedad de otras aplicaciones de fabricación.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema (80) para determinar la localización de un dispositivo que produce un campo magnético que tiene un eje magnético e intensidades que varían dependiendo de la distancia lateral desde el dispositivo, comprendiendo el sistema:
- 5 una única sonda (82) adaptada para ser afectada por y producir una señal basada en la intensidad del campo producido por el dispositivo para ayudar a localizar el dispositivo;
- un procesador para recibir dicha señal para determinar la intensidad del campo que afecta a dicha sonda;
- 10 un sistema de confirmación para proporcionar una confirmación física de que dicho procesador ha determinado la localización del eje magnético con dicha sonda;
- un imán que tiene un campo que define un eje posicionado en un área sustancialmente confinada tal que dicha sonda es operable para ser afectada por dicho imán; **caracterizado por**
- un robot (86); y
- 15 un sistema de control (94) para controlar dicho robot, siendo dicha sonda movable por dicho robot y respondiendo dicho sistema de control a dicho procesador para controlar dicho robot para mover dicha sonda para simular una pluralidad efectiva de sondas ubicando y moviendo la única sonda (82) y recordando exactamente las ubicaciones previas y las mediciones del campo, para cada uno de las ubicaciones previas hasta que dicho procesador ha determinado la localización del dispositivo.
- 20 2. El sistema según la reivindicación 1, que comprende medios para almacenar y recordar las ubicaciones y mediciones del campo de las ubicaciones.
3. El sistema de la reivindicación 1 ó 2, en el que dicho sistema de confirmación produce una indicación que confirma que dicho eje central es sustancialmente co-lineal con el eje magnético.
- 25 4. El sistema de la reivindicación 3, en el que dicha indicación comprende una luz emitida por un diodo emisor de luz o una indicación gráfica.
5. Un método para localizar un dispositivo, que produce un campo magnético, con una única sonda (82) afectada por el campo, comprendiendo el método:
- 30 ubicar un dispositivo en un primer lado de una pieza de trabajo;
- producir un campo con dicho dispositivo a través de dicha pieza de trabajo;
- 35 usar un robot (86) para sostener y ubicar la sonda (82) adyacente a un segundo lado de dicha pieza de trabajo;
- proporcionar información de la intensidad del campo de dicha sonda a dicho robot que es usada por dicho robot para mover la sonda para determinar sustancialmente una posición del dispositivo simulando una pluralidad efectiva de sondas ubicando y moviendo la única sonda (82) y recordando exactamente las ubicaciones previas y las mediciones del campo, para cada uno de las ubicaciones previas;
- 40 determinar una localización de un eje central de dicho campo con dicha sonda; y
- proporcionar una confirmación física de dicho eje central del campo a un usuario.
6. El método de la reivindicación 5, en el que:
- 45 ubicar un dispositivo comprende ubicar un imán contra dicho primer lado de dicha pieza de trabajo; y dicho campo comprende un campo magnético que es adaptado para producir una respuesta en dicha sonda (82).
7. El método de la reivindicación 5 ó 6, en el que
- 50 determinar una localización de un eje central del campo comprende:
- mover dicho montaje de la sonda con respecto a un punto en dicho segundo lado de dicha pieza de trabajo;
- afectar a la sonda con el campo cuando la sonda es movida sobre dicha pieza de trabajo; y
- 55 proporcionar un procesador para determinar el efecto en dicho montaje de la sonda, donde dicho procesador determina el eje central del campo.
8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 5-7, en el que proporcionar una confirmación física de dicho eje central del campo comprende proporcionar una indicación visual de que dicho eje central de la sonda en dicho segundo lado de dicha pieza de trabajo es sustancialmente co-lineal con dicho eje central del campo en dicho primer lado de dicha pieza de trabajo.
- 60





