



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 341 226**

⑤1 Int. Cl.:
A63B 69/36 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑨6 Número de solicitud europea: **01994388 .5**

⑨6 Fecha de presentación : **09.11.2001**

⑨7 Número de publicación de la solicitud: **1339465**

⑨7 Fecha de publicación de la solicitud: **03.09.2003**

⑤4 Título: **Procedimiento y aparato para medir y orientar la varilla del palo de golf.**

③0 Prioridad: **10.11.2000 US 247141 P**
22.01.2001 US 263489 P

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.06.2010

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.06.2010

⑦3 Titular/es: **Richard M. Weiss**
17440 SE Conch Bar Avenue
Tequesta, Florida 33469, US

⑦2 Inventor/es: **Weiss, Richard, M.;**
Butler, Joseph, H.;
Twigg, Michael, J.;
Vowell, Franklin, S. y
Palmer, Larry, R.

⑦4 Agente: **Morgades Manonelles, Juan Antonio**

ES 2 341 226 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

Procedimiento y aparato para medir y orientar la varilla del palo de golf.

5 Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere a la medición y la orientación de un palo de golf. Más particularmente, la presente invención se refiere a un procedimiento y un aparato destinado a identificar automáticamente y de una forma fiable la ubicación de un plano de oscilación planar, y en particular el plano de oscilación planar principal, de un palo de golf para alinear dicho plano de oscilación planar en una orientación pretendida, así como para determinar unos parámetros del palo de golf, tales como la redondez, la rigidez y la rectitud que caracterizan las prestaciones del palo de golf.

Cuando un jugador de golf realiza el movimiento del golpe con un palo de golf, la varilla del palo de golf se dobla o se tuerce, en particular durante la fase descendente del swing. La dirección con la que el eje se dobla o se tuerce depende de cómo el jugador de golf carga o acelera el palo, aunque la dirección del doblado o de la torsión y su magnitud dependen asimismo de la rigidez del palo. Si una varilla es blanda, se doblará o se torcerá más durante una fase descendente del swing dada, que si es rígida. Además, si una varilla presenta diferentes grados de rigidez transversal en diferentes planos (es decir, la rigidez, la redondez y la rectitud de la varilla no son simétricas) la varilla se doblará o se torcerá de forma diferente dependiendo del plano (dirección) en el que se aplica la carga.

Inmediatamente antes de que la cabeza de un palo de golf impacte con una bola de golf, la varilla del palo de golf sufre unos movimientos vibratorios significativos en la dirección ascendente/descendente de la punta (plano perpendicular a la dirección del impacto) y en la dirección preimpacto/postimpacto (plano paralelo a la dirección del impacto). Las investigaciones realizadas han puesto de manifiesto que la varilla de un palo de golf vibra hacia arriba y hacia abajo en la dirección ascendente/descendente de la punta, inmediatamente antes de impactar con la bola de golf. Dicho movimiento ascendente y descendente, conocido como “oscilación de desviación vertical”, “oscilación de deflexión vertical” o “oscilación de inclinación” puede llegar a ser de hasta $\pm 1,5$ pulgadas ($\pm 3,8$ cm). El doblado o la torsión irregulares hace que sea más difícil para el jugador de golf reproducir el doblado o la torsión de la varilla en la fase descendente del swing, de un palo a otro, dando como resultado un grado de repetibilidad del impacto menos regular en el juego de palos. Debido a que cualquier doblado o torsión irregular causado por el comportamiento asimétrico de la varilla inmediatamente antes de impactar, es sustancialmente imposible que el jugador de golf lo pueda corregir con su swing, cualquier reducción en la oscilación, mencionada anteriormente, antes de impactar ayudará al jugador de golf a mejorar su repetibilidad del impacto, mejorando de este modo los resultados. Ello es válido para los jugadores de golf de todos los niveles.

Además, un palo de golf, inmediatamente antes de impactar, “salta” hacia delante en la dirección del golpe. A esto se le denomina habitualmente “Kick” (inflexión) de la varilla. Si es posible analizar y orientar un eje de tal modo que la dirección del “Kick” de la vibración sea estable, dicha posición de la varilla mejoraría la habilidad del jugador de golf para repetir la posición del impacto con la bola. En otras palabras, tendría una menor tendencia a “oscilar” arriba y abajo inmediatamente antes de impactar, mejorando de este modo la repetibilidad del impacto.

El doblado o la torsión irregulares contribuyen a unos movimientos de la cabeza del palo que no se producirían si la varilla hubiera sido perfectamente simétrica. Los fabricantes de varillas de palos de golf tratan de realizar unas varillas provistas de una rigidez simétrica a fin de minimizar el doblado o la torsión irregulares durante el swing, aunque como resultado de las limitaciones de la fabricación, resulta difícil realizar una varilla de palo de golf perfectamente simétrica. Específicamente, resulta muy conocido que, como resultado de las irregularidades o variaciones en los materiales o procesos de fabricación, las varillas de palos de golf presentan una orientación angular preferida. Por ejemplo, a veces se ha dicho que una varilla de palo de golf presenta una “espina” (irregularidades en su rigidez) cuya orientación puede ser significativa. (Ver, por ejemplo, las patentes US nº 4.958.834 y 5.040.279).

Por consiguiente, sustancialmente todas las varillas de los palos de golf presentan un cierto grado de asimetría que origina un cierto grado de doblado o torsión irregulares durante el swing.

La asimetría de las varillas de los palos de golf puede tener su origen en las secciones transversales no simétricas (varillas cuyas secciones transversales no son redondas o cuyos espesores de pared no son uniformes), varillas que no son rectas, o varillas cuyas características del material varían alrededor de la circunferencia de la sección transversal de la varilla. Dado que es sustancialmente imposible realizar una varilla de palo de golf perfectamente simétrica y el objetivo es minimizar las irregularidades entre los diferentes palos de un juego de palos de golf, y entre juegos de una misma marca, tiene sentido, si es posible, analizar cada varilla de palo de golf de un juego de palos de golf para comprender su comportamiento de doblado o torsión asimétrico, y realizar los palos de golf de un juego de modo que se maximice la uniformidad entre los diferentes palos de un juego y entre los diferentes juegos de una marca.

Se ha reconocido, (por ejemplo en la patente nº 5.040.279 mencionada anteriormente) que si bien sustancialmente todos los palos de golf presentan un cierto grado de asimetría, sustancialmente todos los palos de golf presenta por lo menos una orientación en la que, cuando la varilla se sujeta por su extremo proximal, o empuñadura, y se desplaza en el lado de la punta, la vibración resultante de la varilla permanecerá sustancialmente planar. En otras palabras, la varilla permanecerá sustancialmente en un único plano y la punta de la varilla vibrará hacia delante y atrás sustancialmente a lo largo de una línea.

El documento US nº 5.040.279 da a conocer un dispositivo y un procedimiento para producir unos juegos de palos de golf con unas frecuencias concordantes de las varillas de metal compuesto, inmovilizando un extremo proximal de la varilla, impartiendo unas vibraciones en diversos puntos de la periferia y analizar cualitativamente la posición de una juntura.

5

Se ha reconocido asimismo en la patente nº 4.958.834 mencionada anteriormente, que la realización de todos los palos de golf que forman parte de un juego con sus planos de oscilación planar ("POP") respectivos orientados en la misma dirección angular relativa a sus caras del palo respectivas, presentará menos irregularidades en el doblado o torsión de la varilla durante la fase descendente del swing que un juego que se haya realizado al azar o aleatoriamente. En particular, un juego de palos de golf funcionará normalmente de forma óptima si las orientaciones angulares respectivas preferidas de las varillas de los palos de golf respectivas están alineadas en la "dirección de impacto", es decir, sustancialmente perpendicularmente a las caras del palo de golf respectivas.

10

Sin embargo, hasta la fecha no ha habido ningún procedimiento automatizado apto para determinar con regularidad los parámetros de una varilla de palo de golf que permitieran a los fabricantes o a otros predecir el comportamiento de una varilla de palo de golf. Y mientras está en trámite, la solicitud de patente de los Estados Unidos habitualmente asignada nº 09/494, 525, archivada el 1 de febrero del 2000, ha presentado un procedimiento y un aparato para determinar la orientación angular preferida de una varilla de palo de golf, dicho procedimiento y aparato eran parcialmente manuales, y se basaban en la técnica iterativa, que, identificando un plano de oscilación planar, podrían identificar un plano de oscilación planar distinto al plano de oscilación planar principal. Se pretende poder proporcionar un procedimiento y un aparato para determinar de forma rápida y fiable la orientación angular preferida de una varilla de palo de golf. Se pretende, asimismo, poder proporcionar un procedimiento y un aparato para utilizar la determinación de la orientación angular preferida para ensamblar automáticamente los palos de golf con cada varilla de palo de golf respectiva alineada regularmente en relación con la cara del palo respectiva. Sería deseable, adicionalmente, poder determinar los parámetros de una varilla de palo de golf para permitir la predicción de las prestaciones de un palo de golf.

15

20

25

Sumario de la presente invención

30

La presente invención se define mediante las reivindicaciones independientes a las que se asigna una referencia.

Las formas de realización de la presente invención proporcionan un procedimiento y un aparato para determinar de forma rápida y fiable la orientación angular preferida de la varilla del palo de golf.

35

Las formas de realización de la presente invención proporcionan un procedimiento y un aparato para utilizar la determinación de la orientación angular preferida (es decir, el plano de oscilación planar, en particular el plano de oscilación planar principal) para ensamblar los palos de golf (manual o automáticamente) con cada varilla de palo de golf respectiva alineada regularmente con la cara respectiva del palo.

40

Las formas de realización de la presente invención determinan los parámetros de una varilla de palo de golf para permitir la predicción de las prestaciones del palo de golf.

Una forma de realización de la presente invención proporciona un procedimiento para determinar una orientación angular preferida de una varilla de palo de golf alrededor de un eje longitudinal de la misma, teniendo la varilla de palo de golf un extremo proximal por el que la agarra el jugador de golf y un extremo distal para la sujeción a la cabeza del palo de golf. Según dicho procedimiento, el extremo proximal de dicha varilla de palo de golf se inmoviliza y se inicia el movimiento vibratorio del extremo distal de la varilla de palo de golf en una dirección distinta a la paralela al eje longitudinal. El movimiento vibratorio se analiza, y a partir del movimiento vibratorio analizado se calcula la orientación angular preferida. A continuación, la varilla de palo de golf puede marcarse para indicar la orientación angular preferida. En un procedimiento adicional según la presente invención, la marca en la varilla que indica la orientación angular preferida puede emplearse para ensamblar un palo de golf con la varilla de palo de golf, manualmente o automáticamente, en un alineamiento determinado con respecto a la cara de la cabeza del palo de golf.

45

50

Con un procedimiento y aparato, el movimiento vibratorio de la varilla de palo de golf se analiza para una pluralidad de posiciones angulares alrededor del eje longitudinal de la varilla. Cuanto mayor sea el número de posiciones, mayor será la precisión con la que se puede detectar el plano de oscilación planar (y en particular el plano de oscilación planar principal). Además, en cada posición, puede determinarse la frecuencia vibratoria de la varilla, que constituye una medida de su rigidez. Además, si la varilla sufre una deflexión con respecto a su eje longitudinal, midiendo en cada posición angular la fuerza de recuperación que se opone a la deflexión y la magnitud de la deflexión de la varilla, se puede determinar la rectitud de la varilla o, más particularmente, hasta que punto no está recta. La redondez, la rectitud y la rigidez constituyen unos parámetros que caracterizan las prestaciones de una varilla de palo de golf, y los fabricantes de varillas han buscado unos modos de determinar con precisión dichos parámetros.

60

Breve descripción de los dibujos

65

El objetivo mencionado anteriormente y otros objetivos y ventajas de la presente invención se pondrán claramente de manifiesto considerando la siguiente descripción detallada, tomada junto con los dibujos que la acompañan, en la que las mismas referencias se refieren a las mismas partes, y en la que:

ES 2 341 226 T3

La figura 1 es una vista en la que una varilla de palo de golf flexible se modela como una masa a la que se sujetan unos muelles;

La figura 2 representa el desplazamiento horizontal y vertical, visto de frente, de la varilla de la figura 1 en función del tiempo, a lo largo de dos ciclos de oscilación tras haberse suministrado un impulso para provocar que la varilla oscile;

La figura 3 representa el movimiento presentado en forma de diagrama en la figura 2, como un diagrama de fases;

La figura 4 representa el movimiento de la varilla como un diagrama de fases, tras catorce ciclos de oscilación;

La figura 5 representa el movimiento presentado en forma de diagrama en la figura 4, pero en función del tiempo;

La figura 6 es una vista en perspectiva de una primera forma de realización preferida del aparato según la presente invención para determinar la orientación preferida de una varilla de palo de golf;

La figura 7 es una vista en perspectiva de una unidad de test de la varilla del aparato de la figura 6;

La figura 8 es una vista en perspectiva de una unidad de retención y rotación de la varilla del aparato de las figuras 6 y 7;

La figura 9 es una vista en perspectiva de la unidad de medición del aparato de las figuras 6 a 8;

La figura 10 es una vista en perspectiva de una unidad sensora y de masa de punta del aparato de las figuras 6 a 9;

La figura 11 es una vista similar a la de la figura 7 con una varilla de palo de golf montada en el aparato;

La figura 12 es una vista en alzado, tomada desde la línea 12-12 de la figura 11, aunque con la varilla de palo de golf presentando una deflexión en preparación para la oscilación según la presente invención;

La figura 13 es una vista en perspectiva del aparato de las figuras 6 a 10 que comprende una unidad de marcación;

La figura 14 es un diagrama de flujo de una forma de realización preferida de un procedimiento según la presente invención para localizar la orientación preferida de una varilla de palo de golf;

La figura 15 es un diagrama de flujo de un test de carga realizado según la presente invención como una parte del procedimiento de la figura 14;

La figura 16 es un diagrama de flujo de un test de comparación de “logotipo arriba” realizado según la presente invención como una parte del procedimiento de la figura 14;

La figura 17 es un diagrama de flujo de un test de localización del plano de oscilación planar realizado según la presente invención como una parte del procedimiento de la figura 14;

La figura 18 es una vista en perspectiva de una segunda forma de realización preferida del aparato según la presente invención para determinar la orientación preferida de una varilla de palo de golf;

La figura 19 es una vista en alzado lateral de una unidad de medición del aparato de la figura 18;

La figura 20 es una vista en alzado de la unidad de medición de la figura 19;

La figura 21 es una gráfica que representa la aceleración máxima o desplazamiento máximo fuera de plano en función del ángulo de rotación, de una punta de la varilla durante la medición utilizando el aparato de la figura 18;

La figura 22 es una gráfica que representa, en función del ángulo, la desviación del centro de la punta de una varilla de palo de golf típica con respecto a un eje longitudinal que pasa por el centro del extremo de la varilla, medida utilizando el aparato de la figura 18;

La figura 23 es una vista, en forma de diagrama, del aparato según la presente invención para ensamblar los palos de golf;

La figura 24 es una vista en primer plano de una estación de ensamblaje del aparato de la figura 23;

La figura 25 es una muestra de un registro impreso utilizado para demostrar los resultados del test de cada una de las varillas;

La figura 26 es una vista en perspectiva de una forma de realización preferida alternativa de una unidad de masa de punta según la presente invención;

La figura 27 es una vista en alzado esquemática de la unidad de masa de punta de la figura 26 montada sobre la punta de una varilla de palo de golf en la posición de reposo en el aparato según la presente invención; y

- La figura 28 es una vista en alzado esquemática, similar a la de la figura 27, de la unidad de masa de punta de la figura 26 montada sobre la punta de una varilla de palo de golf en una posición desplazada en el aparato según la presente invención.

Descripción detallada de la presente invención

- Si una varilla de palo de golf se inmoviliza en su extremo de la empuñadura y se desliza en una dirección perpendicular a su eje longitudinal, si la dirección del desplazamiento se encuentra en un plano de oscilación planar de la varilla, la varilla vibrará en dicho plano y, visto desde el extremo, la punta distal de la varilla oscilará hacia delante y hacia atrás a lo largo de una línea. Por conveniencia, dicha línea se puede denominar eje x. Sin embargo, si la dirección del desplazamiento se encuentra en un plano distinto al plano de oscilación planar, la punta distal de la varilla vibrará con un movimiento que presenta unas componentes a lo largo del eje x así como también a lo largo de un eje perpendicular al eje x, que por conveniencia se puede denominar eje y. Dicho movimiento podría describirse como un movimiento “orbital”, si bien más que trazar una elipse simple o cualquier otra curva cerrada, la punta se desplazará en el interior de una envolvente de modo que, si el movimiento no se amortiguase (como lo hace en realidad), sería de esperar que eventualmente la punta se moviese por todos los puntos situados en el interior de dicha envolvente.

- Tal como se describirá a continuación, observando la vibración de la punta de la varilla se puede calcular matemáticamente la orientación del plano o de los planos de orientación planar. Tras haber localizado el plano o los planos de oscilación planar, se puede ensamblar un palo de golf, orientando la varilla con respecto a la cabeza del palo de golf de modo que un plano de oscilación planar, y en particular el plano de oscilación planar principal, esté alineado a lo largo de la “dirección del impacto” (es decir, sustancialmente perpendicular a la cara que ejerce el impacto de la cabeza del palo) u opuesto 180° a dicha dirección. Asimismo, habiendo localizado un plano de oscilación planar de una varilla de palo de golf, es posible alinear dicho plano de oscilación planar con respecto a la cabeza del palo de golf no a lo largo de la dirección del impacto, sino en otra dirección predeterminada.

- Por ejemplo, se puede pretender alinear la varilla para un jugador de golf en particular para inducir un “hook” (desviar mucho la bola de derecha a izquierda) o un “slice” (un golpe que se curva hacia la derecha para un diestro). De este modo, para un palo de golf para diestros, para inducir un “hook” o para corregir un “slice”, se giraría la varilla en la dirección antihoraria (observando la varilla hacia abajo en la dirección hacia la cabeza del palo), y para inducir un “slice” o corregir un “hook” se giraría la varilla en la dirección horaria. Para un palo de golf para zurdos, los sentidos de giro serían los inversos. La magnitud de la rotación sería de menos de aproximadamente 90°.

- Se ha observado empíricamente que una varilla de palo de golf funciona como si fuese “más dura” en una dirección a lo largo de cualquier plano de oscilación planar que en su dirección opuesta a lo largo de dicho plano de oscilación planar. Dicho lado “más duro” del plano de oscilación planar de la varilla puede denominarse lado “duro” o lado “delantero” del plano de oscilación planar, mientras que el lado menos duro, opuesto 180° al lado duro, puede denominarse lado “blando” o lado “posterior” del plano de oscilación planar. Se ha observado asimismo que orientando un plano de oscilación planar perpendicularmente a la cara de la cabeza del palo pueden obtenerse unos resultados diferentes en comparación con los que se obtendrían con una alineación al azar o aleatorio. Se ha observado además que alineando el plano de oscilación planar perpendicularmente a la cara de la cabeza del palo, con el lado duro del plano de oscilación planar encarado hacia la cara de la cabeza del palo, se obtienen unos resultados diferentes a los que se obtendrían alineando el plano de oscilación planar perpendicularmente a la cara de la cabeza del palo con el lado blando del plano de oscilación planar encarado hacia la cara de la cabeza del palo. Además, si todos los palos de golf de un juego de palos están alineados de una forma similar, existirá una mayor probabilidad de que el usuario de dichos palos pueda obtener unos resultados más uniformes y regulares en todos los palos de golf de un juego, lo que es de esperar que redunde en una mejora de las prestaciones. Además, se ha observado empíricamente que una varilla de palo de golf puede tener varios planos de oscilación planar. Sin embargo, se ha encontrado que existe un plano de oscilación planar principal (“PPOP”) que puede denominarse asimismo plano de repetibilidad uniforme (“PURE”). Es de esperar que los palos de golf alineados basándose en el plano de oscilación planar principal proporcionen una mejora óptima de las prestaciones.

- Si bien es posible derivar la orientación del plano o planos de oscilación planar con precisión utilizando unas técnicas matemáticas basadas en el registro de datos desplazando la punta de la varilla y permitiendo que la misma vibre, computablemente resulta más simple derivar la orientación mediante una técnica iterativa como la que se describirá a continuación. La técnica iterativa puede emplearse utilizando un equipo que induzca las vibraciones de una varilla de palo de golf en una pluralidad de orientaciones angulares, midiendo la oscilación de la punta en cada orientación. El equipo puede hacerse funcionar de una forma parcialmente manual, en la que la varilla se hace girar manualmente hasta una nueva orientación para realizar la medición, o puede utilizarse un equipo en el que la rotación de la varilla hasta cada posición subsiguiente, tras haber completado las mediciones en la posición anterior, se realice automáticamente. Si la rotación de la varilla se realiza automáticamente, el equipo puede hacerse funcionar más rápidamente, permitiendo que la varilla de palo de golf se mida en más orientaciones angulares, lo que permite esperar que se produzca una determinación más precisa del plano de oscilación planar principal.

La dirección preferida de un plano de oscilación planar (es decir, en el caso del plano de oscilación planar principal, el lado “duro” de la varilla de palo de golf) no puede determinarse matemáticamente a partir de la mera observación de la punta de la varilla. Por consiguiente, en una forma de realización preferida de la invención, la empuñadura o extremo de la varilla de palo de golf se inmoviliza, la punta de la varilla se desplaza perpendicularmente al eje longitudinal, y la fuerza de recuperación (es decir, la fuerza que tiende a desplazar la punta devolviéndola a su posición neutra) se mide mientras la varilla gira, desde el extremo de la empuñadura, por lo menos aproximadamente 360°. El ángulo en el que la fuerza de recuperación es la máxima constituye una indicación del lado duro de la varilla. Si bien dicho ángulo usualmente no se alinearán con precisión con la orientación del plano de oscilación planar principal, indicará cual de las dos orientaciones posibles del plano de oscilación planar principal corresponde al lado duro del plano de oscilación planar principal. Además, es de esperar que empezar el análisis en el ángulo de carga máxima conduzca a la localización del plano de oscilación planar principal en lugar de uno de los demás planos de oscilación planar de la varilla. Ello se verifica, en particular, en una forma de realización en la que la oscilación de la varilla se mide únicamente en unas relativamente pocas posiciones angulares, tal como la forma de realización parcialmente manual tratada anteriormente. La posición inicial es menos importante en una forma de realización en la que las mediciones se toman en relativamente más posiciones angulares, tal como la forma de realización descrita anteriormente en la que la rotación de la varilla de palo de golf de una posición a otra se realiza automáticamente. En cualquier caso, la orientación inicial puede seleccionarse asimismo arbitrariamente.

Una vez se haya determinado la orientación angular preferida de la varilla de club de golf, se realizan preferentemente una o más marcas en la varilla para indicar la orientación angular preferida. La marca o marcas pueden realizarse en la ubicación de un plano de oscilación planar, o en una posición relativa con respecto a un plano de oscilación planar predeterminada. Cada marca puede realizarse utilizando tinta o pintura, o puede gravarse sobre la superficie de la varilla utilizando otra técnica, tal como una técnica de marcado mecánico, electrostático o mediante láser, o puede aplicarse una etiqueta marcada (por ejemplo, una pegatina o una calcomanía). Una vez se han realizado la(s) marca(s), pueden utilizarse para alinear la varilla con respecto a la cabeza del palo de golf cuando se ensambla un palo de golf, de modo que el plano de oscilación planar marcado de la varilla de palo de golf sea sustancialmente perpendicular a la cara de la cabeza del palo o en alguna otra orientación pretendida con respecto a la cara de la cabeza del palo.

La alineación de la varilla con la cabeza del palo puede realizarse manualmente. Preferentemente, la alineación se facilita realizando también una marcación sobre la cabeza del palo, sobre o en la proximidad del “hosel” (pieza de unión entre cabeza y varilla) o del orificio, con la que puede alinearse una marcación realizada en la varilla, para formar un palo de golf con “espina alineada” apropiadamente. Alternativamente, en otra forma de realización preferida, una máquina de ensamblaje acopla una cabeza de palo de golf a una varilla de palo de golf, apareando las marcaciones de alineación en el proceso. En dicha forma de realización, la cabeza del palo de golf puede sujetarse a la varilla inmediatamente después de la determinación de la orientación angular preferida de la varilla, con la varilla aún en el manguito de la estación de localización del plano de oscilación planar (en este caso puede omitirse la aplicación de una marca visible sobre el exterior de la varilla, si bien aún sería útil para operaciones de reparación posteriores al desensamblar el palo). Alternativamente, en una segunda variante de dicha forma de realización, la varilla puede retirarse de la estación de localización del plano de oscilación planar y desplazarse a una estación de ensamblaje del palo. Dicha variante elimina mejor cualquier diferencial de velocidad entre el proceso de localización del plano de oscilación planar y el proceso de ensamblaje del palo. Si el proceso de localización del plano de oscilación planar es más rápido que el proceso de ensamblaje del palo, pueden proporcionarse más estaciones de ensamblaje del palo que estaciones de localización del plano de oscilación planar. Si el proceso de ensamblaje del palo es más rápido que el proceso de localización del plano de oscilación planar, pueden proporcionarse más estaciones de localización del plano de oscilación planar que estaciones de ensamblaje del palo. En cualquier caso, es preferible proporcionar una tolva u otra estación intermedia para almacenar las varillas de espina alineada entre la estación de localización del plano de oscilación planar y la estación de ensamblaje del palo. Normalmente sería de esperar que se mantuvieran pocas varillas en la tolva, aunque si por alguna razón hubiera una interrupción u otro “cuello de botella” en la estación o estaciones de ensamblaje del palo o corriente debajo de las mismas, la tolva puede servir, hasta que esté llena, como un depósito de reserva para recibir las varillas procedentes de la estación o estaciones de localización del plano de oscilación planar.

Además de localizar el plano o planos de oscilación planar de las varillas de palo de golf, sea para la realineación de los palos de golf existentes, sea para el ensamblaje de unos palos de golf nuevos, la presente invención, y en particular la forma de realización descrita anteriormente en la que la rotación de la varilla desde una posición angular a otra para fines de medición está automatizada, permitiendo que se realicen mediciones en más posiciones angulares, proporciona la capacidad de medir ciertas características de una varilla que puede utilizarse para monitorizar el proceso de realización de la varilla y la calidad de las varillas resultantes. Dichas mediciones pueden proporcionar un estándar de cualificación para la realización de las varillas de golf.

Específicamente, en cada posición angular, cuando la varilla está flexionada y puede vibrar, resulta posible determinarse la frecuencia de la vibración de la varilla. Esto puede realizarse simplemente contando el número de veces que la varilla vibrante pasa por un punto fijo en un intervalo de tiempo dado. Un modo de realizar dicha función de recuento consiste en proporcionar una fuente de luz y un fotodetector y contar el número de veces, durante un intervalo de tiempo dado, que el rayo de la fuente de luz resulta interrumpido por la varilla vibrante. En un procedimiento preferido alternativo, pueden contarse las oscilaciones registradas por los datos del acelerómetro (ver a continuación) en un intervalo de tiempo particular.

Una vez se ha determinado la frecuencia vibratoria característica, la constante del muelle de la varilla, que constituye una medida de su rigidez, puede aproximarse tratando la varilla como una viga prismática de masa M y derivando la constante del muelle, k , de la frecuencia, f , utilizando la relación $f \approx (k/M)^{0.5}$. A continuación puede caracterizarse la rigidez de la varilla, mediante el valor de k en cada ángulo, todo ello tal como se describe con mayor detalle a continuación.

En cada posición angular puede administrarse asimismo un test de carga, flexando la varilla una distancia fija d , transversal a su eje longitudinal y midiendo la fuerza de recuperación, F , generada. A partir de la fuerza F , y la constante del muelle, k , determinada anteriormente, se puede determinar la desviación δ , que constituye una medida de la rectitud de la varilla, a partir de la relación $F/k=d+\delta$. A continuación puede caracterizarse la rectitud de la varilla mediante el valor de δ en cada ángulo, todo ello según se describe con mayor detalle a continuación.

La presente invención se describirá a continuación tomando como referencia las figuras 1 a 24.

Si el extremo de la empuñadura de una varilla de palo de golf se sujeta en una mordaza que sostiene la varilla horizontalmente, y a continuación mirando hacia la punta del extremo distal de la varilla, puede modelarse la rigidez de la varilla, tal como se representa en la figura 1. Como puede apreciarse en la figura 1, la varilla 10 puede considerarse como una masa m que comprende dos muelles de diferentes constantes del muelle k_1 y k_2 que la conectan en dos direcciones ortogonales a dos superficies diferentes 11, 12. Si la varilla 10 fuera simétricamente rígida, k_1 y k_2 serían iguales. Normalmente, sin embargo, k_1 y k_2 son diferentes. En efecto, si se sujetase la varilla en varias orientaciones diferentes, y cada vez se midieran las fuerzas de recuperación horizontales y verticales, se podrían obtener diferentes juegos de valores para k_1 y k_2 . La fuerza F , tal como se representa, es la fuerza impuesta para desplazar la punta de la varilla 10 sujeta, es decir, para provocar que la punta oscile.

La figura 2 representa el desplazamiento horizontal y vertical normalizado de la punta vibrante de la varilla 10 en función del tiempo durante dos ciclos de oscilación, con el desplazamiento horizontal (x) representado por la línea continua 20 y el desplazamiento vertical (y) representado por la línea a trazos 21, asumiendo que la fuerza de desplazamiento inicial se impone a un ángulo $\theta=40^\circ$ con respecto a la horizontal. La figura 3 representa el mismo desplazamiento de la punta de la varilla 10 como un diagrama de fases 30, durante dos ciclos, en x e y , es decir, la figura 3 representa dos ciclos del recorrido que sigue la punta tal como lo vería un observador observando la punta a lo largo del eje longitudinal de la varilla 10, mirando hacia el extremo de la empuñadura. La figura 4 representa el diagrama de fases 40 después de catorce ciclos. El análisis de dichos movimientos observados permite conocer la ubicación del plano de oscilación planar, es decir, la orientación angular de la varilla 10 en la que, si la fuerza de desplazamiento inicial F se aplicase a lo largo de dicha orientación, la varilla 10 oscilaría sustancialmente únicamente a lo largo de dicha orientación, con la punta trazando adelante y atrás sustancialmente a lo largo de una línea.

Como puede apreciarse en la figura 4, el diagrama de fases 40 del movimiento de la punta tras un número suficiente de ciclos es sustancialmente un rectángulo. La orientación del plano de oscilación planar es la de uno de los dos ejes ortogonales de dicho rectángulo, en el que cada eje de un rectángulo se define como una línea intermedia entre, y paralela a, un par respectivo de lados de un rectángulo. En el caso de un rectángulo exacto, bastaría con determinar las orientaciones de los lados, ya que las orientaciones de los lados y de los ejes, según la definición realizada anteriormente, son idénticas. Sin embargo, el diagrama de fases 40 del movimiento de la punta de una varilla de golf puede que no sea un rectángulo exacto, a menos que se observe un número de ciclos infinito, lo que no se da en la práctica ya que, en primer lugar, no sería aceptable comercialmente y, en segundo lugar, las oscilaciones de la varilla de palo de golf ordinariamente se amortiguan antes de que pueda observarse un rectángulo exacto. Por consiguiente, la orientación de cada uno de los dos ejes puede calcularse asumiendo que las líneas dibujadas pasando por los cuatro vértices de la forma casi rectangular del diagrama de fases son las diagonales de un rectángulo.

Habiendo encontrado los dos ejes del rectángulo, se pretende determinar cual es el eje mayor, que puede corresponder al plano de oscilación planar principal, y cual es un eje menor, es decir, uno de uno o más planos de oscilación planar menos estables. Ello puede determinarse rigurosamente midiendo las frecuencias de oscilación a lo largo de dichos dos ejes, tal como se describe a continuación. Sería de esperar que el eje mayor correspondería al plano de oscilación planar principal si se provocase que la varilla vibrase a lo largo de una dirección determinada midiendo la carga en la varilla flexionada en función del ángulo, y seleccionando el ángulo de carga máxima como la dirección en la que vibre la varilla. Debe destacarse que dicho "test de carga" podría realizarse o bien sujetando la punta o extremo distal, o bien la empuñadura o extremo proximal, de la varilla, y midiendo la carga como una función del ángulo con el extremo no sujeto flexionado. Sin embargo, las etapas subsiguientes de la localización del plano de oscilación planar se realizan preferentemente con la empuñadura o extremo proximal sujeta, y por consiguiente, el test de carga se realiza asimismo preferentemente de este modo. Debe destacarse asimismo que si el test de carga no se realiza, se puede encontrar un plano de oscilación planar, aunque dicho plano de oscilación planar probablemente no será el plano de oscilación planar principal.

La figura 5 representa una gráfica 50 de la oscilación de la punta en función del tiempo, con un trazo separado 51 para las oscilaciones medidas a lo largo del eje horizontal (x) y un trazo separado 52 para las oscilaciones medidas a lo largo del eje vertical (y). A partir de dichos trazos, puede determinarse la frecuencia, por ejemplo, gráficamente contando los cruces con el cero positivos. Sin embargo, dichos ejes horizontal y vertical x e y están desplazados con respecto al plano de oscilación planar un ángulo determinado tal como se ha descrito anteriormente. Si a dicho ángulo se le denomina θ , las frecuencias a lo largo de dichos ejes x e y , según se han determinado a partir de la gráfica de la

figura 5, pueden transformarse en un sistema de coordenadas de la varilla de palo de golf, que presenta los ejes x' e y' , que corresponde a un plano de oscilación planar estable y uno de uno o más planos de oscilación planar inestable, como sigue, siendo f_1 la frecuencia a un ángulo θ con respecto al eje x , es decir, a lo largo del eje x' , y f_2 es la frecuencia a un ángulo θ con respecto al eje y ($\theta + 90^\circ$ con respecto al eje x), es decir, a lo largo del eje y' :

$$f_1 = \left| \frac{f_x f_y (-f_y^2 \cos^2 \theta + 2 f_y^2 \cos^4 \theta - 3 f_x^2 \cos^2 \theta + 2 f_x^2 \cos^4 \theta)^{0.5}}{f_y^2 \cos^2 \theta + f_x^2 \cos^2 \theta - f_x^2} \right|$$

$$f_2 = \left| \frac{f_x f_y (f_y^2 - 3 f_y^2 \cos^2 \theta + 2 f_y^2 \cos^4 \theta - f_x^2 \cos^2 \theta + 2 f_x^2 \cos^4 \theta)^{0.5}}{f_y^2 \cos^2 \theta + f_x^2 \cos^2 \theta - f_x^2} \right|$$

Si f_1 es mayor que f_2 , uno de los planos de oscilación planar estables de la varilla de palo de golf se encuentra a un ángulo θ con respecto al eje x . Si f_1 es menor que f_2 , uno de los planos de oscilación planar estables de la varilla de palo de golf se encuentra a un ángulo θ con respecto al eje y , es decir, $\theta + 90^\circ$ con respecto al eje x . Si el test de carga se ha realizado y se ha utilizado para determinar el ángulo inicial de la vibración, el plano de oscilación planar estable localizado de este modo es de esperar que sea el plano de oscilación planar principal.

Si bien dicha técnica matemática, para determinar cual de los planos de oscilación planar ya identificados es el plano de oscilación planar principal, es rigurosa y precisa, no incluye todos los parámetros que pueden afectar a la oscilación de la varilla. Por consiguiente, en otra forma de realización preferida de la presente invención, según se ha descrito anteriormente y con mayor detalle a continuación, la ubicación del plano de oscilación planar principal se localiza en una primera aproximación (es decir, por lo menos en el interior del cuadrante correcto) determinando la orientación de la dirección de la resistencia máxima al doblado de la varilla de palo de golf. Ello ofrece además la ventaja de la rápida identificación del lado "duro" del plano de oscilación planar principal, tal como se ha descrito anteriormente.

Una primera forma de realización preferida del aparato 60 para realizar la presente invención se representa en las figuras 6 a 13. Si bien el aparato 60 podría realizarse para poner en práctica la matemática rigurosa expuesta anteriormente, se ha determinado en la práctica que un proceso iterativo más simple como el que se describe a continuación permite obtener unos resultados aceptables con un coste menor. Por consiguiente, en una forma de realización preferida particularmente, el aparato 60 utiliza dicho proceso más simple.

En dicha forma de realización preferida, el aparato 60 comprende una unidad de test de la varilla 70 y una unidad de procesamiento 61. La unidad de procesamiento 61 puede ser cualquier sistema que pueda procesar los datos de entrada procedentes de los sensores 74 y 77 de la unidad de test de la varilla 70 y realizar o bien los rigurosos cálculos matemáticos descritos anteriormente o bien los cálculos iterativos más simples que se describen a continuación. Tal como se representa en la figura 6, el procesador 61 es preferentemente un ordenador de uso general tal como un ordenador personal que puede estar basado por ejemplo en una unidad procesadora central (CPU) 62 PENTIUM® de Intel Corporation de Santa Clara, California, que funciona con una versión del sistema operativo WINDOWS® de Microsoft Corporation de Redmond, Washington, y programarse con un software según se describe a continuación. Sin embargo, el procesador 61 podría consistir en unos circuitos cableados o en uno o más autómatas programables programados dedicados a las funciones necesarias para localizar el(los) plano(s) de oscilación planar de una varilla de palo de golf. En cualquier caso, el procesador 61 comprende asimismo preferentemente la memoria 63 y la memoria de masa 64, así como los interfaces para los sensores que se describen a continuación.

La unidad de test de la varilla 70 comprende preferentemente una base alargada 71, que por lo menos es tan larga como una varilla de palo de golf. En un extremo de la base 71 existe una unidad de medición 72, incluida una unidad deflectora 73 y un sensor de carga de deflexión 74. En el otro extremo de la base 71 existe una unidad de retención y rotación de la varilla 75, incluido un manguito rotativo 76 para la retención de una varilla de palo de golf. El aparato 60 comprende asimismo una unidad sensora y de masa de punta 77 que durante el test de una varilla de palo de golf se monta en el extremo distal de la varilla de palo de golf y coopera con la unidad deflectora 73.

Como puede apreciarse en la figura 8, una unidad de retención y rotación de la varilla 75 comprende preferentemente un manguito rotativo 76 que preferentemente puede ser convencional, reteniendo preferentemente una varilla de palo de golf ejerciendo radialmente una fuerza dirigida hacia el interior sustancialmente uniforme, alrededor de la circunferencia de la varilla. El manguito 76 se monta preferentemente en el extremo del eje 80, que preferentemente se soporta sobre los cojinetes 81. Los cojinetes 81 se montan preferentemente sobre unos soportes 82 de modo que el eje de rotación del eje 80, y por extensión, el del manguito 76 y el de la varilla de palo de golf que se está ensayando, se encuentra a una altura predeterminada por encima de la base 71. El extremo del eje 80 distante del manguito 76 se conecta preferentemente a través de una junta cardán 83 a un potenciómetro 84 que se utiliza como un sensor de

ES 2 341 226 T3

posición angular tal como se describe a continuación. La junta cardan 83 impide que cualquier desalineación entre el eje del eje 80 y el eje del potenciómetro 84 dañe al potenciómetro 84. Análogamente, se proporciona preferentemente una tuerca desplazable 85 en el eje 80 para que actúe como un tope rotacional para limitar la rotación del eje 80, y de este modo impedir los daños que podrían producirse como consecuencia de la rotación excesiva del potenciómetro 84. Puede proporcionarse un motor 86 opcional para hacer girar el manguito 76, si bien la rotación puede realizarse asimismo manualmente. Adicionalmente se prefiere proporcionar una mordaza 87 para minimizar las vibraciones del manguito 76 cuando gira. La mordaza 87 proporciona preferentemente un encaje con fricción con el manguito 76 que es suficientemente débil como para permitir la rotación del manguito 76. Pueden proporcionarse los tornillos 88 para ajustar la garra de la mordaza 87.

Como puede apreciarse en la figura 9, la unidad de medición 72 comprende una placa de base 90 que se monta en la base 71. Una célula de carga 91, como la del modelo LCAE-2KG de Omega Engineering, Inc. de Stamford, Connecticut, se monta en la placa de base 90, y un brazo aprisionador 92 de la punta de la varilla se monta en la célula de carga 91 en el lado de la célula de carga opuesto a la placa de base 90, para una finalidad que se describirá a continuación. La unidad de medición 72 comprende asimismo preferentemente un brazo deflector 93 montado, de forma que pueda pivotar, en la placa de base 90. Preferentemente, el brazo deflector 93 se monta de modo que por lo menos un lado 930 del mismo se encuentre sustancialmente perpendicular a la placa de base 90, y de modo que pivote alrededor de un eje 94 sustancialmente paralelo a la placa de base 90.

El brazo deflector 93 comprende preferentemente una proyección 931, que se extiende preferentemente desde el lado 930 del mismo. La proyección 931 comprende preferentemente una superficie 932 encarada alejándose del eje 94 que guarda sustancialmente la misma relación angular con el lado 930 que la que guarda el lado 100 de la unidad sensora y de masa de punta 77 con el lado 101 de la unidad sensora y de masa de punta 77, por las razones que se describen a continuación.

Tal como se representa en la figura 10, la unidad sensora y de masa de punta 77 comprende preferentemente un cuerpo 102 provisto de una masa de entre aproximadamente 190 gramos y aproximadamente 220 gramos, y preferentemente aproximadamente 200 gramos, para simular la masa de una cabeza de palo de golf en el extremo distal de una varilla de palo de golf. En otra forma de realización pueden proporcionarse unas masas de punta diferentes para simular con mayor precisión diferentes tipos de cabezas de palo que presentan unas masas diferentes. Sin embargo, dicha última forma de realización resultaría más costosa, ya que cada masa diferente precisaría de su propio juego de transductores para la recogida de los datos de desplazamiento, así como diferentes computaciones basadas en dichos datos.

La presencia del cuerpo 102 en el extremo de una varilla de palo de golf cuando la varilla se encuentra flexionada y se permite que oscile durante el test según la presente invención, tal como se describe a continuación, no sólo imita el efecto de una cabeza de palo durante un swing, sino que proporciona asimismo una “masa de reacción” que impide que las oscilaciones de la varilla se amortigüen antes de haberse recogido un número suficiente de datos. Los transductores que recogen los datos de desplazamiento son preferentemente dos acelerómetros 103, 104, tales como los del modelo 8303A de Kistler Instrument Corp. de Amherst, New York -alineados a lo largo de dos ejes diferentes. Preferentemente, los dos ejes están dispuestos ortogonales entre si, aunque ello no es necesario; mientras se conozca la relación angular entre los ejes, el movimiento registrado por los acelerómetros 103, 104 puede resolverse computacionalmente en dos componentes ortogonales. Asimismo, preferentemente, los dos ejes se encuentran paralelo y perpendicular, respectivamente, a la base 71. De nuevo, sin embargo, ello no es necesario.

La unidad sensora y de masa de punta 77 presenta preferentemente una estructura de sujeción para sujetar la punta de una varilla de palo de golf. Preferentemente, la estructura de sujeción comprende un orificio 105, con un diámetro ligeramente mayor que el de una varilla media de palo de golf, en el cuerpo 102, en el que puede introducirse la varilla, y un tornillo de inmovilización 106 para fijar el cuerpo 102 en la varilla. Alternativamente, puede proporcionarse algún tipo de mordaza de liberación rápida, en particular para emplearse en un sistema automatizado como el que se describe a continuación. Adicionalmente, el cuerpo 102 podría dividirse mediante un plano u otra superficie que pase a través del orificio 105, de modo que pueda ensamblarse alrededor de una varilla en lugar de deslizarse sobre la punta de la varilla. Ello resulta particularmente útil cuando se analiza la varilla de un palo de golf ya existente y se pretende que no se retire la cabeza de la varilla. Las dos partes (no representadas) del cuerpo 102 podrían sujetarse entre si, tras ensamblarse alrededor de la varilla, mediante unas mordazas apropiadas u otros fiadores. Por ejemplo, las dos partes podrían engoznarse en uno de los bordes de la superficie divisoria, proporcionándose uno o más fiadores en el borde opuesto.

Tal como se ha tratado anteriormente, existe preferentemente la misma relación entre las orientaciones de los lados 100, 101 de la unidad sensora y de masa de punta 77, que la que existe entre las superficies 930, 932 del brazo deflector 93. Ello es de este modo para que la unidad sensora y de masa de punta 77 se pueda alinear repetidamente del mismo modo para cada test, descansando los lados 100, 101 contra las superficies 930, 932.

Para analizar una varilla de palo de golf, la varilla 110 se monta en el manguito 76 tal como se representa en la figura 11. La punta, o extremo distal, de la varilla 110 se flexiona y se aprisiona debajo del labio 120 del brazo aprisionador 92, tal como se representa imaginariamente en la figura 11, de modo que la fuerza de recuperación que tiende a apretar la varilla 110 pueda medirse mediante la célula de carga 91. A continuación se hace girar el manguito 76 (manualmente, o mediante el motor 86 preferentemente bajo el control del procesador 61) mientras se

registra mediante el ordenador 61 la fuerza de recuperación en función del ángulo, que se determina mediante el potenciómetro 84, al que se aplica una tensión conocida. Mediante las técnicas de división de tensión conocidas, la resistencia cambiante se convierte en una tensión cambiante, que puede convertirse en un ángulo.

Se podría esperar que cuando el valor de la fuerza de recuperación hacia arriba sea máximo, el punto de máxima asimetría de la varilla, que representa el lado duro del plano de oscilación planar principal, esté encarado hacia arriba. Sin embargo, se ha constatado empíricamente que no es así, sino que el lado duro se encuentra en el interior del cuadrante que está encarado hacia arriba cuando se mide la fuerza máxima. Por consiguiente, el ángulo de la fuerza máxima se registra en dicha parte estática del test y se realiza la parte restante del test, que es dinámica.

En la parte dinámica del test, la punta o extremo distal de la varilla de golf 110 se hace oscilar con la unidad sensora y de masa de punta 77 dispuesta. Mientras que en la parte estática del test la punta está flexionada preferentemente verticalmente, en la parte dinámica del test la deflexión es preferentemente horizontal, si bien puede utilizarse cualquier dirección en cualquier parte del test. El motivo de preferir la deflexión horizontal en la parte dinámica del test es que, en primer lugar, se minimiza el efecto, sobre los resultados, de la acción de la gravedad sobre la masa de punta y, en segundo lugar, es más fácil hacer oscilar la varilla sin que impacte contra la base 71. Por consiguiente, antes de iniciarse la parte dinámica del test, se hace girar el manguito 76 preferentemente aproximadamente 90°, de modo que la orientación estimada del plano de oscilación planar principal, que había sido vertical, ahora es horizontal.

En el aparato que se ha descrito, se aplica la unidad sensora y de masa de punta 77, y se imparte un impulso horizontal, a la varilla de palo de golf 110, como se describe a continuación. Con el extremo proximal o extremo de la empuñadura 111 de la varilla de palo de golf 110 sostenido en el manguito 76, y el brazo del deflector 93 estando erecto, el orificio 105 en el cuerpo 102 de la unidad sensora y de masa de punta 77 se dispone sobre el extremo distal o extremo de la punta 112 de la varilla de palo de golf 110. A continuación se manipula la unidad sensora y de masa de punta 77 hasta que las superficies 100, 101 del cuerpo 102 asienten firmemente contra las superficies 930, 932 del brazo del deflector 93, disponiendo unos acelerómetros 103, 104 en sus orientaciones pretendidas predeterminadas. Una parte de la superficie 100 no ocupada por el acelerómetro 103 se emplea para dicha finalidad, de modo que el acelerómetro 103 no interfiere con el asiento del cuerpo 102. Si bien los acelerómetros 103, 104 se representan conectados al procesador 61 mediante los cables 62, podría proporcionarse una conexión inalámbrica (no representada).

Se proporciona un impulso preferentemente sustancialmente horizontal a la unidad sensora y de masa de punta 77 flexionando la punta 112 de la varilla de palo de golf 110 al lado 120 del brazo del deflector 93, opuesto al lado 930, como puede apreciarse en la figura 12, y a continuación, preferentemente en un movimiento brusco, pivotando el brazo del deflector 93 quedando fuera de su posición erecta, permitiendo que la fuerza de recuperación en la varilla de palo de golf flexionada 110 proporcione un impulso horizontal para que la punta 112 de la varilla de palo de golf 110 empiece a vibrar, junto con la unidad sensora y de masa de punta 77, del modo descrito anteriormente en relación con las figuras 2 a 5.

Si bien la deflexión inicial de la varilla de palo de golf 110 detrás del brazo del deflector 93, así como la pivotación del brazo del deflector 93 para permitir que la punta 112 oscile, puede realizarse manualmente, también pueden realizarse automáticamente. De este modo, un brazo 121 que soporta un dedo 122, accionado por un motor 123 a través del reductor o acoplamiento 124 apropiado que proporciona las componentes horizontal y vertical necesarias del movimiento, puede utilizarse para desplazar la punta 112 de la varilla de palo de golf 110 de su posición neutra 1200 a la posición detrás del brazo del deflector 93. Ello podría provocar tanto el movimiento horizontal como el vertical de la punta 110 mediante el dedo 122, o bien el dedo 122 podría desplazarse únicamente horizontalmente mientras que el motor 125 hace pivotar el brazo del deflector 93 fuera de su trayectoria temporalmente y a continuación restaura el brazo del deflector 93 a su posición erecta. Análogamente, la pivotación del brazo del deflector 93 para permitir que empiece la oscilación puede realizarse mediante el motor 125 en lugar de realizarse manualmente.

Como una alternativa adicional, en lugar de aplicar un impulso flexionando la varilla 110 detrás del brazo del deflector 93 y a continuación soltando el brazo 93, podría utilizarse un pistón horizontal o un ariete (no representado) para golpear la unidad sensora y de masa de punta 77 rápidamente y durante un tiempo corto.

Cada uno de los acelerómetros 103, 104 registra la aceleración en una de las dos direcciones respectivas, que preferentemente son ortogonales entre si, y preferentemente son horizontal y vertical, respectivamente. Sin embargo, se puede utilizar cualquiera de las dos direcciones, siempre que se conozcan, y las componentes horizontal y vertical pueden calcularse. Las aceleraciones pueden integrarse dos veces a lo largo del tiempo para determinar los desplazamientos horizontal y vertical, aunque de un modo general la aceleración es indicativa del desplazamiento y puede utilizarse directamente, ahorrando los recursos computacionales y el tiempo que se precisarían para realizar las integraciones. Alternativamente, el desplazamiento puede medirse directamente, por ejemplo, proporcionando, en lugar de los acelerómetros 103, 104, una fuente de luz, tal como un láser o un diodo fotoemisor (no representado), en el extremo de la unidad sensora y de masa de punta 77 que emita luz a lo largo de la dirección del eje longitudinal de la varilla de palo de golf 110. Un dispositivo detector sensible a la luz (tampoco está representado) podría disponerse sustancialmente perpendicular al rayo de luz emitido, que trazarla el desplazamiento de la punta 112 en el dispositivo detector, registrando el desplazamiento directamente. Independientemente de cómo se recogen los datos, pueden plasmarse en una gráfica en función del tiempo y utilizarse para derivar el desplazamiento y los datos de la frecuencia que se utilizan a continuación, tal como se ha descrito anteriormente, para determinar matemáticamente la orientación angular preferida en la que se encuentra el plano de oscilación planar principal. La dirección del plano de oscilación

planar principal más cercana a la orientación estimada determinada mediante la célula de carga 91 se consideraría el lado “duro” del plano de oscilación planar principal de la varilla de palo de golf 110, que preferentemente debería alinearse perpendicular a, y encarado, o en cualquier otra orientación predeterminada con respecto a, la cara de la cabeza del palo. Sin embargo, el test con la célula de carga podría eliminarse, en la medida en que la alineación de la varilla de palo de golf 110 con un plano de oscilación planar en una orientación pretendida con respecto a la cara de la cabeza del palo, tanto si el lado duro del plano de oscilación planar está encarado hacia la cara o hacia el sentido contrario, puede ser mejor que tener dicho plano de oscilación planar en una orientación aleatoria con respecto a la cara de la cabeza del palo, y asimismo en la medida que la alineación de cualquier plano de oscilación planar con respecto a la cara de la cabeza del palo, incluso aunque no sea el plano de oscilación planar principal, puede ser mejor que una orientación aleatoria. Debe recordarse, sin embargo, que si un plano de oscilación planar aleatorio, en lugar del plano de oscilación planar principal, se encuentra para cada varilla de palo de golf de un juego, en este caso incluso si el plano de oscilación planar encontrado de este modo para cada varilla está orientado similarmente con respecto a su cabeza de palo respectiva, no puede asumirse que el juego esté orientado uniformemente.

Una vez se haya determinado la ubicación del plano de oscilación planar pretendido (preferentemente el plano de oscilación planar principal), la varilla 110 se marca preferentemente para indicar la orientación del dicho plano de oscilación planar. La marcación puede realizarse aplicando un pigmento (por ejemplo pintura o tinta) a la superficie de la varilla 110. Por ejemplo, un marcador de tinta 130 que comprende una punta de marcación 131 podría montarse sobre el bastidor 132 tal como se representa en la figura 13. Tras determinarse la orientación preferida, la varilla 110 puede hacerse girar de modo que la orientación preferida se alinee con la punta de marcación 131, que a continuación aplica una marca a la varilla 110. Alternativamente, 130 podría representar un depósito de pintura, mientras que 131 representarla un pincel o un chorro de pintura proyectada. Como alternativa adicional, la marcación de la varilla 110 podría realizarse utilizando un rayo de energía dirigido o un rayo de partículas para gravar una marca en la superficie de la varilla 110. En dicha alternativa, 130 podría representar un láser de alta energía, mientras que 131 representarla el haz de electrones. Opcionalmente, o bien la varilla 110 o bien el dispositivo de marcación podrían desplazarse paralelamente al eje longitudinal de la varilla durante la marcación de modo que la marcación sobre la varilla sea una línea en lugar de un punto, para incrementar su visibilidad. Alternativamente, tal como se ha comentado anteriormente, una etiqueta marcada, tal como una pegatina o una calcomanía, en la que figuren las marcas de alineación, puede aplicarse a la varilla 110.

El procedimiento preferido 140 según la presente invención para localizar la orientación preferida (es decir, o bien cualquier plano de oscilación planar o bien el plano de oscilación planar principal), utilizando el aparato 60, se presenta en forma de un diagrama en las figuras 14 a 17. El procedimiento 140 arranca preferentemente con el test de carga 141, descrito anteriormente, que utiliza la célula de carga 91 para estimar la orientación del plano de oscilación planar principal y que por lo menos identifica cual de los dos lados del plano de oscilación planar principal es el lado “duro” del plano de oscilación planar, midiendo la fuerza de recuperación en función del ángulo de una varilla flexionada que se hace girar por lo menos 360°. El test de carga 141 podría omitirse, aunque únicamente si se está preparado para encontrar cualquier plano de oscilación planar, en lugar del plano de oscilación planar principal en particular (a menos que se utilice otra técnica para identificar el plano de oscilación planar principal). Cuando se realiza el test de carga 141, el resultado se utiliza como un punto de partida para la etapa de localización del plano de oscilación planar 143, siguiente. Alternativamente, el test de carga 141 podría realizarse sobre una base autónoma para medir la simetría de una varilla.

Una vez se ha realizado el test de carga 141, se realiza el test de “logotipo arriba” 142 opcional, para reunir los datos, para fines comparativos, relativos a la oscilación de una varilla de palo de golf en su orientación instalada de fábrica. Los palos de golf convencionales se ensamblan típicamente con el logotipo del fabricante, que se imprime sobre la varilla, encarado hacia la cara de la cabeza del palo, en la que se denomina como una configuración “logotipo arriba”. Algunos fabricantes alinean el logotipo a 180° de la cara de la cabeza del palo en una configuración “logotipo abajo”, o en otras configuraciones. Durante el test de “logotipo arriba” 142, la varilla se posiciona en su posición instalada de fábrica original, aunque al test 142 se le denomina test de “logotipo arriba” porque lo más frecuente es que la posición de fábrica tenga el logotipo encarado hacia arriba. En cualquier caso, debido a que el logotipo está impreso en una ubicación aleatoria de la circunferencia de la varilla (es decir, sin el beneficio de conocer la ubicación de cualquier plano de oscilación planar) el alineamiento de fábrica es puramente aleatorio independientemente de cual sea la posición real del logotipo.

Tal como se ha descrito anteriormente, el procedimiento de localización del plano de oscilación planar 143 se realiza a continuación. Una vez se ha realizado el procedimiento 143 se realiza una etapa de impresión de un informe 144 opcional, en la que se imprimen algunos o todos los diversos parámetros relativos a la varilla de golf cuya orientación preferida se ha encontrado. Por último, en una etapa de “guardar” 145 opcional, se guardan varios de los datos adquiridos durante las etapas 141 a 144 (por ejemplo, en la memoria de masa 64).

El test de carga 141 se representa con mayor detalle en la figura 15. En la etapa 150, una varilla de palo de golf 110, que puede haberse retirado de un palo de golf, se dispone en el manguito 76 en un ángulo inicial arbitrario. La punta 112 de la varilla de palo de golf 110 se flexiona y se aprisiona bajo el brazo de aprisionamiento 92 de la punta de la varilla de modo que la fuerza de recuperación en la varilla flexionada 110 se mide mediante la célula de carga 91. La varilla puede flexionarse e inmovilizarse manualmente, o bien la deflexión y la inmovilización pueden realizarse automáticamente. De este modo, un brazo 126 que soporta un dedo 127, accionado mediante un motor 128 a través

ES 2 341 226 T3

de un acoplamiento o reductor apropiado 129 que proporciona las componentes horizontal y vertical necesarias del movimiento, puede utilizarse para desplazar la punta 112 de la varilla de palo de golf 110 de su posición neutra 1200 a la posición 1201 bajo el brazo de retención 92 de la punta de la varilla.

Una vez que la punta 112 se encuentre debajo del brazo de retención 92 de la punta de la varilla, en la etapa 151 el manguito 76 se hace girar preferentemente aproximadamente 200° en una dirección (que puede denominarse la dirección de rotación negativa). A continuación, en la etapa 152, se hace girar el manguito 76 por lo menos 360° en la dirección opuesta (que puede denominarse la dirección de rotación positiva) mientras se adquieren los datos procedentes de la célula de carga 91 y se registran en función del ángulo. Preferentemente, en la etapa 152, se hace girar el manguito 76 aproximadamente 400° y 40° (preferentemente los primeros y últimos 20°) se descartan. Alternativamente, sin embargo, puede omitirse la rotación inversa de la etapa 151, siempre que se registren datos por lo menos de 360° , y si se registran los datos de más de 360° , cualquier cantidad de rotación mayor de 360° puede utilizarse y cualquier parte (todo al principio, todo al final, o cualquier combinación de principio y final) puede descartarse para proporcionar los datos del valor de 360° .

En la etapa 153 se examinan los datos reunidos en la etapa 152, y se determina el ángulo A correspondiente a la carga máxima medida mediante la célula de carga 91. Si se desea, la carga en función del ángulo puede presentarse en forma de una gráfica para su visualización. A continuación, en la etapa 154, el ángulo de inicio S, para utilizarse en el test de localización del plano de oscilación planar 143, se establece en $A-90^\circ$. Ello tiene en cuenta el cambio de orientación de vertical a horizontal como entre el test de carga 141 y el test de localización del plano de oscilación planar 143, tal como se ha descrito anteriormente.

Tras la conclusión del test de carga 141, puede realizarse el test de “logotipo arriba” 142, representado en detalle en la figura 16. La finalidad del test de “logotipo arriba” es proporcionar principalmente una comparación entre el “antes” y el resultado del “después” que se debe obtener tras la realización del test de localización del plano de oscilación planar 143. Por consiguiente, tal como se ha indicado anteriormente, el test de “logotipo arriba” 142 es opcional. En particular, mientras el test de “logotipo arriba” 142 puede utilizarse principalmente como una herramienta promocional en una situación de mercado de repuestos (es decir por un reconvertidor de palos de golf) para mostrar la mejora obtenida realineando la varilla de un palo de golf según la presente invención, probablemente no lo utilizaría un fabricante de palos de golf que produce palos de golf de “espina alineada”, ya que no existe la necesidad de mostrar los datos comparativos.

El test de “Logotipo arriba” 142 empieza en la etapa 160 en la que la varilla de club de golf 110, que, de nuevo, puede haberse retirado de un palo de golf, se dispone en el manguito 76. Si anteriormente habla formado parte de un palo de golf completo, la varilla 110 se dispone en el manguito 76 en la misma orientación en la que estaba orientada en el palo de golf, cuando el palo lo hubiera posicionado el jugador de golf adyacente a la bola antes del inicio del swing del jugador de golf. En la mayoría de los casos, la misma sería con el logotipo del fabricante encarado hacia arriba, aunque a veces el logotipo está encarado hacia abajo o en una dirección aleatoria. Si se está realizando el test 142 en una varilla de palo de golf que nunca ha formado parte de un palo de golf, preferentemente se ensaya con su logotipo encarado hacia arriba, o con el logotipo en cualquier otra posición, tanto si está o no encarado hacia arriba, el fabricante de la varilla recomienda el alineamiento del logotipo cuando se ensambla un palo de golf. A continuación se monta la unidad sensora y de masa de punta 77 sobre la punta 112 de la varilla 110.

A continuación, en la etapa 161, se aplica un impulso a la unidad sensora y de masa de punta 77 en una de las trayectorias descritas anteriormente y se recogen los datos de aceleración ortogonal (preferentemente horizontal y vertical) preferentemente durante aproximadamente 4 segundos. Dichos datos se integran preferentemente en la etapa 162 para obtener unos datos de desplazamiento ortogonal (preferentemente horizontal y vertical) en función del tiempo, que preferentemente se guardan en la etapa 163 para una posterior comparación con los resultados tras la alineación de la varilla 110, y los datos se presentarán asimismo preferentemente en forma de una gráfica en la etapa 163 para su visualización por el propietario del palo de golf del que forma parte la varilla 110. El desplazamiento máximo fuera de plano (es decir, preferentemente el desplazamiento vertical máximo) preferente se guarda asimismo en la etapa 163 para su visualización por el propietario. El test 142 ya se ha completado.

A continuación, el sistema procede a la realización del test de localización del plano de oscilación planar 143. Tal como se representa en la figura 17, el test 143 se inicia en la etapa 170 en la que un contador J se inicializa a cero. A continuación, en la etapa 171, el manguito 76, que aún sostiene la varilla 110, se hace girar hasta el ángulo de inicio S computado anteriormente. Si no se ha computado ningún ángulo de inicio S, el test 143 se inicia en un ángulo arbitrario.

En la etapa 172, si la unidad sensora y de masa de punta 77 no se ha sujetado anteriormente a la punta 112, y en cualquier caso se aplica un impulso a la unidad sensora y de masa de punta 77 en una de las trayectorias descritas anteriormente y se recogen los datos de aceleración ortogonal (preferentemente horizontal y vertical) preferentemente durante aproximadamente 4 segundos. Dichos datos se integran preferentemente en la etapa 173 para obtener unos datos de desplazamiento ortogonal (preferentemente horizontal y vertical) en función del tiempo. En la etapa 174, el contador J incrementa en un paso. En el test 175, el sistema realiza un test para ver si $J=1$. Si, como en dicho primer paso, $J=1$, el sistema salta directamente a la etapa 177.

ES 2 341 226 T3

En la etapa 177, el sistema establece una variable YMAX(J) igual al valor máximo de desviación fuera de plano de la etapa 173. El sistema procede a continuación a la realización del test 178 en el que se determina si $J=1$, significando que es el primer paso por el bucle. Si en el test 178 $J=1$, en la etapa 179 el ángulo S se incrementa en 10° . En la etapa 1700, para mantener S entre $+180^\circ$ y -180° , si $S > 180^\circ$, S se establece a $S-360^\circ$. A continuación, en la etapa 1701, se determinan las frecuencias de las oscilaciones horizontal y vertical; ello puede realizarse a partir de los datos de desplazamiento en función del tiempo de la etapa 173. Los datos de la frecuencia se utilizan habitualmente para medir la rigidez de las varillas de palos de golf, y dichos datos resultan útiles para la comparación. Obsérvese, sin embargo, que la frecuencia de la oscilación de la varilla depende de la longitud de la varilla que sobresale de cualquier dispositivo de sujeción que se utilice y de las características del dispositivo de sujeción (por ejemplo, la longitud y el grado de apriete). Por consiguiente, si debe realizarse alguna comparación, debe tenerse cuidado de utilizar el mismo dispositivo de sujeción y asegurarse de que la misma longitud de varilla está libre para vibrar.

Tras la etapa 1701, el sistema vuelve a la etapa 172, y se realizan de nuevo las etapas 172 a 174.

Esta vez, en el test 175 $J \neq 1$, y en la etapa 176 los datos procedentes de la etapa 173 se guardan junto con el ángulo S, y el sistema procede a realizar la etapa 177.

De nuevo en la etapa 177 la variable YMAX(J) se ajusta igual al valor máximo de desviación fuera de plano de la etapa 173. Esta vez en el test 178 $J \neq 1$, y el sistema procede a realizar el test 1702 para determinar si $J=2$. En dicho segundo paso, $J=2$ y el sistema procede a realizar el test 1703 para determinar si $YMAX(J) > YMAX(J-1)$.

Si no es así, esto significa en esta iteración que las excursiones fuera de plano son más pequeñas, significando que el ángulo S se encuentra más próximo a la orientación preferida -es decir, al plano de oscilación planar y en la etapa 1704 la variable SIGN se ajusta a $+1$, la variable Y se ajusta al valor de YMAX(J), y la variable AMP se ajusta a 1.0 , y el sistema procede a realizar la etapa 1706. Si en el test 1703 $YMAX(J) > YMAX(J-1)$, esto significa que en esta iteración las excursiones fuera de plano son más amplias, significando que el ángulo S está más alejado del plano de oscilación planar, y en la etapa 1705 la variable SIGN se ajusta a -1 , la variable S(J) se ajusta al valor de S(J-1), la variable YMAX(J) se ajusta al valor de la variable YMAX(J-1) y la variable Y se ajusta a continuación al valor de YMAX(J), y la variable AMP se ajusta de nuevo a 1.0 , y el sistema procede a realizar la etapa 1706. Obsérvese que tanto en la etapa 1704 como en la etapa 1705, AMP puede ajustarse a un valor más bajo para provocar que el resultado converja antes, aunque con una precisión menor, mientras que ajustando AMP más alto se aumenta la precisión aunque se incrementa el número de iteraciones antes de la convergencia. Es una solución de compromiso entre la velocidad y la precisión.

En la etapa 1706 el sistema calcula la variable $POP = SIGN(45 - (90/\pi) \cos^{-1}(Y/AMP))$, y en la etapa 1707 el valor de S se ajusta a $S+POP$. En la etapa 1708, para mantener S entre $+180^\circ$ y -180° , si $S > 180^\circ$, S se ajusta a $S-360^\circ$. Análogamente, en la etapa 1709, para mantener S entre $+180^\circ$ y -180° , si $S < -180^\circ$, S se ajusta a $S+360^\circ$. A continuación, el sistema vuelve a la etapa 1701 para calcular las frecuencias, y de nuevo vuelve a la etapa 172. Esta vez, en el tercer paso, en el test 178 $J \neq 1$, y en el test 1702 $J \neq 2$, y el sistema avanza hasta el test 1710 para determinar si $YMAX(J) > YMAX(J-1)$. Si es así, los valores están convergiendo, y el sistema procede a realizar el test 1711 para determinar si la excursión fuera de plano en la última iteración ($YMAX(J-1)$) es menor que la excursión máxima fuera de plano durante el test de "logotipo arriba" 142. Si es así, la orientación actual es la orientación preferida, y en la etapa 1712 la variable POP, que representa la orientación preferida, se ajusta al valor de la variable S, representando la orientación actual. En la etapa 1713, las frecuencias de la varilla se calculan de nuevo como en la etapa 1701, y el test 143 finaliza en 1714.

Si en el test 1711, la excursión fuera de plano en la última iteración ($YMAX(J-1)$) no es menor que la excursión máxima fuera de plano durante el test de "logotipo arriba" 142, en la etapa 1715, la variable POP, que representa la orientación preferida, se ajusta al ángulo de "logotipo arriba". En la etapa 1713, las frecuencias de la varilla se calculan de nuevo como en la etapa 1701, y el test 143 finaliza en 1714.

Si en el test 1710, $YMAX(J) \neq YMAX(J-1)$, los valores no han convergido, a continuación en la etapa 1716, Y se ajusta al valor de YMAX(J). El sistema recalcula a continuación el POP en la etapa 1706 y desde la misma recorre el bucle por lo menos una vez más.

Si el test de "logotipo arriba" 142 opcional no se realiza, cuando el test 1710 indica convergencia, el test 1711 no se realiza y el sistema pasa directamente desde el test 1710 a la etapa 1712.

Tras completarse el test de localización del plano de oscilación planar 143, el sistema procede a imprimir un informe en la etapa 144 en la que se imprimen preferentemente los valores de los datos siguientes (y se determinan si es necesario): la carga en función del ángulo (según se ha determinado en el test de carga 141); el Índice de simetría de carga (LSI), que constituye una medida de la variabilidad en la rigidez de la varilla ($LSI = 100(1 - ((P_{\max} - P_{\min})/P_{\max}))$), siendo $P_{\max}$ y $P_{\min}$ las cargas máxima y mínima, respectivamente, medidas en la etapa 152); curva del desplazamiento en el ángulo de "logotipo arriba"; curva del desplazamiento en el ángulo de POP; desplazamiento en función del tiempo en el ángulo de "logotipo arriba" y los ángulos POP "duro" y "blando" (los dos últimos deberían estar desfasados 180° exactamente); las frecuencias horizontal y vertical y las excursiones máximas fuera de plano en los ángulos de "logotipo arriba" y de POP; y un índice de frecuencia igual a la relación entre la frecuencia horizontal en el ángulo de POP y la frecuencia horizontal en el ángulo de "logotipo arriba", que es una medida comparativa, en la forma de una mejora de porcentaje, de la rigidez en la dirección del impacto tanto entre la configuración de "logotipo arriba" original del palo de golf como en la configuración alineada.

ES 2 341 226 T3

A continuación de la etapa 145, los datos se guardan. En un guardar todo, se guardan todos los datos. Existe asimismo preferentemente un “guardar rápido” en el que se guardan todos los datos impresos en la etapa 144 excepto para el dato de carga completa en función del ángulo y el dato del desplazamiento completo en los ángulos de “logotipo arriba” y POP. A continuación de la etapa de guardar 145, el proceso 140 finaliza en 146.

5

Una forma de realización alternativa del aparato 1870 para determinar el plano de oscilación planar principal de una varilla de palo de golf, y un procedimiento asociado, se describen a continuación con la ayuda de las figuras 18 a 22.

10

El aparato 1870 está sustancialmente completamente automatizado. Sustancialmente, las únicas etapas realizadas manualmente utilizando el aparato 1870 son el ajuste de la ubicación de la tabla de instrumentación 1872 para adaptarse a la longitud de la varilla de palo de golf 110 que se mide, el montaje de la varilla 110 en el manguito 1876, y el montaje de la unidad sensora y de masa de punta 1877 en la varilla 110.

15

La unidad de test de la varilla 1870 comprende preferentemente una base alargada 1871, que es por lo menos tan larga como la varilla de palo de golf más larga que se ha de analizar. En un extremo de la base 1871 existe una tabla de instrumentación de medición 1872, que puede trasladarse a lo largo de la base 1871 para adaptarse a las varillas de palo de golf de diferentes longitudes. Preferentemente, la tabla de instrumentación 1872 comprende una base 1890 provista de unas proyecciones hacia abajo (no representadas) que corren en la ranura 1891 en la base 1871, así como un rodillo 1892 que corre sobre la superficie de soporte 1800 del recinto 1801. Se proporciona preferentemente el tornillo 1874 para bloquear la tabla de instrumentación 1872 en una posición seleccionada.

20

La tabla de instrumentación 1872 comprende la unidad sensora de carga de deflector/deflexión 1878, utilizada para determina la rectitud. La tabla de instrumentación 1872 comprende asimismo la unidad iniciadora de la vibración 1873, utilizada para iniciar la vibración de la varilla 110 para la determinación de la rigidez y para localizar el plano de oscilación planar de la varilla 110, y la unidad amortiguadora de la vibración 1897 cuya función se explica a continuación.

25

En el otro extremo de la base 1871 existe una unidad de rotación y soporte de la varilla 1875, que comprende un manguito giratorio 1876 para soportar una varilla de palo de golf 110.

30

Como puede apreciarse en la figura 18, la unidad de rotación y soporte de la varilla 1875 comprende, preferentemente, el manguito giratorio 1876 que preferentemente puede ser convencional, soportando preferentemente una varilla de palo de golf ejerciendo Radialmente una fuerza dirigida hacia el interior sustancialmente uniforme alrededor de la circunferencia de la varilla. El manguito 1876 se monta preferentemente en el extremo del eje 1880, que preferentemente se soporta en los cojinetes 1881. Los cojinetes 1881 se montan, preferentemente sobre los soporte 1882 de modo que el eje de rotación del eje 1880, y por extensión el del manguito 1876 y de la varilla de palo de golf que se está ensayando, se encuentra a una altura predeterminada por encima de la base 1871. Montada en el extremo del eje 1880 alejado del manguito 1876 existe preferentemente una polea dentada 1883, conectada mediante una correa dentada 180 con una polea dentada similar 1884 del servomotor 1885 cuya posición angular puede controlarse con precisión mediante el procesador 61, tal como un motor rápido modelo SM2315 de Animatics Corporation, de Santa Clara, California. El motor 1885 se monta preferentemente debajo de los soportes 1882. Preferentemente, el espacio debajo de los soportes 1882 se utiliza asimismo (no representado) como una caja de empalmes para los diversos sensores y otros elementos eléctricos y electrónicos que se describen a continuación. Asimismo preferentemente, el espacio debajo de los soportes 1882 está cercado, mediante paneles acrílicos (no representados), para impedir la entrada de polvo y de suciedad y para impedir que los usuarios entren en contacto con cualquier conexión eléctrica expuesta.

35

40

45

La tabla de instrumentación 1872 se representa con mayor detalle en las figuras 19 y 20. La unidad sensora de carga de deflexión/deflector 1878 comprende una barra 190 que se extiende verticalmente montada de modo que la varilla de palo de golf pasa a estar por encima de su extremo superior, aunque espaciada con respecto al mismo. La barra 190 puede desplazarse verticalmente, y preferentemente se proporciona un accionador tal como un cilindro neumático 191 para desplazar la barra 190 hacia arriba de modo que su extremo superior engancha la varilla 110 y flexiona la varilla 110 hacia arriba un grado predeterminado. Puede utilizarse cualquier otro accionador, incluido un accionador lineal tal como un solenoide o un cilindro hidráulico, o un accionador rotativo tal como un motor. Preferentemente, el extremo superior de la barra 190 se dota de un asiento, tal como un asiento 193 en forma de V, para enganchar la varilla 110. Un sensor de carga de compresión 192 tal como el modelo 9222 de Kistler Instrument Corp., de Amherst, New York se dispone debajo del cilindro 191 para medir la fuerza de recuperación ejercida por la varilla 110 cuando la barra 190 la flexiona hacia arriba. Tal como se ha tratado anteriormente en relación con la forma de realización anterior, puesto que las mediciones del test de carga se toman verticalmente mientras las mediciones de localización del plano de oscilación planar se toman horizontalmente, los datos del test de carga se registran en los ángulos desfasados 90° con respecto a los ángulos en los que se miden.

50

55

60

La unidad iniciadora de la vibración 1873 de la tabla de instrumentación 1872 comprende preferentemente un electroimán 1894 montando preferentemente para el movimiento horizontal transversal al eje longitudinal de la varilla 110, preferentemente bajo la influencia del cilindro neumático 18 95 montado sobre el soporte 1896. Puede utilizarse cualquier otro accionador apropiado, incluido un accionador lineal tal como un solenoide o un cilindro hidráulico, o un accionador rotativo tal como un motor.

65

El aparato 1870 comprende asimismo, preferentemente, un mecanismo para la marcación de la varilla en el extremo proximal 1887 y un mecanismo para la marcación de la varilla en el extremo distal 1886 para marcar sobre la varilla de palo de golf 110 la ubicación del plano de oscilación planar principal una vez se haya determinado. El mecanismo de marcación de la varilla en el extremo distal 1886 comprende preferentemente una o más (por ejemplo, dos, tal como se representa) plumillas 1888 para trazar una o más (por ejemplo, dos) marcas en el extremo distal de la varilla 110 que pueden utilizarse para alinear la varilla 110 con una cabeza de palo de golf en la orientación pretendida, mientras que el mecanismo de marcación de la varilla en el extremo proximal 1886 comprende preferentemente una o más plumillas 1888 para trazar una o más marcas en el extremo proximal de la varilla 110. En ambos mecanismos de marcación de la varilla se utiliza preferentemente un cilindro neumático respectivo para levantar las plumillas 1888 en contacto con la varilla 110. Preferentemente, para sujetar la varilla 110 para el proceso de marcación, la barra 190 deflectora de la varilla se levanta mediante un cilindro o cualquier otro accionador 191 para flexionar la varilla 110 verticalmente y, lo que es más importante, para retenerla evitando que se mueva horizontalmente durante el proceso de marcación. Otro cilindro u otro accionador 194 acciona a continuación las plumillas 1888 del mecanismo de marcación de la varilla en el extremo distal 1886. El cilindro u otro accionador 1889 del mecanismo de marcación de la varilla en el extremo proximal 1887 se acciona asimismo de modo que la plumilla 1888 marque en la varilla 110 en el extremo proximal, preferentemente mientras la barra 190 continua flexionando y reteniendo la varilla 110. Alternativamente, tal como se ha tratado anteriormente, pueden aplicarse a la varilla 110 una o más pegatinas o calcomanías que lleven las marcas de alineación. Las marcas trazadas sobre la varilla 110 se trazan principalmente para alinear la varilla 110 con la cabeza de palo de golf, y por consiguiente, el número y la ubicación de las marcas son una cuestión de elección, basada en las necesidades del equipo utilizado para unir la cabeza con la varilla 110, o en las necesidades de una unión individualizada de la cabeza con la varilla 110 manualmente.

La unidad sensora y de masa de punta 1877 es similar a la unidad 77 expuesta anteriormente. Para iniciar el proceso, el usuario monta la unidad sensora y de masa de punta 1877, utilizando la cara del electroimán 1894 como una superficie de alineamiento tras haberse insertado la varilla de palo de golf en el manguito 1876. El cilindro u otro accionador 1895 se ajusta de modo que en su posición de reposo presente el electroimán 1894 en la posición correcta para utilizarse como una superficie de alineación para el montaje de la unidad sensora y de masa de punta en la varilla 110 con la varilla 110 en su posición neutra. Una vez que la unidad sensora y de masa de punta 1877 se ha montado y alineado, se energiza el electroimán 1894. A continuación se acciona el cilindro u otro accionador 1895 para retirar el electroimán 1894 en una dirección de alejamiento del eje longitudinal de la varilla 110 para flexionar la varilla 110 horizontalmente. En el final, o antes del final, de la carrera del electroimán 1894 en la dirección de retirada, el electroimán 1894 se desenergiza, soltando su unidad de retención 1877, provocando que la varilla 110 oscile sustancialmente horizontalmente.

Cuando la varilla 110 oscila, el movimiento de la punta de la varilla, detectado por la unidad sensora y de masa de punta 1877, es registrado por el procesador 61, y en particular se anotan el desplazamiento o la aceleración vertical máximos fuera de plano y la frecuencia vibratoria.

Preferentemente, tras haberse recogido suficientes datos, mediante el cilindro 1899 montado sobre el soporte 1900 se hace desplazar un amortiguador 1898, tal como una almohadilla de espuma, hasta que encaje con la varilla 110 para detener la oscilación de la varilla.

Tanto si se proporciona o no la unidad amortiguadora 1897, el electroimán 1894 se reengancha a continuación con la unidad 1877. Mientras el servomotor 1885 hace girar la varilla 110 hasta la siguiente posición angular, que preferentemente es de 10° con respecto a la posición actual, el encaje con la cara del electroimán 1894 mantiene a la unidad 1877 alineada durante la rotación de la varilla. El tornillo de inmovilización 106 comprende preferentemente una punta de nylon de modo que si la unidad 1877 se retiene, mediante el electroimán 1894, para que no gire, la varilla 110 puede girar, no obstante, con respecto a la unidad 1877. El electroimán 1894 está energizado o permanece energizado y se retira de nuevo para flexionar la varilla 110 que de nuevo preferentemente se suelta para vibrar desenergizando el electroimán 1894. En dicha nueva posición angular, los datos de desplazamiento, incluida la excursión máxima fuera de plano de la punta de la varilla, y los datos de la frecuencia se vuelven a registrar. Ello se repite a intervalos angulares preferentemente uniformes, preferentemente cada 10°, de modo que los datos de la excursión fuera de plano y los datos de la frecuencia estén disponibles para 36 posiciones angulares. Si bien los intervalos angulares son preferentemente uniformes, el tiempo transcurrido en cada posición angular puede ser que no sea igual. Por ejemplo, en una forma de realización preferida, pueden tomarse más datos en la posición de "logotipo arriba" y en la posición del plano de oscilación planar principal para proporcionar más detalles para la visualización gráfica (véase a continuación).

Como una alternativa a la unidad sensora y de masa de punta 1877, puede utilizarse una unidad de masa de punta 261, representada en la figura 26. La unidad de masa de punta 261 es similar, en tamaño y masa, a la unidad sensora y de masa de punta 1877, salvo en que no comprende ni los acelerómetros ni otros sensores, eliminando la necesidad de realizar una conexión cableada o inalámbrica con el procesador 61. La unidad de punta de masa 261 comprende una placa plana 262 para la interacción con el electroimán 1894. Por los motivos que se han tratado anteriormente, la placa 262 se monta preferentemente a un ángulo de 45° con respecto a las caras de la unidad de masa de punta 261.

Para la utilización junto con la unidad de masa de punta 261, el aparato 1870 se equipa preferentemente con un par de sensores de distancia mediante láser 263, 264, pudiendo ser cada uno de ellos un sensor de distancia mediante láser del tipo OADM de Baumer Electric AG, de Frauenfeld, Suiza. Tal como se representa en las figuras 27 y 28, los sensores 263, 264, se montan preferentemente de modo que cuando la unidad de masa de punta 261 se monta sobre

ES 2 341 226 T3

la varilla 110, los sensores 263, 264 se encuentran en el lado opuesto de la unidad de masa de punta con respecto al electroimán 1894. Más preferentemente, el sensor superior 263 se monta a una altura tal que su rayo impacte sustancialmente en el centro del lado 270, mientras que el sensor inferior 264 se monta a una altura tal que su rayo impacta sustancialmente en el centro del lado 271, cuando la unidad de masa de punta 261 se monta con la placa 262 sustancialmente verticalmente. Debe destacarse que el tornillo de inmovilización 106 se representa de forma imaginaria en las figuras 27 y 28 ya que mientras está dispuesto en el lado 270 se encuentra más abajo, a lo largo del eje longitudinal de la varilla 110, que el punto en el que el rayo 272 del sensor 263 intersecta con el lado 270. Por consiguiente, el tornillo de inmovilización no interfiere con el funcionamiento del sensor 263.

Cada uno de los sensores 263, 264 comprende una fuente de láser y un fotodetector y funciona midiendo el tiempo que tarda un impulso de láser para obtener una superficie de la unidad de masa de punta 261 y volver al fotodetector. Como puede apreciarse en la figura 27, si la unidad de masa de punta vibra puramente horizontalmente, la distancia d_U desde el sensor superior 263 al lado 270 será siempre sustancialmente igual a la distancia d_L desde el sensor inferior 264 al lado 271. Sin embargo, como puede apreciarse en la figura 28, si existe alguna componente vertical en la vibración de la unidad de masa de punta 261, incluso si no existe una componente horizontal de la vibración, las dos distancias d_U y d_L diferirán.

Asumiendo que:

- (1) los desplazamientos horizontal y vertical de la punta de la varilla 110 se denotan con x e y , respectivamente;
- (2) la diferencia entre d_U medida cuando la unidad de punta de masa 261 se encuentra en reposo y d_U medida durante una medición particular se denota con x_U ; y
- (3) la diferencia entre d_L medida cuando la unidad de masa de punta 261 se encuentra en reposo y d_L medida durante una medición particular se denota con x_L .

x e y pueden derivarse de d_U y d_L según las siguientes ecuaciones:

$$x = (x_L + x_U) / 2$$

$$y = (x_L - x_U) / 2$$

A partir de la forma geométrica se pone de manifiesto que la unidad de masa de punta 261 podría montarse de modo que los lados 270 y 271 no se encuentren en unos ángulos de 45° con respecto a la vertical (o con respecto al plano de vibración horizontal), sino en algunos otros oblicuos con respecto a la vertical (o a dicho plano), aunque las matemáticas para derivar x e y de x_L y x_U serían significativamente más complicadas. Se pone de manifiesto, asimismo, que no es necesario que los detectores 263, 264 se monten opuestos a los puntos medios respectivos de los lados 270, 271, siempre y cuando el rayo del detector 263 intersecte con el lado 270 y el rayo del detector 264 intersecte con el lado 271 cuando la unidad de masa de punta 261 vibra. Sin embargo, si se utilizan otras posiciones de montaje de los sensores 263, 264, debe tenerse cuidado de que las posiciones seleccionadas no sean aquellas en las que la condición mencionada anteriormente pudiera violarse por un grado de vibración comprendido dentro del rango esperado de vibración de la unidad de masa de punta 261.

Se apreciará, asimismo, que los lados 270, 271 de la unidad de masa de punta 261 no deben ser perfectamente reflectantes. Si los lados 270, 271 fueran perfectamente reflectantes, toda la energía de láser emitida por las fuentes de láser en los sensores 263, 264 se reflejaría alejada de los detectores en dichos sensores. Debe existir una reflexión especular suficiente como para que algo de la energía de láser vuelva a su fuente. Preferentemente, las superficies de los lados 270, 271 se realizan lo más parecidas que sea posible a una "superficie de papel blanco", es decir, una superficie que, al ser excitada por la energía de láser, reemite omnidireccionalmente con la misma longitud de onda que el rayo incidente. Los dos sensores 263, 264 deben estar lo suficientemente alejados entre sí como para que la energía reflejada o reemitida desde el lado 270 no alcance el detector del sensor 264, y que la energía reflejada o reemitida desde el lado 271 no alcance el detector del sensor 263. Alternativamente, los dos sensores podrían funcionar con diferentes longitudes de onda, de modo que la señal de un sensor no pueda ser leída por el otro sensor.

La utilización de los sensores 263, 264 en lugar de los acelerómetros 103, 104 proporciona unos datos de desplazamiento directamente, sin necesidad de la integración de los datos de aceleración. Sin embargo, tal como se ha indicado anteriormente, a efectos de la presente invención, las mediciones de la aceleración y las mediciones del desplazamiento arrojan los mismos resultados.

Tras completar todas las mediciones en todas las posiciones angulares, la unidad 1877 o 261 se retira manualmente de la varilla 110.

El accionamiento del servomotor 1885 y de los diferentes cilindros/accionadores se automatiza preferentemente bajo el control del procesador 61, de modo que la pluralidad de mediciones pueden realizarse rápidamente. Si las mediciones se realizan cada 10°, la serie completa de mediciones se completa preferentemente en aproximadamente dos minutos o menos, y preferentemente en aproximadamente 30 segundos. Si los cilindros neumáticos se utilizan como accionadores, los diferentes cilindros neumáticos se energizan preferentemente mediante el compresor 2000, que está dispuesto preferentemente en el interior del recinto 1801 y se conecta a los diferentes cilindros mediante las mangueras 2001. El recinto 1801 puede utilizarse para alojar otros elementos (no representados) del aparato 1870.

El resultado de las mediciones es una tabulación, para cada posición angular, de la posición de la punta (en particular el desplazamiento fuera de plano) y la frecuencia de la vibración. Para localizar el plano de oscilación planar principal, el desplazamiento fuera de plano puede trazarse en coordenadas polares en función del ángulo. Un ejemplo de dicha representación gráfica se representa en la figura 21. En cada posición angular, la distancia de la curva con respecto al origen representa el desplazamiento fuera de plano en dicho ángulo. Una varilla de palo de golf típica tendrá un trazo de una pluralidad de globos tal como se representa en la figura 21, si bien el número de globos puede variar de unas varillas a otras. Los vértices 210 entre los globos, en los que la curva trazada se aproxima al origen, son los mínimos locales del desplazamiento fuera de plano. Excepto para las varillas muy anómalas, es de esperar que el número de vértices 210 sea un número par, y que cada vértice 210 en un ángulo particular debe tener su pareja desfasada 180°. Cada uno de tales pares (indicados mediante las líneas a trazos 211) representa uno de los planos de oscilación planar de la varilla, representándose normalmente el plano de oscilación planar principal mediante dicho par de vértices que están más próximos al origen. Debe destacarse que trazando gráficamente los datos observados, el plano de oscilación planar principal puede localizarse con precisión, incluso si su posición no es una de las posiciones angulares en las que se han realizado realmente las mediciones. El procesador 61 se programa preferentemente con un software para trazar los datos y seleccionar automáticamente el plano de oscilación planar principal.

En una forma de realización preferida, dicho software adapta la curva 212 a los puntos de datos 213 utilizando una aproximación por series de Fourier. Si, para cada punto 213 tomado en un ángulo particular θ , la distancia desde el origen se indica como $r(\theta)$, los puntos 213 pueden adaptarse a la serie siguiente:

$$r(\theta) = A_0 + A_1 \cos \theta + B_1 \sin \theta + A_2 \cos(2\theta) + B_2 \sin(2\theta) + \dots + A_m \cos(m\theta) + B_m \sin(m\theta)$$

en la que la proximidad de la adaptación mejora cuando el número de términos, m , aumenta. Sin embargo, siendo N el número de puntos de datos, el número de términos se limita:

$$m < (N - 1) / 2 .$$

De este modo, en la forma de realización preferida, en la que el número de puntos es 36, el número máximo de términos es 17.

En la serie anterior, los coeficientes se definen del modo siguiente:

$$A_0 = (1/N) \sum_{\theta} r$$

(es decir, la distancia media de los puntos 221 con respecto al origen);

$$A_j = (2/N) \sum_{\theta} r \cos(j\theta) ;$$

Y

$$B_j = (2/N) \sum_{\theta} r \sin(j\theta) .$$

Se ha observado empíricamente que se precisa un mínimo de cuatro términos ($m=4$) para alcanzar una adaptación de la curva aceptable. La adaptación mejora a medida que m se incrementa.

ES 2 341 226 T3

Una vez que la curva 212 se ha adaptado a los puntos 213, se saca la primera derivada y se pone igual a cero para encontrar los máximos (puntas de los globos) y los mínimos (vértices 210). La segunda derivada se saca en cada extremo para identificar cuál es un mínimo o vértice (derivada segunda positiva) y cuál es un máximo (derivada segunda negativa). Se ha encontrado que, a efectos de adaptación de la curva, deben utilizarse 36 puntos de datos (0° a 350°) si los puntos extremos (0° y 360°) deben tener la misma pendiente y desplazamiento, aunque para las derivadas deben utilizarse 37 puntos (0° a 360°).

Las fórmulas para la primera y segunda derivadas son las siguientes:

$$r'(\theta) = \sum_{j=1}^m (-A_1 j \sin(j\theta) + B_1 j \cos(j\theta))$$

$$r''(\theta) = \sum_{j=1}^m (-A_1 j^2 \cos(j\theta) - B_1 j^2 \sin(j\theta))$$

Una subrutina de búsqueda de raíces comercial denominada ZREAL, que forma parte de International Mathematical Subroutine Library, de Visual Numerics, Inc., de Houston, Texas, se utiliza preferentemente para hallar las raíces de la primera derivada -es decir, los puntos en los que la primera derivada es igual a cero. Dicha subrutina requiere que se proporcionen unos cálculos iniciales en lo que respecta al número y localizaciones de las raíces. Si bien se conoce que normalmente existen ocho raíces (cuatro máximas y cuatro mínimas), se constató que calculando ocho raíces (que se calcularon arbitrariamente para que estuvieran espaciadas equiangularmente) no se hallaban todas las raíces. En cambio, se constató que calculando que existen veinte raíces espaciadas equiangularmente, se obtienen los resultados correctos. Sin embargo, se ha constatado que para adaptaciones de orden superior ($m \geq 10$), la curva se adaptaba tan bien que las variaciones en los datos creaban contoneos en la curva adaptada que se leían como extremos locales, arrojando unas raíces adicionales. Por consiguiente, m debería ser preferentemente menor de 10; y más preferentemente, $m=7$.

Una vez se han hallado las raíces, identificando los extremos, se halla la segunda derivada de cada raíz, y aquellos puntos en los que la segunda derivada es positiva se identifican como mínimos. Las líneas que conectan los pares de mínimos espaciados 180° son los planos de oscilación planar, y los datos de carga se utilizan preferentemente, tal como se ha tratado anteriormente, para identificar el plano de oscilación planar principal.

Tal como se ha indicado anteriormente, la frecuencia de la vibración se registra asimismo en cada posición angular. Tal como también se ha expuesto anteriormente, la rigidez de la varilla puede derivarse de la frecuencia de la vibración utilizando la relación:

$$f \approx (k/M)^{0.5},$$

en la que k , la constante del muelle de la varilla en su modo de doblado transversal, es una medida de la rigidez de la varilla. M , la masa, es la masa total del sistema oscilante, que, en este caso, es la varilla de palo de golf 110 mas la unidad sensora y de masa de punta 1877. Aproximando la varilla de palo de golf 110 como si fuera una viga prismática (es decir, una viga de sección transversal constante, que la mayoría de varillas de palo de golf de hecho no lo son) de masa $m_{\text{shaft}}(\text{varilla})$ y asignando a la masa de punta una mas $m_{\text{tip}}(\text{punta})$, la masa total, M , en la ecuación anterior puede aproximarse como $M=0,23 m_{\text{shaft}} + m_{\text{tip}}$. Por consiguiente, la frecuencia puede aproximarse como:

$$f = (k / (0.23 m_{\text{shaft}} + m_{\text{tip}}))^{0.5}.$$

Despejando k se obtiene:

$$k = (0.23 m_{\text{shaft}} + m_{\text{tip}}) f^2.$$

La determinación de k proporciona una medición de la rigidez con la que una varilla puede compararse con otra (asumiendo que está vibrando la misma longitud de varilla tal como se ha tratado anteriormente). La determinación de k permite asimismo determinar la desviación de punta a cabeza de la varilla basada en las mediciones de la fuerza de recuperación recopiladas durante el test de carga en varios ángulos. La desviación puede determinarse asimismo

Tal como se ha expuesto anteriormente, en cada ángulo:

$$F/k = d + \delta,$$

siendo F la fuerza de recuperación medida y d es el desplazamiento aplicado durante el test de carga. Si k también se conoce, se puede determinar δ , la desviación del centro de la punta de la varilla con respecto al eje longitudinal que pasa por el centro de la cabeza de la varilla.

En una forma de realización alternativa y preferida más particularmente, la desviación δ puede determinarse durante un test de carga modificado sin determinar primeramente la rigidez (medida mediante la constante del muelle k). En dicha forma de realización, el cilindro 191 levanta la varilla 110 un primer desplazamiento d_1 y se registran los datos de la fuerza de recuperación, y a continuación el cilindro 191 levanta la varilla 110 hasta un segundo desplazamiento d_2 y se registran de nuevo los datos de la fuerza de recuperación. Los dos puntos de datos de fuerza de recuperación para cada posición angular pueden capturarse desplazando arriba y abajo el cilindro 191 en cada posición angular en la que se registran datos de oscilación. Más preferentemente, los puntos de datos de fuerza de recuperación se capturan como una parte de una versión modificada del test de carga descrito anteriormente, en la que el cilindro 191 se desplaza a la posición d_1 y la varilla 110 se hace girar a lo largo por lo menos de 360° mientras se capturan los datos, y a continuación con el cilindro 191 desplazándose a la posición d_2 y la varilla 110 girando de nuevo a lo largo por lo menos de 360° mientras que se capturan los datos de nuevo. En una forma de realización preferida particularmente, se capturan datos en el desplazamiento d_1 a medida que la varilla 110 se hace girar en una primera dirección a lo largo por lo menos de 360° -por ejemplo, a lo largo de aproximadamente 400° , y se capturan los datos de nuevo en el desplazamiento d_2 a medida que la varilla 110 se hace girar en una segunda dirección, opuesta, a lo largo del mismo desplazamiento angular total. Ello proporciona dos ecuaciones con incógnitas (k y δ) de las que puede despejarse δ :

$$F_1 = k(d_1 + \delta)$$

$$F_2 = k(d_2 + \delta)$$

$$k = k, \therefore$$

$$F_1/(d_1 + \delta) = F_2/(d_2 + \delta)$$

$$F_1 d_2 + F_1 \delta = F_2 d_1 + F_2 \delta$$

$$\delta = (F_2 d_1 - F_1 d_2) / (F_1 - F_2)$$

Puesto que el test de carga se realiza con la masa de punta sujeta, el peso de la masa de punta preferentemente se resta de la fuerza de recuperación medida. Los datos del test de carga medidos en una posición particular se registran para una posición diferente desfasada 90° de la posición particular en la que se realiza la medición, para tener en cuenta el que el test de carga se realiza verticalmente mientras que la medición de la localización del plano de oscilación planar para la misma posición angular se realiza horizontalmente.

Habitualmente, cuando se traza la gráfica de δ en función del ángulo, el resultado puede representarse, como se ilustra en la figura 22, como un círculo más grande 214 centrado en el origen 215 y un círculo más pequeño 216 desplazado con respecto al origen 215. La relación entre los diámetros de los círculos más grande y más pequeño es proporcional a la relación entre los diámetros de los extremos de cabeza y de punta de la varilla 110, y en una

forma de realización preferida los diámetros de los círculos respectivos son iguales a los diámetros de los extremos respectivos. De este modo, dicha representación gráfica representa la ubicación del extremo de punta con respecto al eje longitudinal de la varilla 110, o en otras palabras hasta que punto la varilla 110 no es recto. La línea 217 representa la dirección del doblado. Es de esperar que los datos de la fuerza de recuperación del test de carga proporcionen dicho resultado. Si una varilla de palo de golf se dobla en una dirección particular, aplicando una fuerza durante un test de carga en la dirección del doblado, resultará una fuerza de recuperación menor que si la fuerza aplicada se aplica en la dirección contraria a la del doblado. De este modo, para cada ángulo, si la fuerza de recuperación es relativamente pequeña, para el ángulo desfasado 180° la fuerza de recuperación será relativamente grande, y viceversa.

El proceso y el aparato según la presente invención pueden utilizarse como una parte de un proceso o aparato más amplios para ensamblar los palos de golf, para producir unos palos de golf de “espina alineada”. De este modo, cada varilla de palo de golf 110, que se ha marcado con una marca de referencia en una ubicación predeterminada con respecto a la ubicación de la orientación preferida, o plano de oscilación planar (marcado o no para indicar el lado “duro”), puede pasarse a una estación de ensamblaje de palos de golf en la que la marcación en la varilla se identifica y se utiliza para ensamblar un palo de golf con el plano de oscilación planar preferentemente sustancialmente perpendicular a la cara del palo de golf. Dependiendo de las velocidades relativas del aparato de localización del plano de oscilación planar 60 o 1870 en comparación con la estación de ensamblaje de los palos de golf, pueden proporcionarse una mayor o menor cantidad de estaciones de localización del plano de oscilación planar o de estaciones de ensamblaje, según sea más apropiado. De este modo, varias estaciones de localización del plano de oscilación planar 60, 1870 pueden utilizarse para alimentar a una única estación de ensamblaje de palos de golf. Puede proporcionarse una tolva en la estación de ensamblaje de palos de golf para que actúe como un depósito intermedio compensador para el caso de que la estación de ensamblaje reduzca su velocidad o se detenga, o si no está preparada para aceptar una nueva varilla de palo de golf 110 en el momento en el que llega la varilla.

La estación de ensamblaje de palos de golf está equipada preferentemente con un escáner para identificar la marca realizada en la varilla de palo de golf 110 que indica la ubicación del plano de oscilación planar. Una vez que se ha identificado la marca, la varilla 110 se hace girar de modo que la marca se encuentre en una orientación predeterminada para el tipo de cabeza del palo de golf que se debe unir con la varilla 110, y que la cabeza del palo de golf se retenga en una orientación predeterminada cuando la varilla 110 se ensambla a la cabeza del palo de golf.

Alternativamente, a cada cabeza de palo de golf se le podría proporcionar una marca de alineación con la que se debería hacer coincidir la marca de la cabeza de palo de golf. Un escáner escanea las marcas de alineación tanto en la varilla 110 como en la cabeza del palo de golf y hace girar la varilla 110 hasta que las dos marcas estén alineadas. Ello elimina la necesidad de que el mecanismo de retención de la cabeza del palo de golf “conozca” una orientación específica en la que tenga que retener cada tipo de cabeza de palo de golf para la alineación con la varilla marcada. En lugar de esto, cada cabeza de palo de golf puede retenerse en la misma orientación, y cuando la varilla 110 se hace desplazar acercándola para el ensamblaje, la misma se hace girar hasta que la marca en la varilla 110 y la marca en la cabeza del palo de golf se encuentren en la alineación pretendida antes de que la varilla 110 se una con la cabeza del palo de golf.

El aparato 220 para el ensamblaje de los palos de golf según la presente invención se representa en las figuras 23 y 24. El aparato 220 comprende por lo menos un aparato 60 o 1870 (se representa un aparato 60), un dispositivo transportador 221 para retirar las varillas completadas 110 del aparato 60, 1870 y depositarlas en una tolva 222, un mecanismo alimentador 223 para la alimentación de cada varilla 110 desde la tolva 222 a la estación de ensamblaje 224, y la estación de ensamblaje 224 propiamente dicha.

Una estación de ensamblaje 224, un alimentador que comprende unos brazos 225 conectado a un motor (no representado) entrega las varillas 110 al manguito 230, similar a los manguitos 76, 1876, que sostiene a la varilla 110 desde su extremo proximal de modo que pueda girar. La mordaza 231 sostiene una cabeza de palo de golf 232, que puede llevar o no una marca de alineación 233; si no existe ninguna marca de alineación 233, la mordaza 231 sostiene la cabeza de palo de golf 232 en una posición conocida, que puede diferir para los diferentes tipos de cabezas de palo de golf. Un escáner 234 escanea la varilla 110 para detectar la marca 235 cuando el manguito 230 gira. Cuando el escáner 234 identifica la marca 235, el procesador 61 instruye al manguito 230 que alinee la marca 235 con la marca de alineación 233 localizada mediante el escáner 236, o con una orientación predeterminada para la cabeza del palo de golf 232. A continuación, el manguito 230 y la mordaza 231 se desplazan juntos desplazando uno de ellos o ambos, y la varilla 110 se une a la cabeza del palo de golf 232 de un modo convencional, utilizando los adhesivos, conteras, etc. que puedan precisarse.

La figura 25 es una muestra de un listado impreso que puede suministrarse a un cliente en el caso de una reconversión de un palo de golf, que proporciona diversas características de la varilla y que compara la configuración original del palo con su nueva configuración. Dicho listado impreso proporciona una información para el cliente relativa a las características del palo de golf y, asimismo, proporciona un banco de datos de información para el reconvertidor relativa a cada palo que se ha reconvertido.

Si bien los datos se disponen en una disposición particular en la figura 25, son posibles otras disposiciones que estarían dentro del alcance de la presente invención. Los datos del cliente y de identificación de la varilla se consignan preferentemente en el campo 250. En los datos de identificación se incluye preferentemente un código de barras u otra marca legible mediante una máquina (no representada), que puede disponerse en la casilla 258 del campo 250 y que

puede utilizarse para recabar los datos para la varilla particular de un almacenamiento de datos. Un código de barras de concordancia u otra marca podría aplicarse a la varilla propiamente dicha. En particular, si se utiliza una etiqueta para aplicar unas marcas de alineación a la varilla tal como se ha descrito anteriormente, dicha etiqueta podría contener asimismo la marca.

El listado impreso comprende preferentemente un gráfico 251 que muestra los resultados del test de carga que se ha tratado anteriormente. En particular, se reporta el índice de simetría de carga (LSI) que se ha tratado anteriormente, y la carga normalizada durante el test de carga se correlaciona con la rigidez en pies-libras por pulgada. Los resultados de las mediciones de localización del plano de oscilación planar o "alineación de espina" se representan en 252. En particular, se presentan dos diagramas de fases 253, 252 para mostrar, respectivamente, las características de la vibración de la varilla en la posición de "logotipo arriba" y en el plano de oscilación planar principal que se ha localizado. Se proporciona asimismo una representación gráfica 255, similar a la figura 21, salvo que mientras las líneas 259, 260 que representan todos los planos de oscilación planar preferentemente se visualizan, la línea 259 que representa el plano de oscilación principal preferentemente es más gruesa o se diferencia de algún otro modo de cualquier otra línea 260. Análogamente, una representación gráfica 256, como la de la figura 22, se proporciona, asimismo, para mostrar la rectitud de la varilla, y se proporciona asimismo la representación gráfica 257 que muestra la frecuencia de vibración (una medida de la rigidez) en función de la posición angular. En la representación gráfica 257, los puntos de datos circulares representan una varilla "perfecta" en la que la rigidez, y por lo tanto la frecuencia, es la misma en todos los ángulos, mientras que los puntos de datos cuadrados muestran los datos de frecuencia para la varilla que se está midiendo.

Aunque la presente invención se ha descrito hasta este punto en términos de varillas de palos de golf, puede utilizarse para determinar la simetría/asimetría, redondez, rectitud y/o rigidez de cualquier elemento alargado que comprende, sin limitarse a, los bates de béisbol, los tacos de billar, las flechas, las cañas de pescar, o cualquier otro elemento estructural.

De este modo, se puede apreciar que se proporciona un procedimiento y un aparato para determinar de una forma rápida y fiable la orientación angular preferida de una varilla de palo de golf u otro elemento alargado, y para utilizar la determinación de la orientación angular preferida para ensamblar automáticamente los palos de golf con cada varilla de palo de golf respectiva alineada sistemáticamente con respecto a la cara del palo respectiva. Un experto en la materia apreciará que la presente invención pueden ponerla en práctica otras formas de realización distintas a las descritas, que se presentan a efectos ilustrativos y no limitativos, y la presente invención resulta limitada únicamente por las reivindicaciones siguientes.

Referencias citadas en la descripción

La presente lista de referencias citadas por el Solicitante se proporciona únicamente para facilitar la tarea al lector. No forma parte del documento de patente europeo. Si bien la recopilación de las referencias se ha realizado con el máximo esmero, no puede descartarse que no contenga errores u omisiones y la Oficina Europea de Patentes declina toda responsabilidad al respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- US 4958834 A
- US 5040279 A
- US 09494525 B

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la determinación de una orientación angular preferida de un elemento estructural alrededor de un eje longitudinal del mismo, que comprende:
- la inmovilización un primer de un extremo proximal y un extremo distal de dicho elemento estructural;
- 10 la iniciación del movimiento vibratorio de un segundo de dichos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural en cada uno de una pluralidad de planos de vibración, cada uno de ellos dispuesto en una posición angular respectiva alrededor de dicho eje longitudinal;
- para cada uno de dichos planos de vibración, medición del desplazamiento máximo fuera de plano de dicho segundo de dichos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural;
- 15 análisis de dichos desplazamientos medidos; y
- cálculo de dicha orientación angular preferida a partir de dichos desplazamientos medidos analizados.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1 en el que:
- dicho primero de dichos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural es dicho extremo proximal;
- 25 y
- dicho segundo de dichos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural es dicho extremo distal.
- 30 3. Procedimiento según la reivindicación 1 que comprende adicionalmente el montaje de una masa de reacción en dicho extremo distal antes de dicha iniciación.
- 35 4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 3 en el que dicha iniciación comprende la aplicación de un impulso a dicho elemento estructural en una dirección distinta a la paralela a dicho eje longitudinal.
5. Procedimiento según la reivindicación 4 en el que dicha aplicación de un impulso comprende: el desplazamiento de dicho extremo distal de dicho elemento estructural en una dirección distinta a la paralela a dicho eje longitudinal; y la liberación de dicho extremo distal desplazado.
- 40 6. Procedimiento según la reivindicación 3 en el que:
- dicho desplazamiento comprende la atracción de dicha masa de reacción con un electroimán;
- 45 y
- dicha liberación comprende la desactivación de dicho electroimán.
- 50 7. Procedimiento según la reivindicación 1 en el que dicha medición comprende:
- la dotación a dicha varilla por lo menos de dos superficies reflectantes de la energía en unos ángulos oblicuos con respecto a dicho plano de vibración;
- 55 el direccionamiento de un rayo de energía respectivo en cada una de dichas superficies reflectantes; la detección de un rayo reflejado respectivo reflejado desde cada una de dichas superficies;
- el cálculo, a partir de dichos rayos detectados, de las distancias de dichas superficies desde una o más ubicaciones fijas durante dicho movimiento vibratorio;
- 60 y la derivación de dicho desplazamiento fuera de plano a partir de dichas distancias calculadas.
- 65 8. Procedimiento según la reivindicación 1 en el que: dicho análisis comprende la representación gráfica de dichos desplazamientos fuera de plano en función del ángulo alrededor de dicho eje longitudinal;
- y dicho cálculo comprende la determinación de un par de desplazamientos mínimos opuestos;

en el que:

una línea que conecta dichos desplazamientos mínimos opuestos define dicha orientación angular preferida.

9. Procedimiento según la reivindicación 7 en el que dicho rayo de energía respectivo es un rayo de radiación electromagnética.

10. Procedimiento según la reivindicación 9 en el que dicho rayo es un rayo de luz.

11. Procedimiento según la reivindicación 10 en el que dicho rayo es un rayo láser.

12. Procedimiento según la reivindicación 7 en el que:

dicho primer de dichos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural es dicho extremo proximal; y dicho segundo de dichos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural es dicho extremo distal;

dicho procedimiento comprende adicionalmente: el montaje de una masa de reacción en dicho extremo distal antes de dicha iniciación;

en el que:

dichas superficies reflectantes se encuentran en dicha masa de reacción.

13. Aparato para determinar una orientación angular preferida de un elemento estructural (110) alrededor de un eje longitudinal del mismo, que comprende:

unos medios (75, 76, 87) para la inmovilización de un primer de unos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural;

unos medios (121, 122, 123, 124) para la iniciación del movimiento vibratorio de un segundo de dichos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural en cada uno de una pluralidad de planos de vibración, cada uno de ellos dispuestos en una posición angular respectiva alrededor de dicho eje longitudinal;

unos medios (77, 103, 104) para la medición, para cada uno de dichos planos de vibración, del desplazamiento máximo fuera de plano de dicho segundo de dichos extremos proximal y extremo distal de dicho elemento estructural;

unos medios (61, 62) para el análisis de dichos desplazamientos medidos; y

unos medios (61, 62) para el cálculo de dicha orientación angular preferida a partir de dichos desplazamientos medidos analizados.

14. Aparato según la reivindicación 13 en el que:

dicho primer de dichos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural (110) es dicho extremo proximal; y dicho segundo de dichos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural es dicho extremo distal.

15. Aparato según la reivindicación 14 que comprende además unos medios de reacción (102) para montaje sobre dicho extremo distal.

16. Aparato según la reivindicación 13 o la reivindicación 15, en el que dichos medios para la iniciación comprenden unos medios (121, 122, 123, 124) para la aplicación de un impulso a dicho elemento estructural en una dirección distinta a la paralela a dicho eje longitudinal.

17. Aparato según la reivindicación 16, en el que dichos medios para la aplicación del impulso comprenden:

unos medios (121, 122, 123, 124) para el desplazamiento de dicho extremo distal de dicho elemento estructural en una dirección distinta a la paralela a dicho eje longitudinal; y

unos medios para la liberación de dicho extremo distal desplazado.

18. Aparato según la reivindicación 17 en el que:

dichos medios para el desplazamiento comprenden un electroimán para la atracción de dicha masa de reacción;
y dichos medios para la liberación comprenden unos medios para la desactivación de dicho electroimán.

19. Aparato según la reivindicación 13 en el que dichos medios para la medición comprenden:

por lo menos dos superficies reflectantes de la energía en dicha varilla en unos ángulos oblicuos con respecto a dicho plano de vibración;

unos medios para el direccionamiento de un rayo de energía respectivo en cada una de dichas superficies reflectantes;

unos medios para la detección de un rayo reflejado respectivo reflejado desde cada una de dichas superficies;

unos medios para el cálculo de dichas distancias desde una o más ubicaciones fijas, a partir de dichas distancias de los rayos detectadas, durante dicho movimiento vibratorio; y

unos medios para la derivación de dicho desplazamiento fuera de plano a partir de dichas distancias calculadas.

20. Aparato según la reivindicación 13 en el que:

dichos medios (61, 62) para el análisis comprenden unos medios para la representación gráfica de dichos desplazamientos fuera de plano en función del ángulo alrededor de dicho eje longitudinal; y

dichos medios (61, 62) para el cálculo comprenden unos medios para la determinación de un par de desplazamientos mínimos opuestos;

en los que:

una línea que conecta dichos desplazamientos mínimos opuestos define dicha orientación angular preferida.

21. Aparato según la reivindicación 19 en el que:

dicho primer de dichos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural (110) es dicho extremo proximal; y dicho segundo de dichos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural (110) es dicho extremo distal;

que comprende adicionalmente:

una masa de reacción (102) para su montaje en dicho extremo distal; en el que:

dichas superficies reflectantes se encuentran en dicha masa de reacción.

22. Aparato para la determinación de una orientación angular preferida de un elemento estructural (110) alrededor de un eje longitudinal del mismo, que comprende:

una mordaza (75, 76, 87) para la inmovilización de un primer de unos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural;

un generador de vibraciones (121, 122, 123, 124) para la iniciación del movimiento vibratorio de un segundo de dichos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural en cada uno de la pluralidad de planos vibratorios, estando dispuesto cada uno de ellos en una posición angular respectiva alrededor de dicho eje longitudinal;

por lo menos un sensor (77, 103, 104) para cada uno de dichos planos de vibración, que mide el desplazamiento máximo fuera de plano de dicho segundo de dichos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural;

un analizador (61, 62) para el análisis de dichos desplazamientos medidos; y

un procesador (61, 62) para el cálculo de dicha orientación angular preferida, a partir de dichos desplazamientos medidos analizados.

ES 2 341 226 T3

23. Aparato según la reivindicación 22 en el que:

dicho primer de dichos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural (110) es dicho extremo proximal; y dicho segundo de dichos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural es dicho extremo distal.

24. Aparato según la reivindicación 22 que comprende adicionalmente una masa de reacción (102) para su montaje en dicho extremo distal.

25. Aparato según la reivindicación 22 o la reivindicación 24 en el que dicho generador de vibraciones (121, 122, 123, 124) aplica un impulso a dicho elemento estructural en una dirección distinta a la paralela a dicho eje longitudinal.

26. Aparato según la reivindicación 25 en el que dicho generador de vibraciones comprende un accionador (121, 122, 123, 124) para:

el desplazamiento de dicho extremo distal de dicho elemento estructural en una dirección distinta a la paralela a dicho eje longitudinal; y la liberación de dicho extremo distal desplazado.

27. Aparato según la reivindicación 26 en el que dicho accionador:

atrae dicha masa de reacción con un electroimán;

y libera dicha masa de reacción desactivando dicho electroimán.

28. Aparato según la reivindicación 22 en el que dicha medición del sensor comprende:

por lo menos dos superficies reflectantes de la energía montadas en dicha varilla en unos ángulos oblicuos con respecto a dicho plano de vibración;

un generador de rayos respectivo para el direccionamiento de un rayo de energía respectivo en cada una de dichas superficies reflectantes;

un detector respectivo para detectar un rayo reflejado respectivo reflejado desde cada una de dichas superficies;

y un procesador para el cálculo de dichas distancias de los rayos detectadas, de dichas superficies desde una o más ubicaciones fijas durante dicho movimiento vibratorio; y para la derivación de dicho desplazamiento fuera de plano a partir de dichas distancias calculadas.

29. Aparato según la reivindicación 22 en el que:

dicho analizador (61, 62) representa gráficamente dichos desplazamientos fuera de plano en función del ángulo alrededor de dicho eje longitudinal;

y dicho procesador (61, 62) determina un par de desplazamientos mínimos opuestos; en el que:

una línea que conecta dichos desplazamientos mínimos opuestos define dicha orientación angular preferida.

30. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 19 ó 22 en el que dicho rayo de energía respectivo es un rayo de radiación electromagnética.

31. Aparato según la reivindicación 30 en el que dicho rayo es un rayo de luz.

32. Aparato de la reivindicación 31 en el que dicho rayo es un rayo láser.

33. Aparato según la reivindicación 28 en el que:

dicho primer de dichos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural (110) es dicho extremo proximal;

y dicho segundo de dichos extremo proximal y extremo distal de dicho elemento estructural (110) es dicho extremo distal;

ES 2 341 226 T3

que comprende adicionalmente:

una masa de reacción (102) montada en dicho extremo distal; en el que:

5 dichas superficies reflectantes se encuentran sobre dicha masa de reacción.

10 34. Masa de reacción para utilizarse con el aparato para determinar una característica de un elemento estructural, presentando dicho elemento estructural un extremo proximal y un extremo distal y un eje longitudinal; comprendiendo dicho aparato unos medios (75, 76, 87) para la inmovilización de dicho extremo proximal y para la iniciación de la vibración de dicho extremo distal utilizando un imán, y para medir dicha vibración utilizando por lo menos dos rayos de energía;

15 estando prevista dicha masa de reacción (102) para su montaje en dicho extremo distal y comprende: un cuerpo que presenta un orificio pasante en el que se inserta dicho extremo distal; por lo menos dos superficies (100, 101) en unos ángulos respectivos oblicuos con respecto a dicho eje longitudinal para reflejar dichos por lo menos dos rayos de energía; y una superficie adicional alineada para que encaje dicho imán.

20 35. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que el elemento estructural (110) es un palo de golf, un bate de béisbol, un taco de billar, una flecha o una caña de pescar.

25 36. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 34, en el que el elemento estructural (110) es un palo de golf, un bate de béisbol, un taco de billar, una flecha o una caña de pescar.

30 37. Un elemento estructural cuya orientación angular preferida se ha determinado mediante el aparato según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 33.

30

35

40

45

50

55

60

65

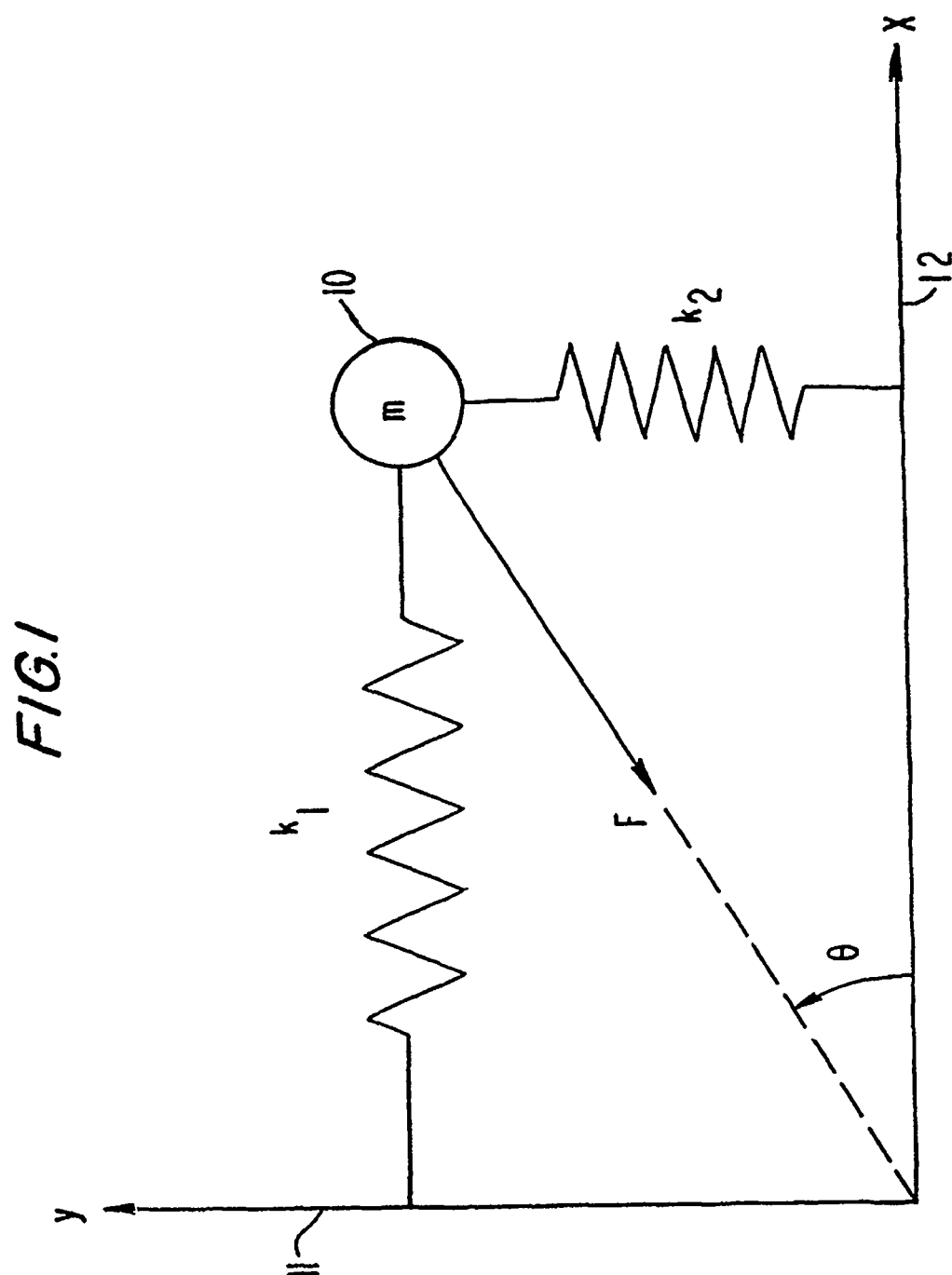
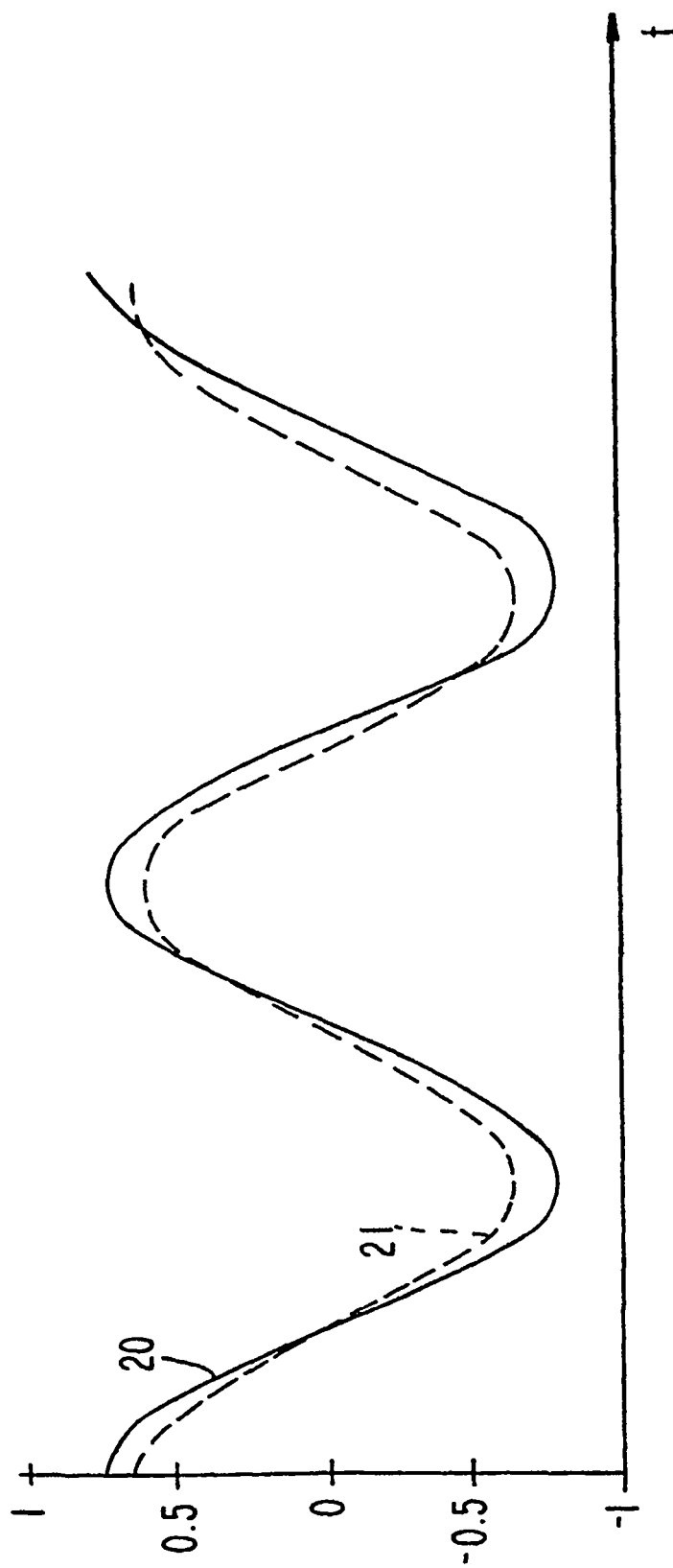


FIG.2



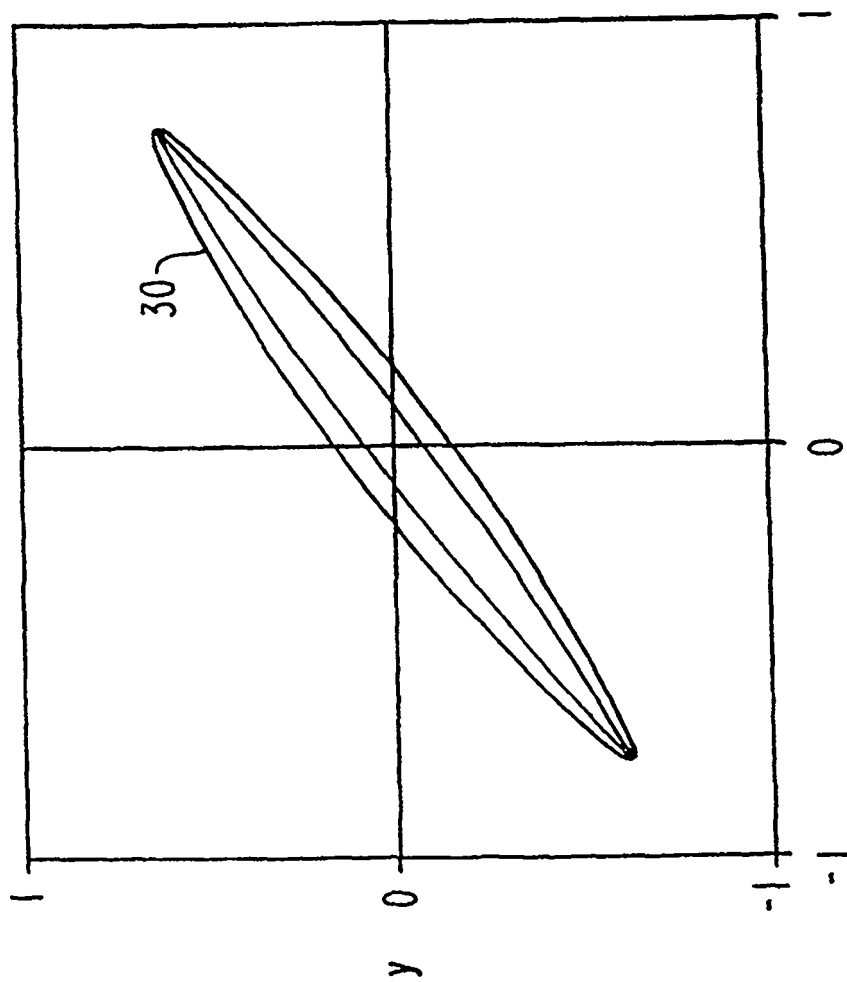


FIG. 3

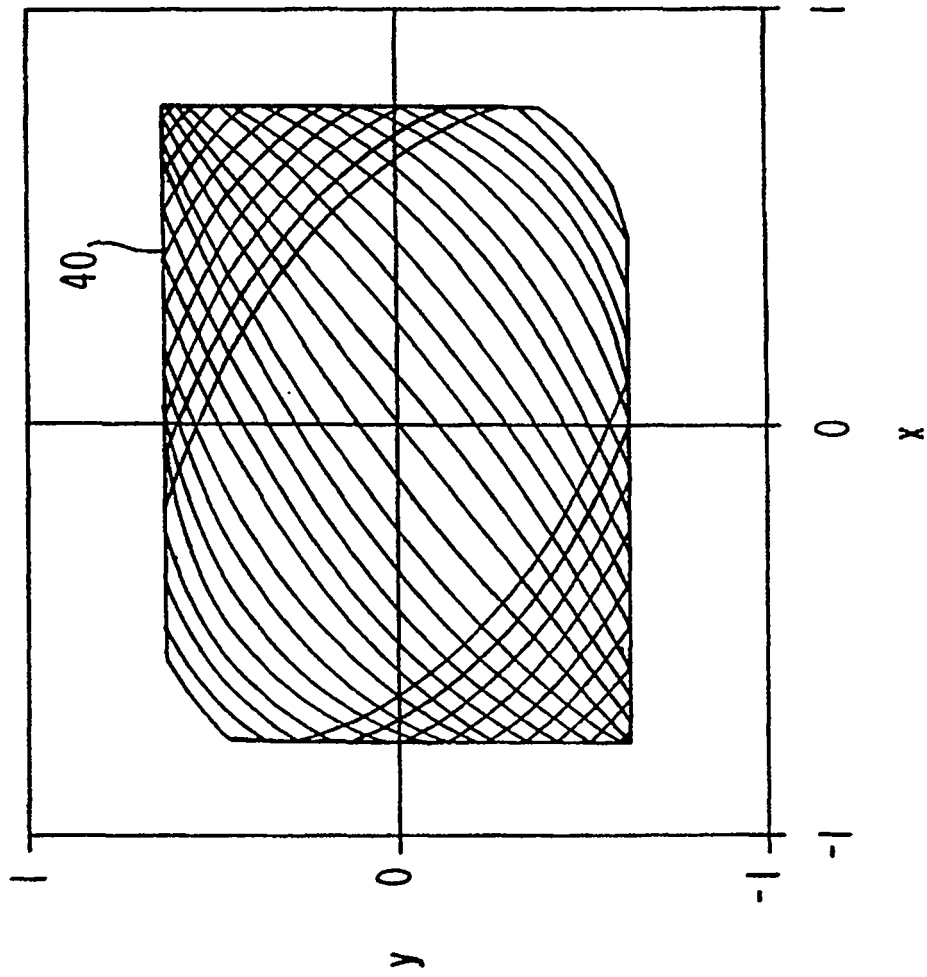
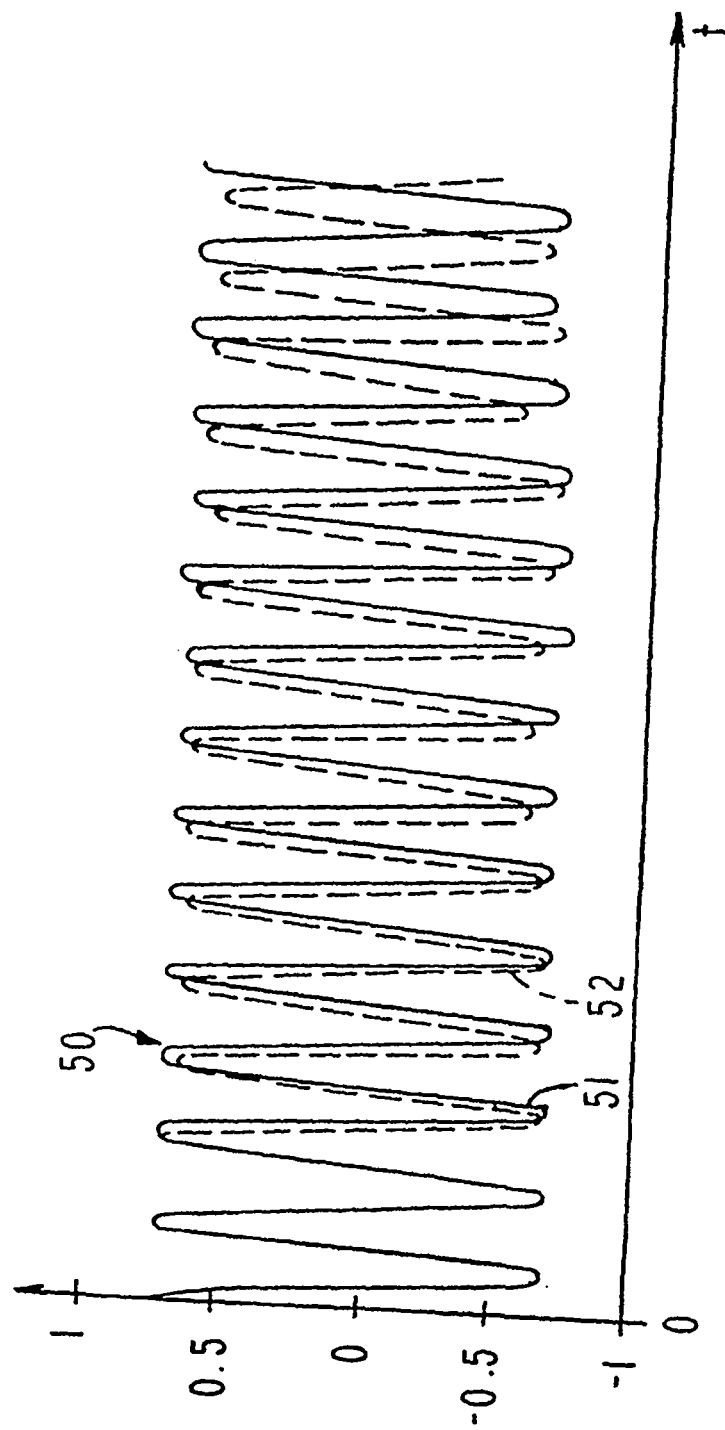


FIG.4

FIG. 5



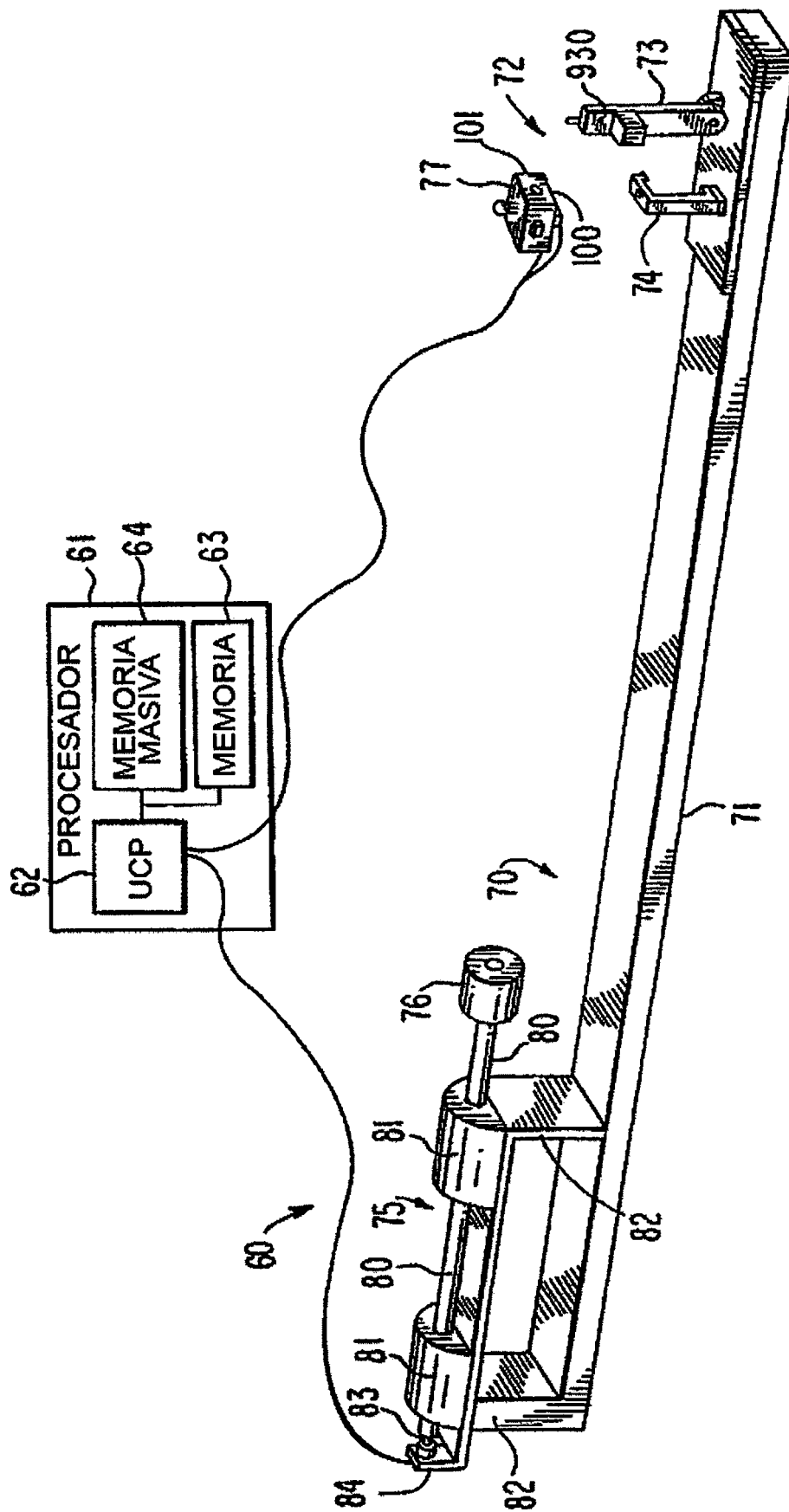
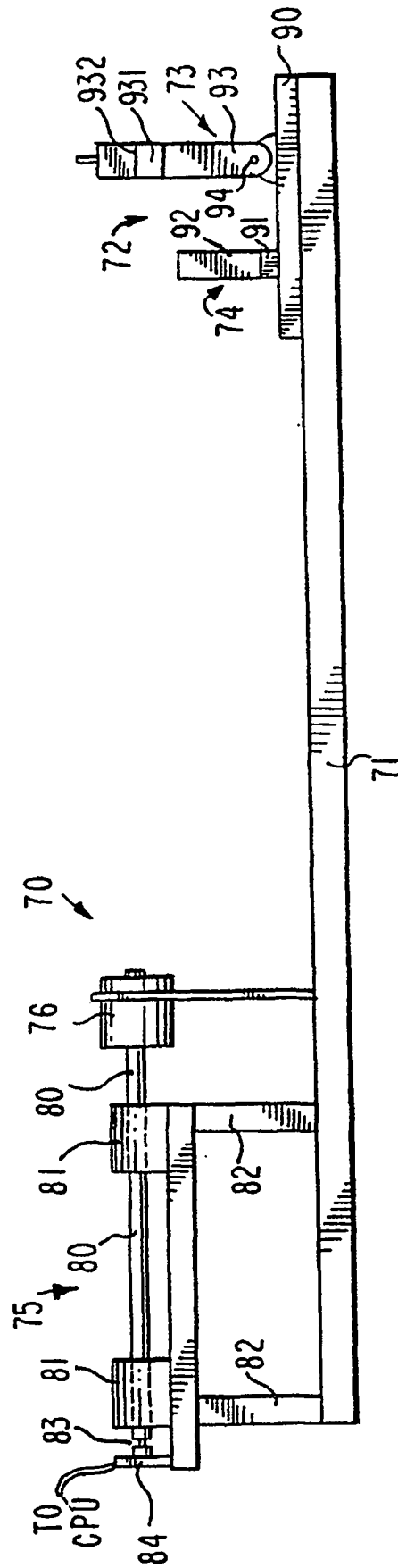


FIG. 6

FIG.7



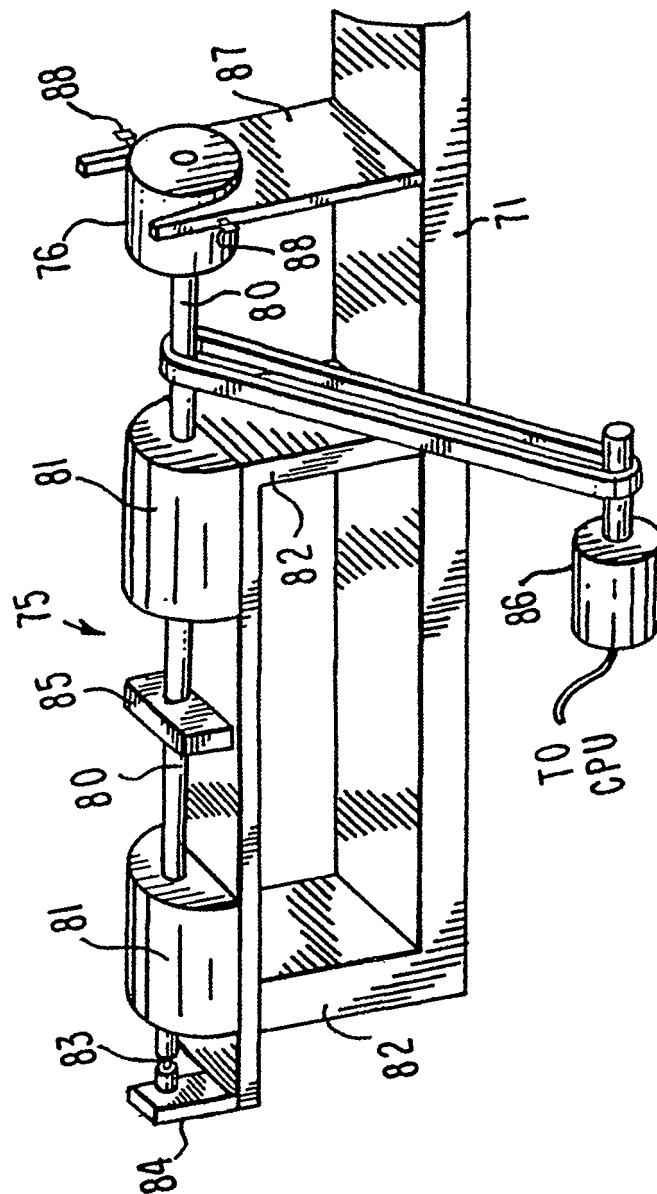
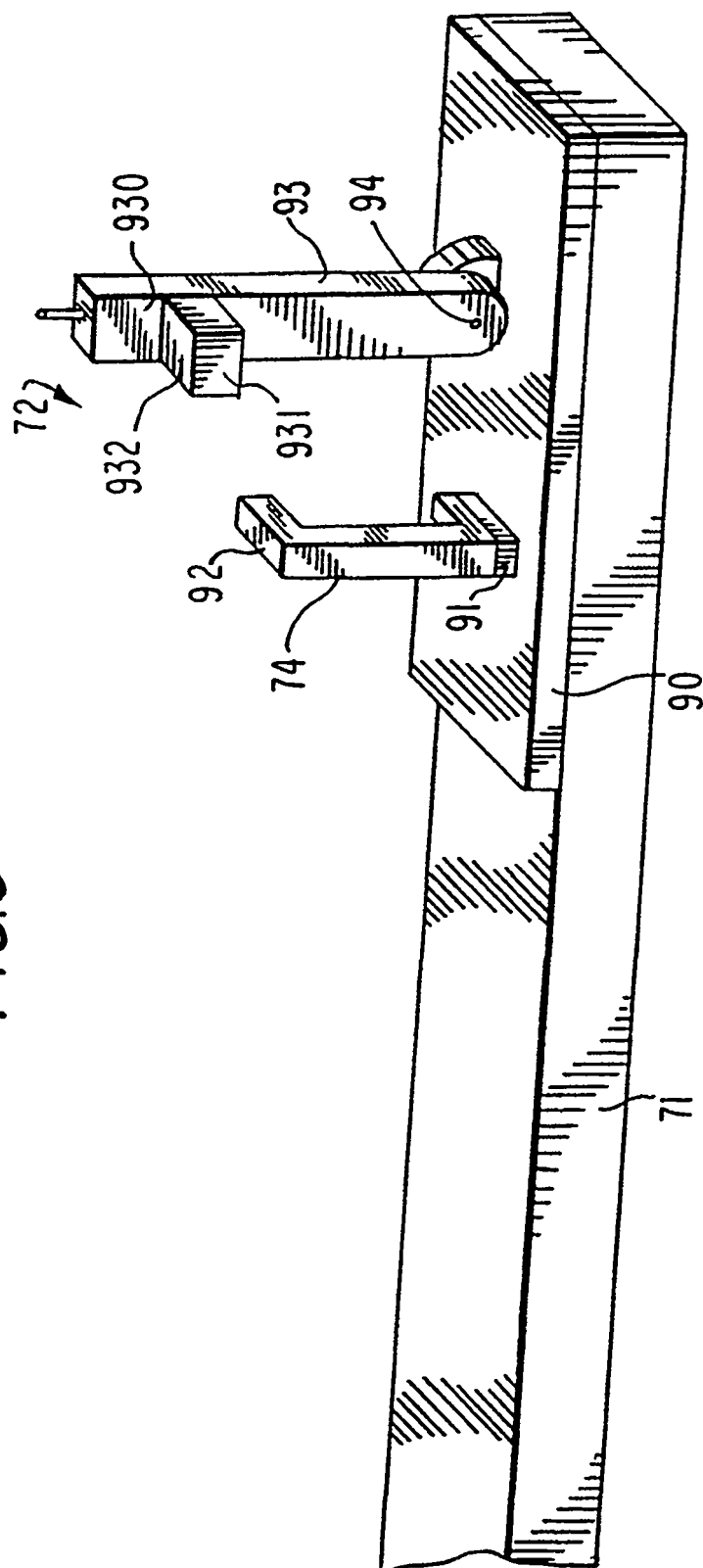


FIG. 9



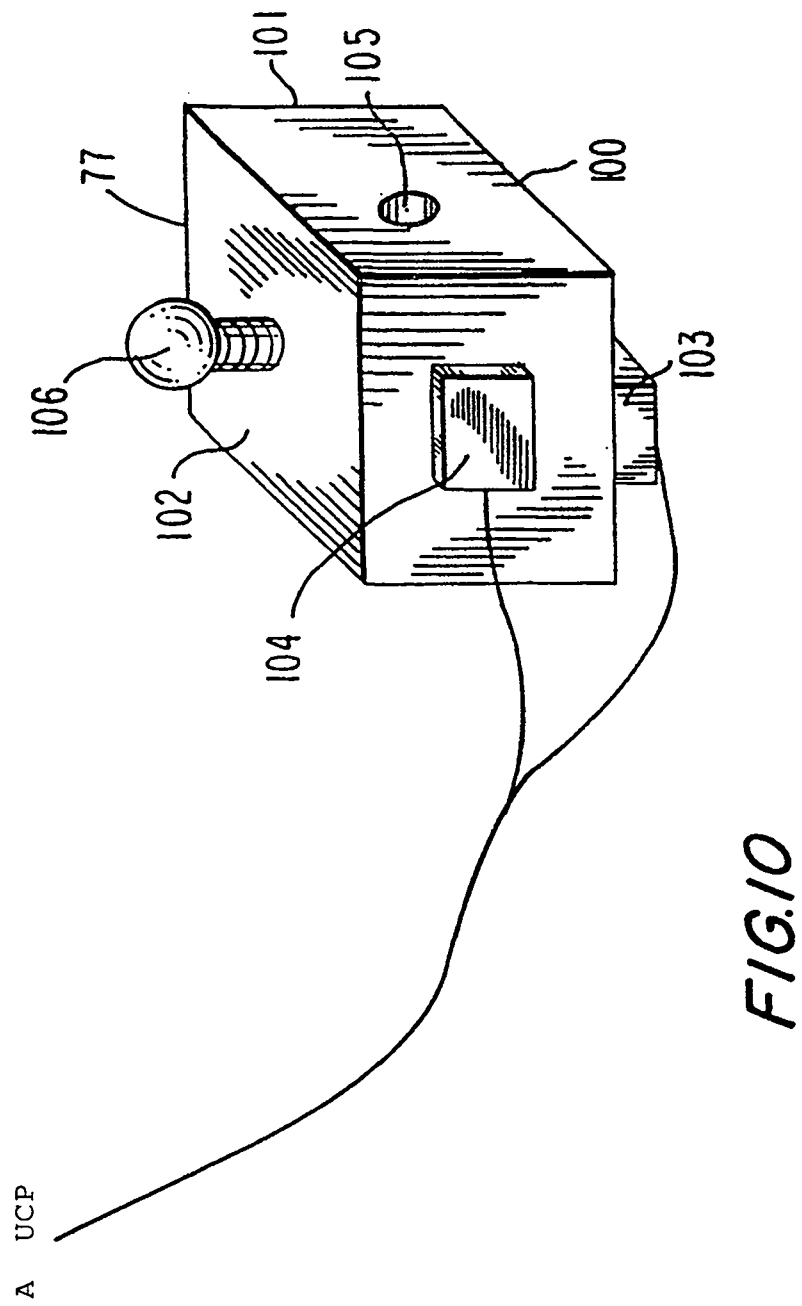


FIG. 11

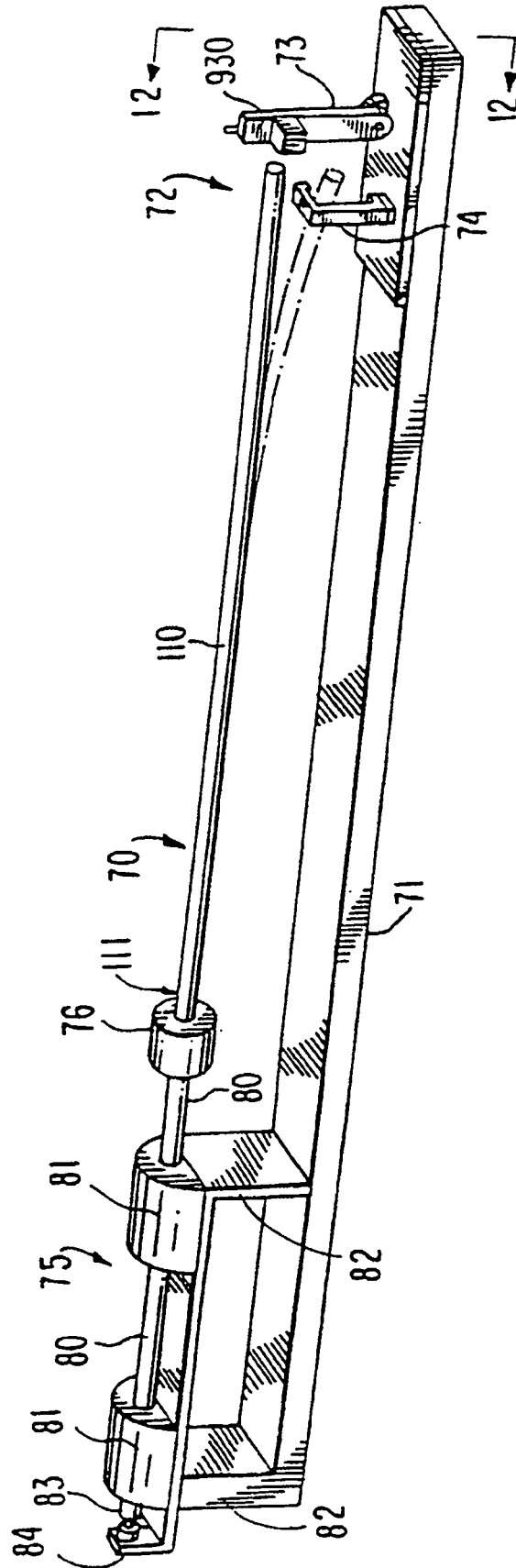
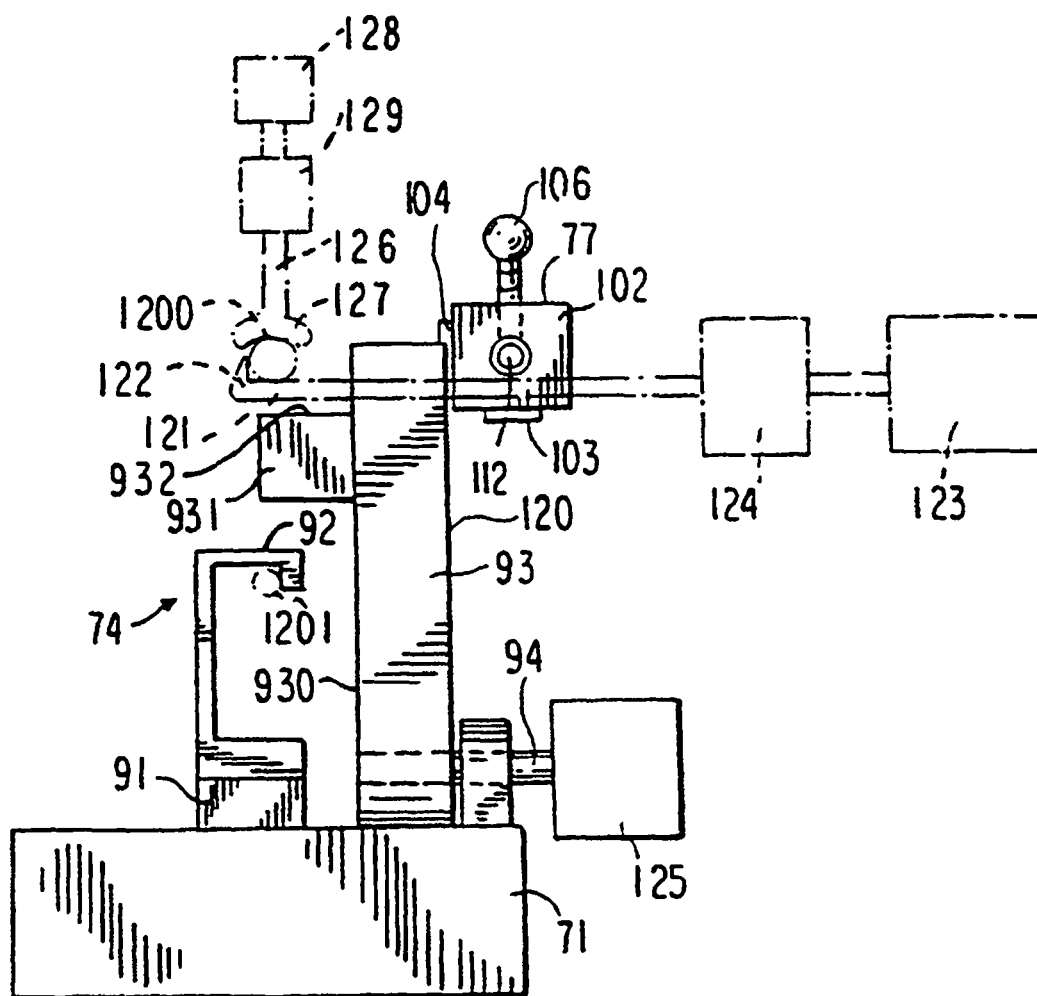


FIG. 12



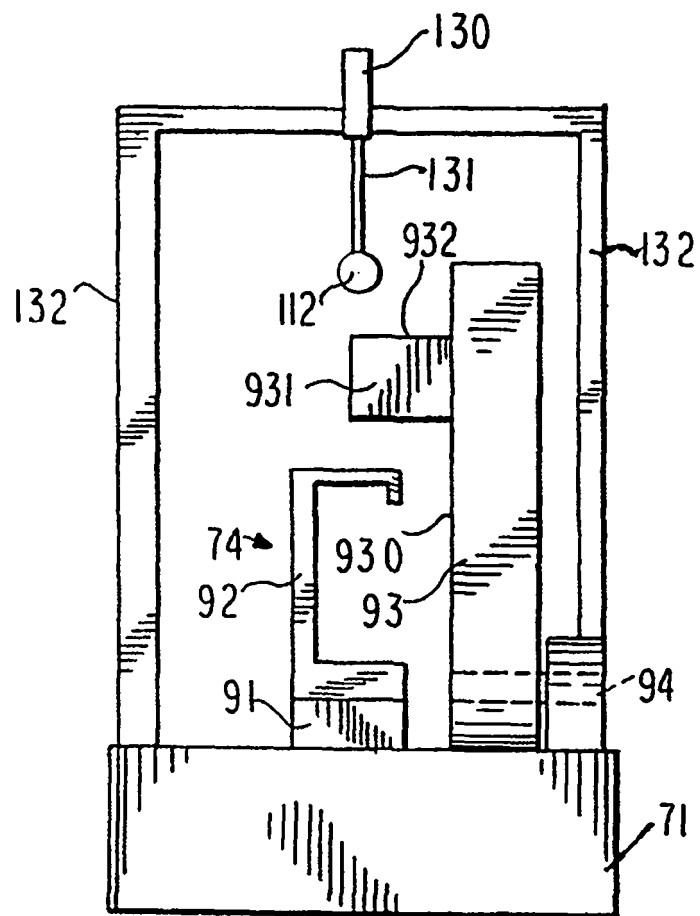
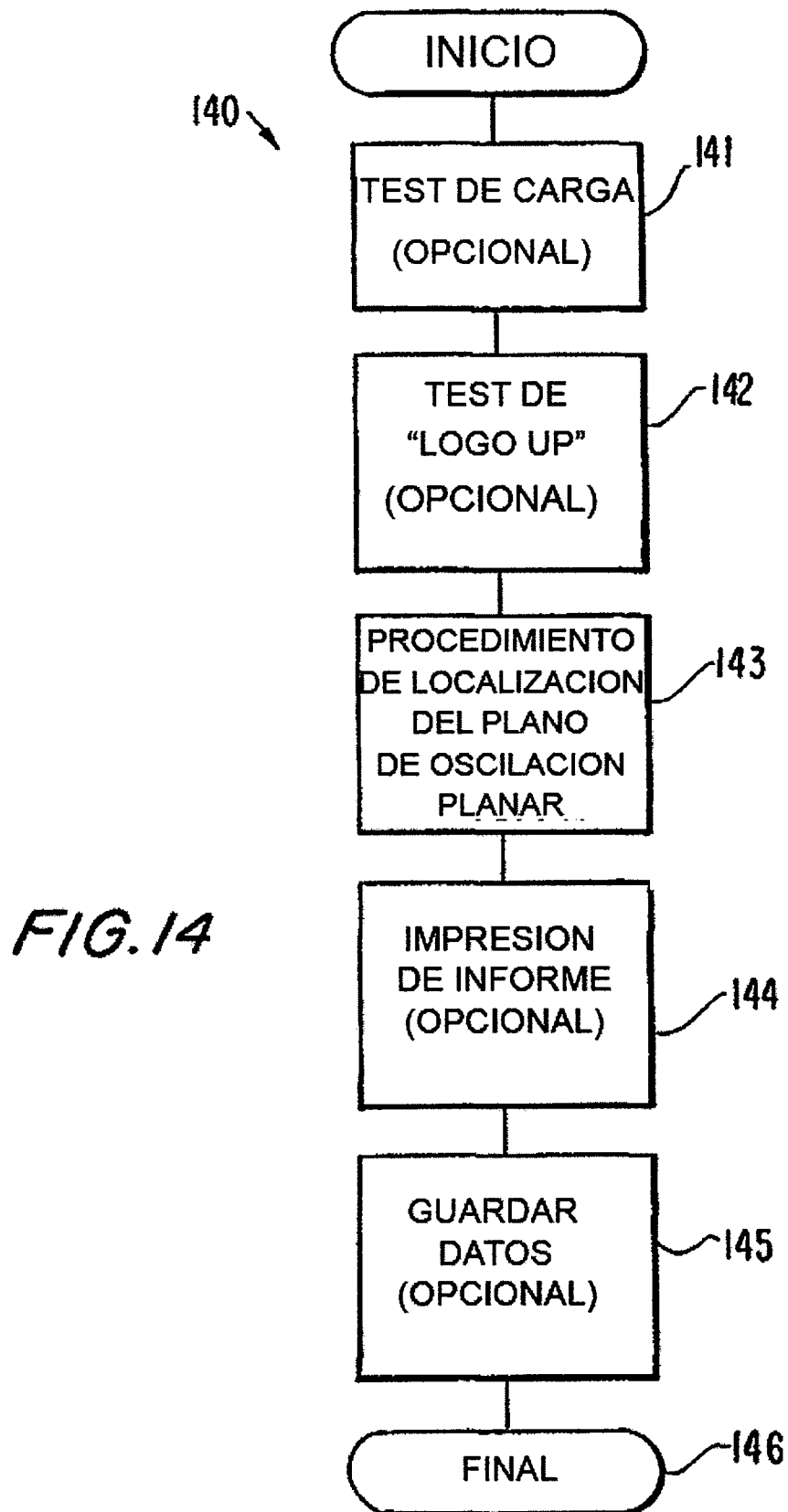


FIG. 13



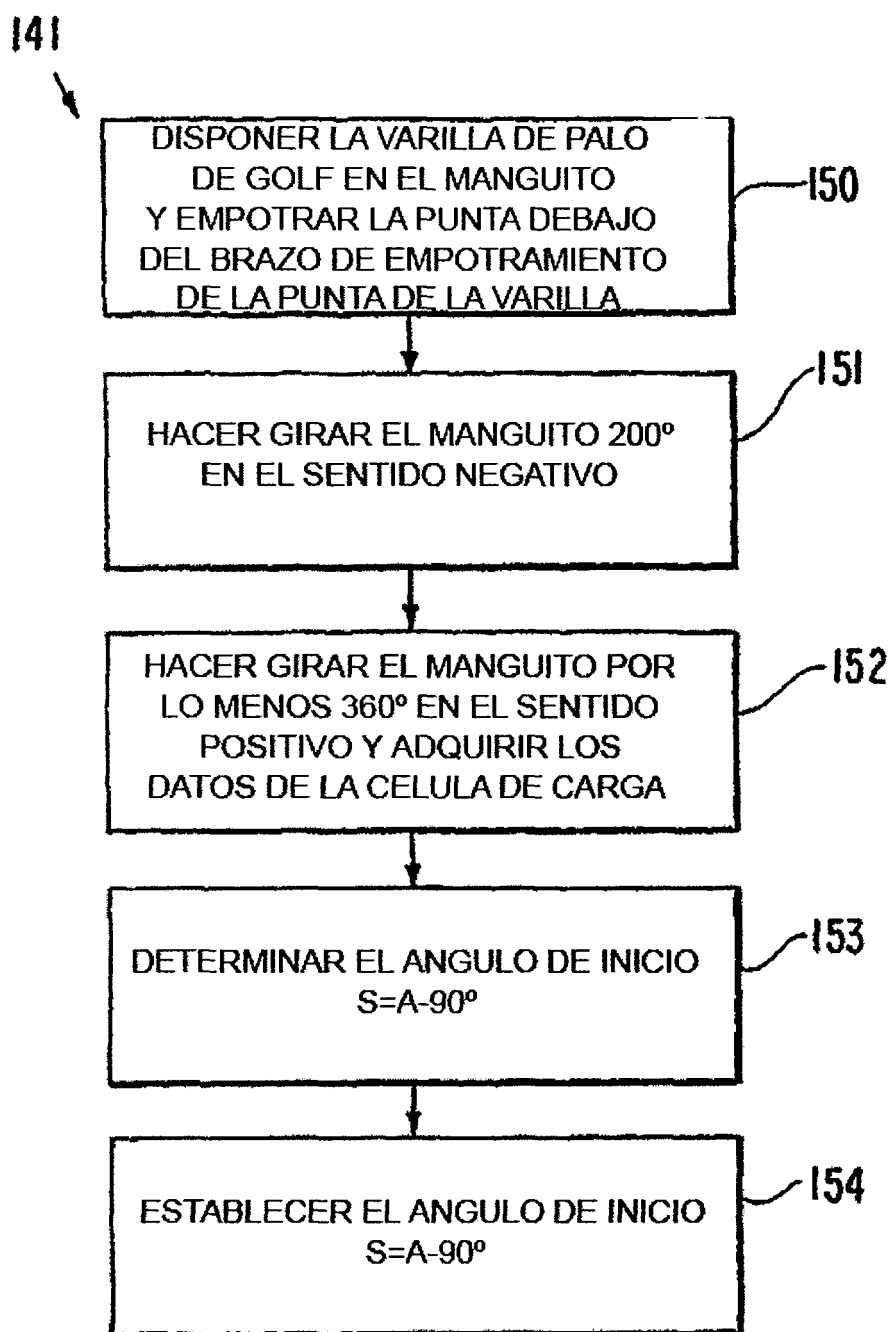


FIG.15

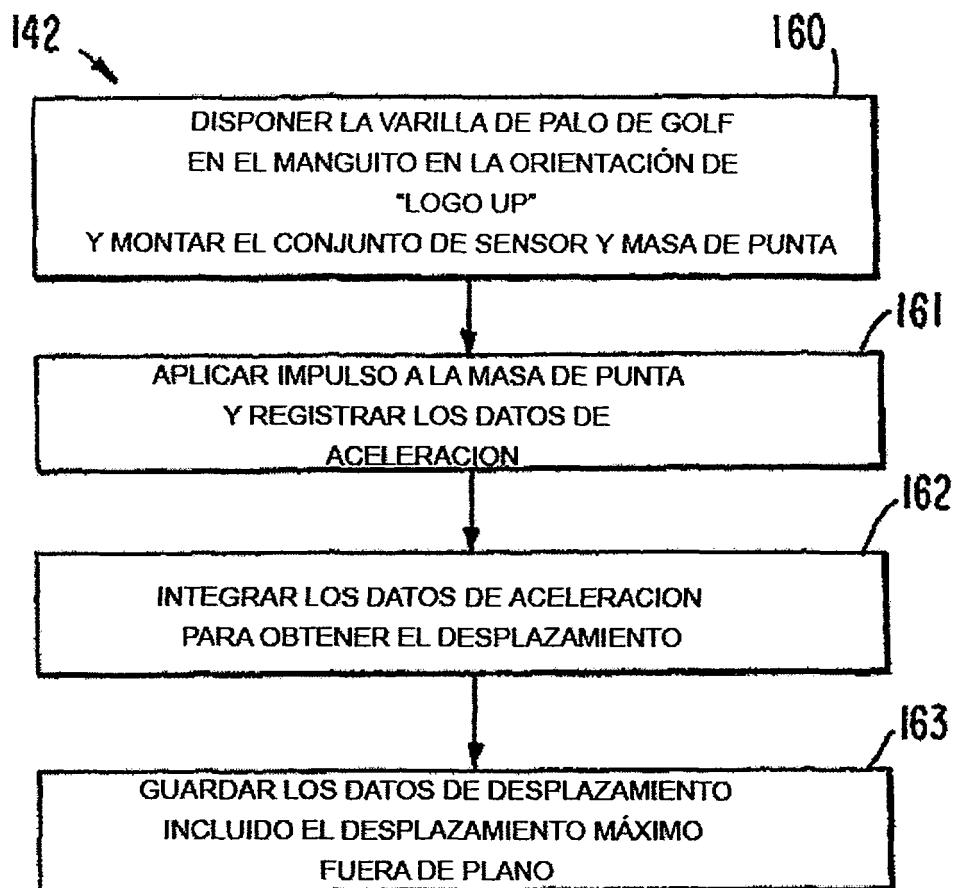


FIG.16

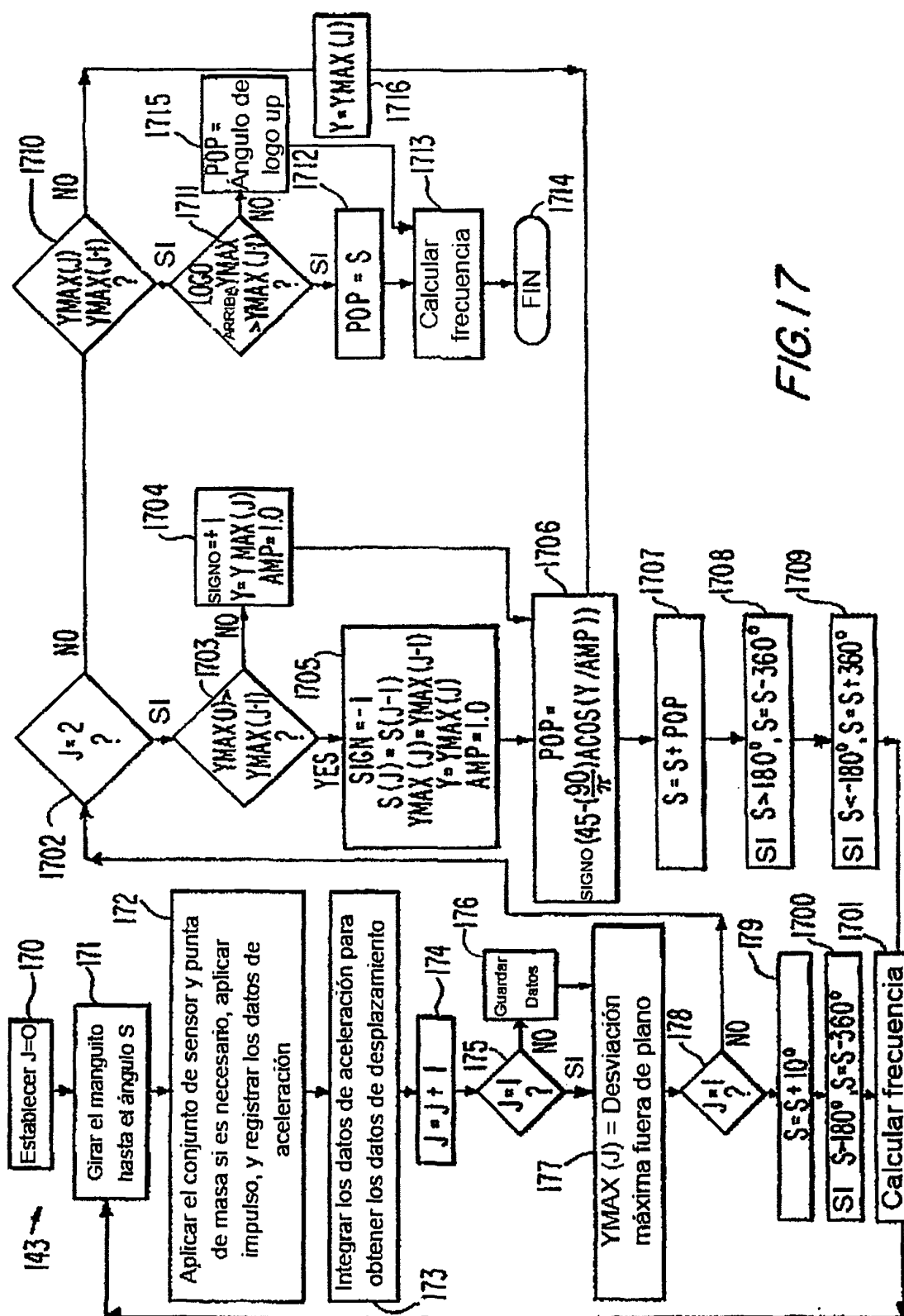
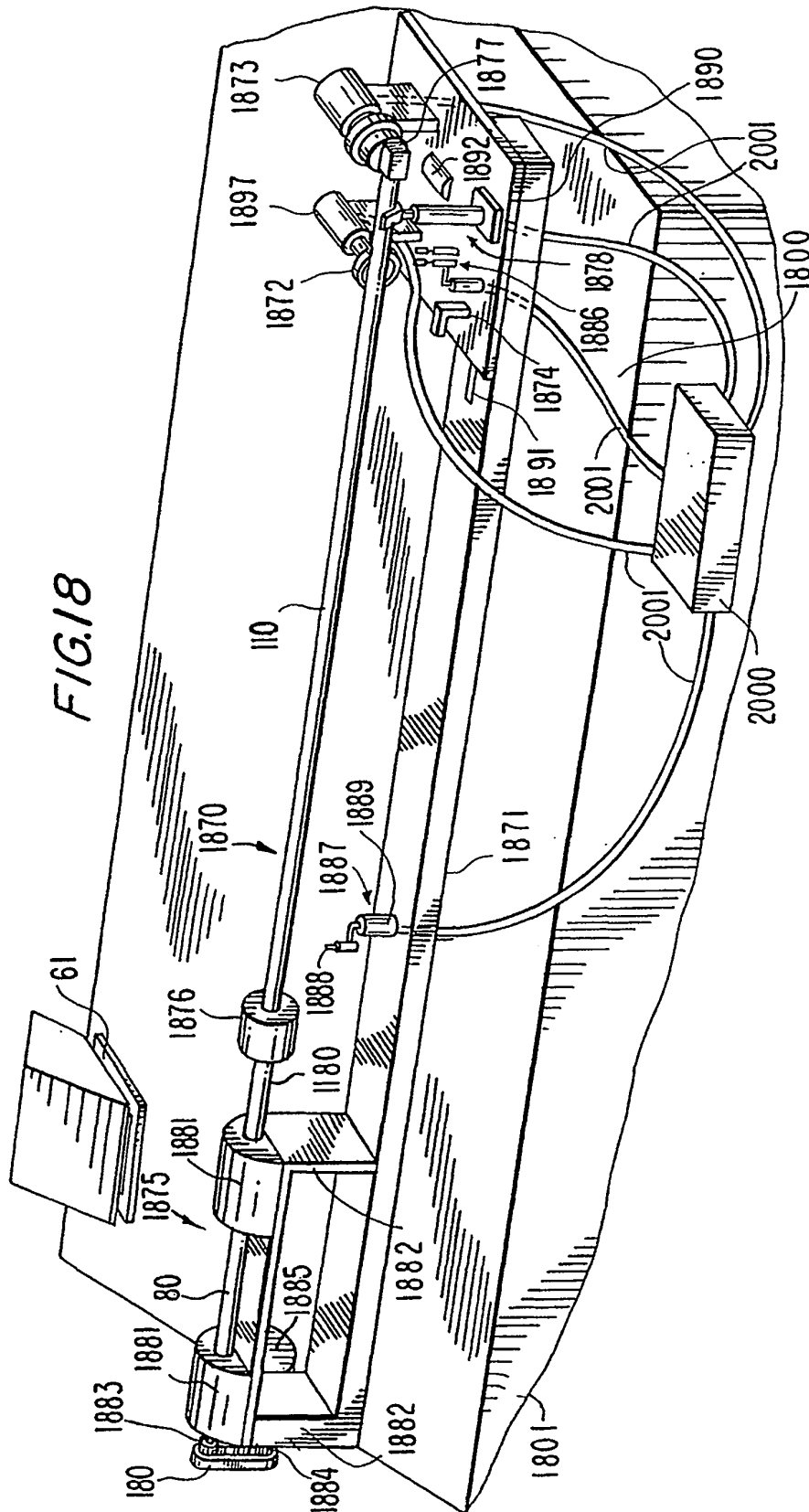


FIG. 17



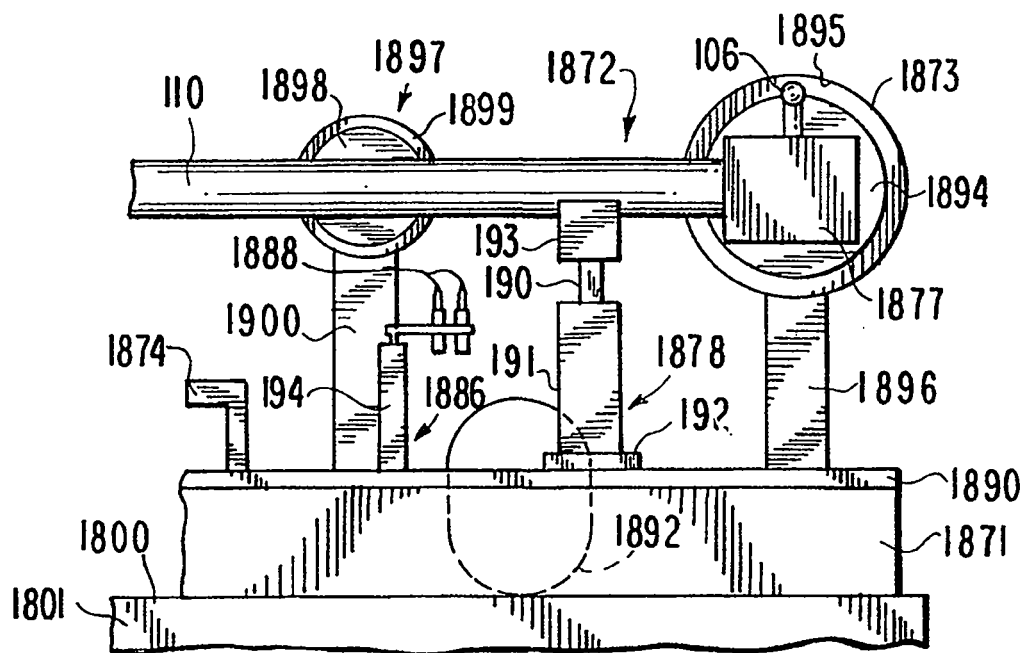


FIG. 19

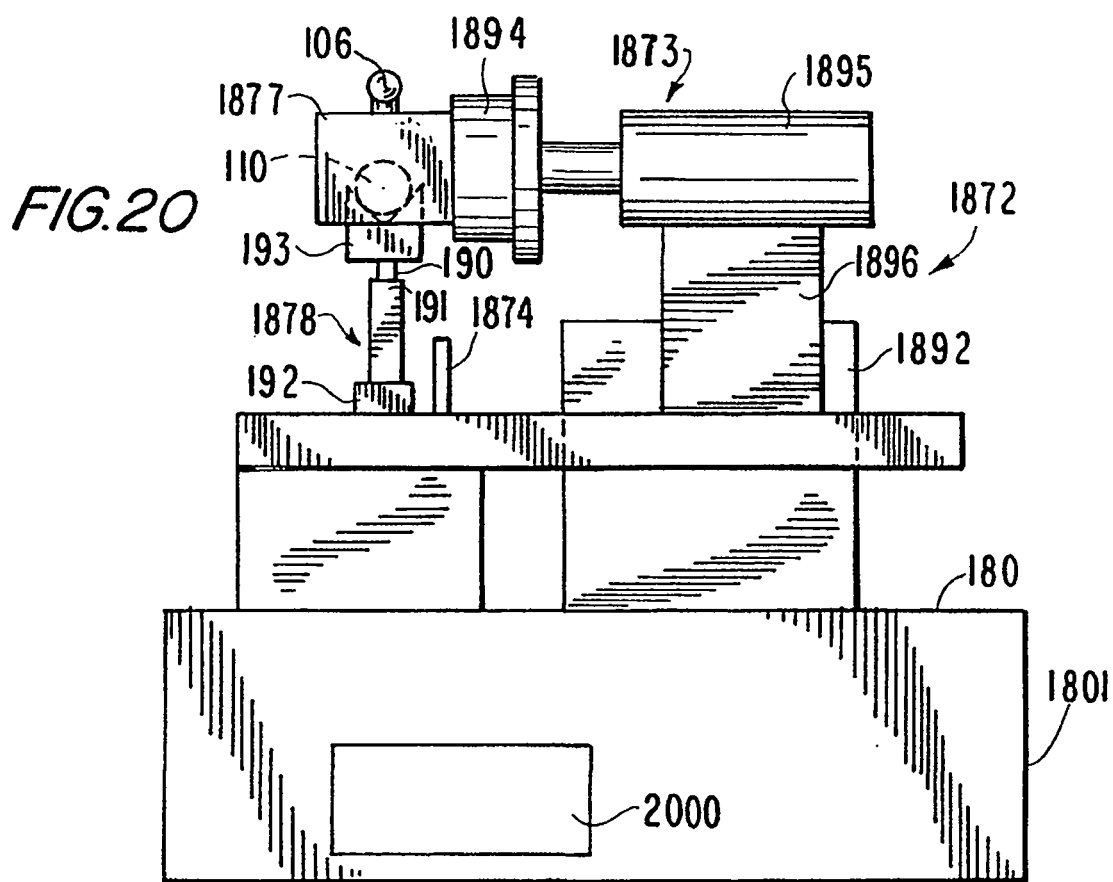


FIG. 20

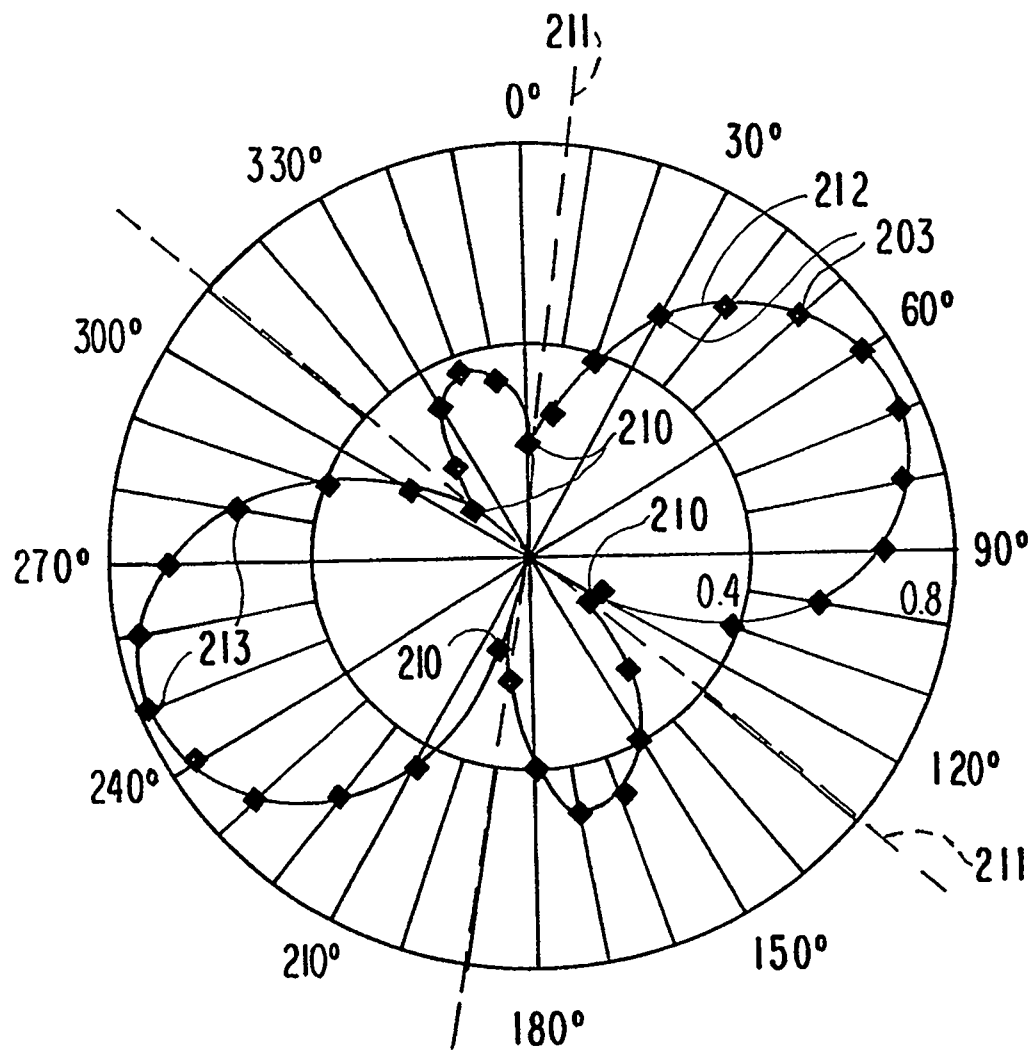


FIG. 21

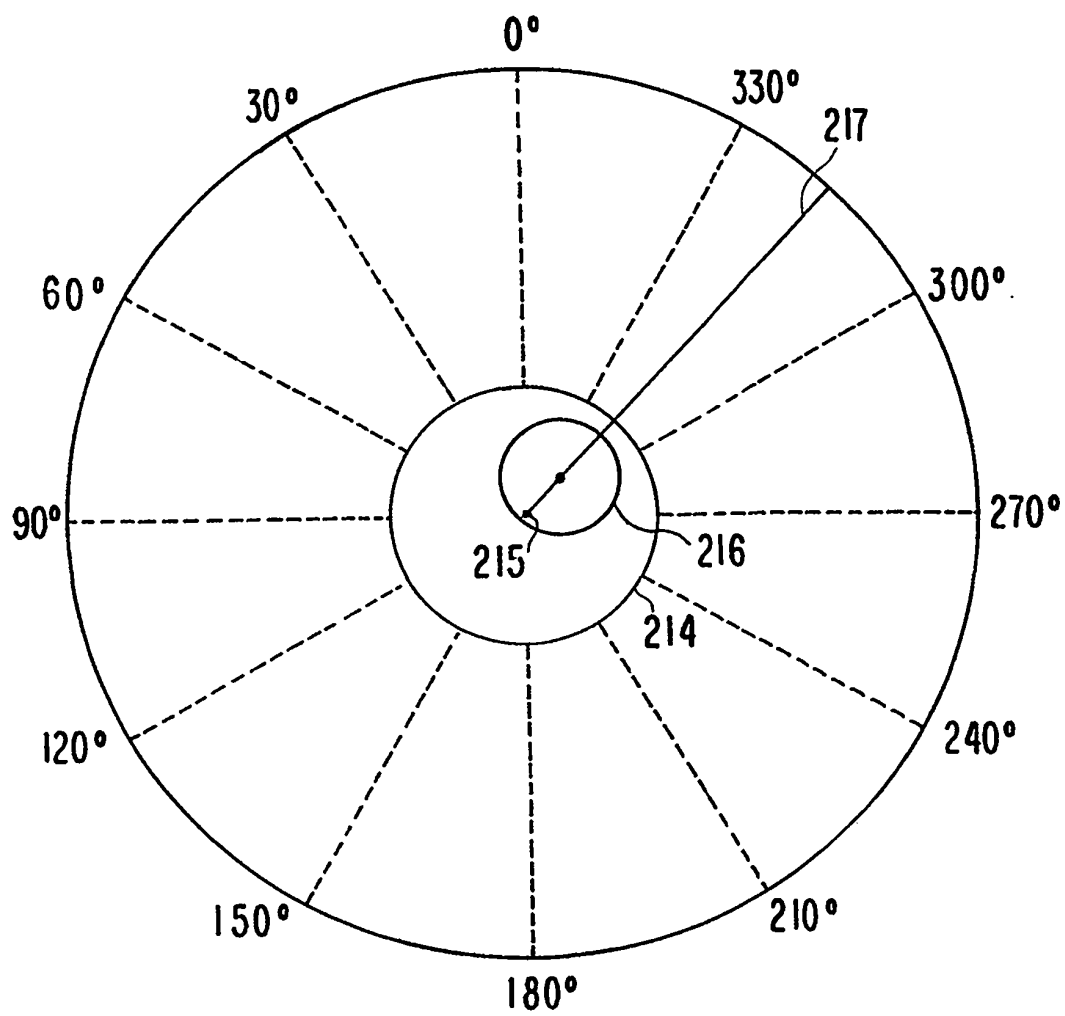


FIG.22

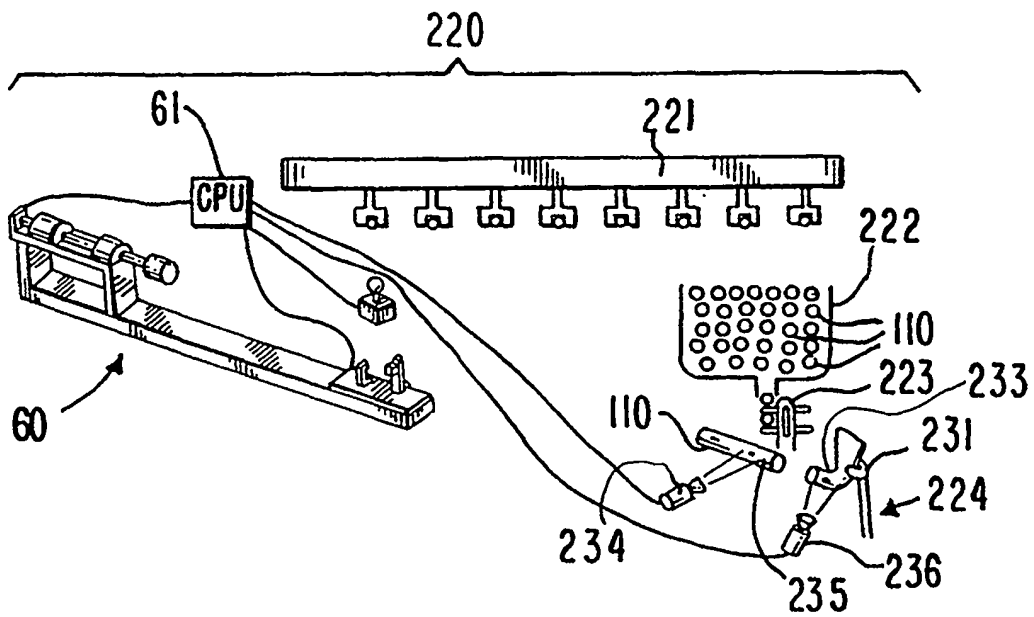


FIG. 23

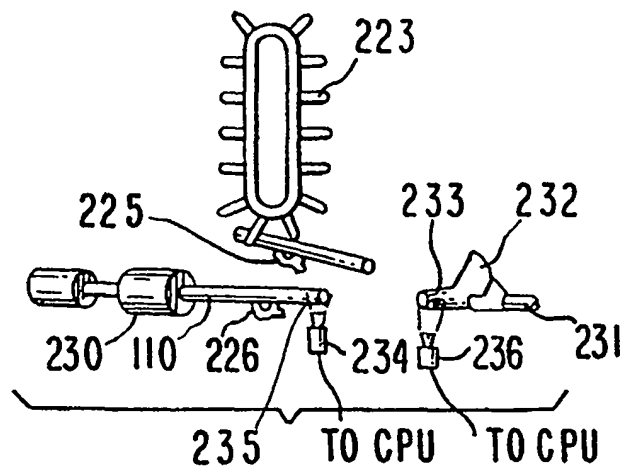


FIG. 24

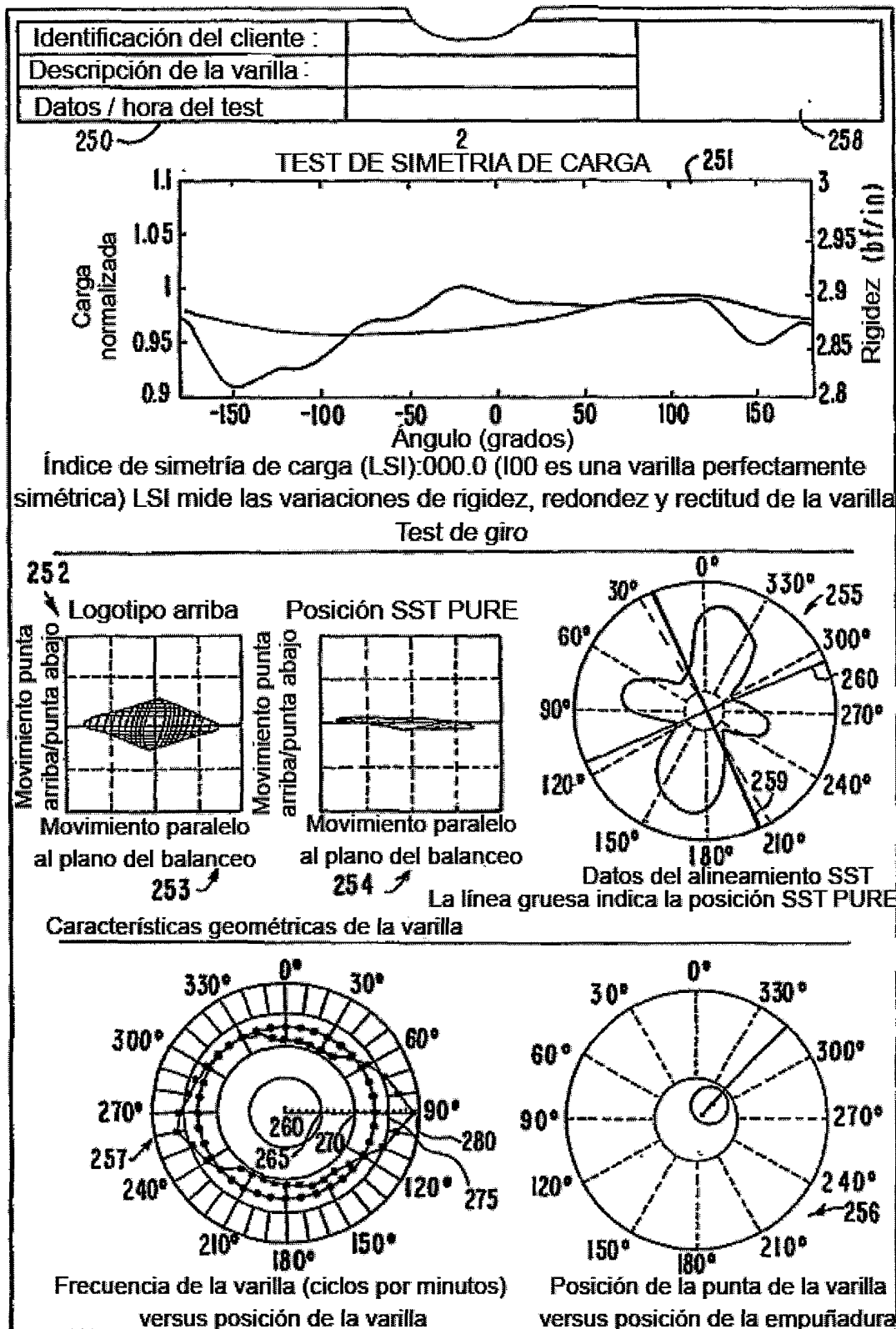


FIG. 25

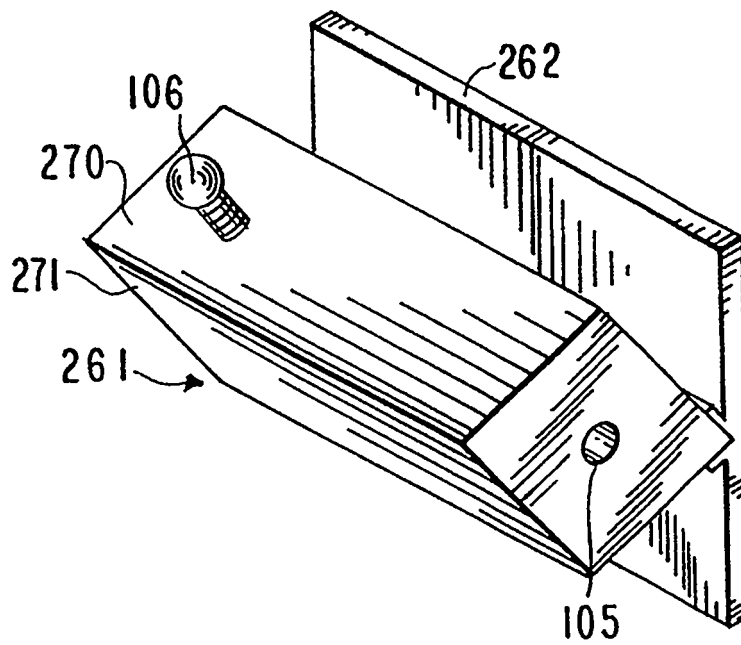


FIG.26

FIG. 27

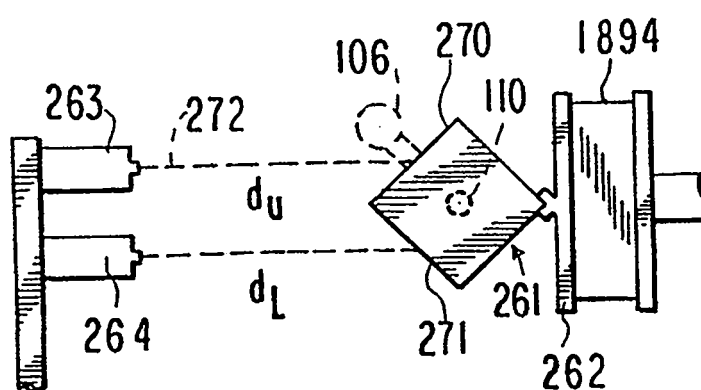


FIG. 28

