

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 715**

51 Int. Cl.:

G01M 1/30 (2006.01)

B23Q 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.07.2008 PCT/JP2008/063104**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.02.2009 WO09016988**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2008 E 08791385 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.06.2017 EP 2184595**

54 Título: **Aparato de tratamiento, sistema de mecanización de agujeros centrales, programa para decidir la posición de agujeros centrales, y método para decir la posición de agujeros centrales**

30 Prioridad:

01.08.2007 JP 2007201323

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

15.09.2017

73 Titular/es:

**KOMATSU NTC LTD. (100.0%)
100 Fukuno Nanto-City
Toyama 959-1595, JP**

72 Inventor/es:

YOSHIMOTO, AKIHIRO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 632 715 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

Aparato de tratamiento, sistema de mecanización de agujeros centrales, programa para decidir la posición de agujeros centrales, y método para decir la posición de agujeros centrales

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un aparato de procesado para decidir una posición de un agujero central, a un sistema de mecanización de agujeros centrales, a un programa para decidir la posición de un agujero central y a un método para decidir la posición de un agujero central, en la realización de un agujero central en un cigüeñal que se usará para motores de automóviles y similares.

Antecedentes de la técnica

10 Un cigüeñal se usa normalmente mientras está instalado en un motor. Cuando se produce un desequilibrio rotacional en el cigüeñal, aparecen varios problemas (por ejemplo, la generación de vibraciones en las revoluciones del motor). Por lo tanto, se requiere que la magnitud del desequilibrio rotacional (al que, en lo sucesivo en la presente, se hace referencia simplemente como "valor de desequilibrio") de un cigüeñal se sitúe en un intervalo predeterminado de valores permisibles. La posición de los agujeros centrales, usada como referencia para la
15 mecanización del cigüeñal, es importante para fijar el valor de desequilibrio del cigüeñal de manera que se sitúe dentro del intervalo de valores permisibles.

Por ejemplo, un agujero central se forma de la manera siguiente. En primer lugar, se averigua un eje central de equilibrio del cigüeñal (cigüeñal físico). Específicamente, un medidor de equilibrado mide el equilibrio del cigüeñal mientras el cigüeñal físico se hace realmente girar. A continuación, se realizan agujeros centrales en las dos
20 superficies terminales del cigüeñal. Las posiciones de los agujeros centrales se disponen sobre el eje central obtenido. Además, el medidor de equilibrado mide el equilibrio con respecto al eje central nuevamente en la fase de mecanización final. Cuando se observa un desequilibrio, se lleva a cabo un ajuste de equilibrio realizando un agujero en un contrapeso.

25 Cuando el cigüeñal en un estado material (es decir, cigüeñal físico) se ha acabado con una forma ideal que está registrada en los datos de diseño, es posible fijar fácilmente el valor de desequilibrio de manera que se sitúe en el intervalo de valores permisibles realizando agujeros centrales en el centro de un muñón principal. Incluso si se produce una alteración del equilibrio en una etapa de mecanización posterior, el ajuste del mismo puede ejecutarse de manera sencilla realizando finalmente un agujero en el contrapeso.

30 No obstante, el grosor del cigüeñal físico se podría desarrollar realmente de manera desigual debido a una variedad de factores que incluyen, por ejemplo, un molde para colada defectuoso, un molde de forja defectuoso, impactos en el desbarbado y en el desmoldeo. En la mecanización del cigüeñal físico, la mayoría de las etapas de mecanización se ejecutan para una parte cilíndrica de un muñón principal y una parte cilíndrica de una muñequilla. Por lo tanto, el inconveniente del grosor desigual queda resuelto para las partes cilíndricas respectivas. No obstante, para los
35 contrapesos apenas se lleva a cabo una mecanización. Por lo tanto, el grosor de los contrapesos sigue siendo desigual. Como consecuencia, sigue existiendo un desequilibrio extendido en la totalidad del cigüeñal físico.

Si el desequilibrio extendido permanece notablemente después de la mecanización, el valor de desequilibrio no se puede fijar de manera que se sitúe en el intervalo de valores permisibles, a pesar de que se ejecute el ajuste de equilibrio realizando un agujero en el contrapeso. Adicionalmente, cuando el ajuste de equilibrio no se puede
40 completar en un tiempo de ciclo predeterminado, por ejemplo, el valor de desequilibrio no se puede fijar de manera que se sitúe en el intervalo de valores permisibles. Esto es debido a que existe una limitación del número de agujeros que se pueden realizar en el ajuste del equilibrio, cuando el cigüeñal se considera como un producto inferior.

Además, el valor de equilibrio no se podría fijar para situarlo en el intervalo de valores permisibles a no ser que se elimine una parte esencial del cigüeñal.

45 Cuando el valor de desequilibrio del cigüeñal no se puede fijar finalmente para situarlo en el intervalo de valores permisibles según se ha descrito más arriba, es necesaria una modificación para el tratamiento de mecanización. Específicamente, se calcula la magnitud de desalineación de la posición de realización del agujero central basándose en la medición del equilibrio del cigüeñal tras el mecanizado. La magnitud de desalineación se retroalimenta al procesado de mecanización del agujero central. A continuación, se ejecuta una modificación para un
50 tratamiento en el procesado de mecanización del agujero central. En este caso, dicho cigüeñal físico se considera como un producto inferior ya que el agujero central se realiza antes de la retroalimentación de la magnitud de desalineación. Adicionalmente, es necesaria una retroalimentación de la magnitud de desalineamiento cada vez que se cambia el lote de producto del material. En este caso, existe el inconveniente de que es necesario un número elevado de etapas de procesado.

55 En este caso, el documento de patente 1 da a conocer un método como tecnología para decidir la posición de agujeros centrales en un cigüeñal. En el método, en primer lugar, se extrae una pluralidad de materiales como

5 muestras. A continuación, considerando los materiales extraídos respectivos, se calcula una diferencia entre un centro axial usado como referencia en la realización de agujeros centrales y, por ejemplo, una posición del agujero central realizado realmente. Posteriormente, se calcula la magnitud de corrección en la decisión de la posición del agujero central calculando estadísticamente el impacto del valor de diferencia calculado sobre la magnitud del desequilibrio después de la mecanización de acabado.

10 Por otro lado, el documento de patente 2 da a conocer otra tecnología para decidir la posición de agujeros centrales. En este caso, se obtiene un punto de equilibrio dinámico para las superficies terminales respectivas del cigüeñal físico por medio de una prueba de equilibrio dinámico. Posteriormente, se mide, por ejemplo, una forma de una sección de muñón en el cigüeñal físico. Sobre la base del resultado de la medición, se obtiene aritméticamente el desequilibrio que se produce después de la mecanización. A continuación, se realiza un agujero central en una posición desviada, la cual está desplazada con respecto al punto de equilibrio dinámico según la magnitud de desequilibrio.

Obsérvese que ya se conoce un método para medir la forma de una pieza de trabajo y calcular un eje de la pieza de trabajo (véase el documento de patente 3).

15 Documento de patente 1: publicación de solicitud de patente japonesa abierta a inspección pública n.º JP-A-H09-174382

Documento de patente 2: publicación de solicitud de patente japonesa abierta a inspección pública n.º JP-A-S51-076682

20 Documento de patente 3: publicación de solicitud de patente japonesa abierta a inspección pública n.º JP-A-2001-091244

Documento de patente 4: US 4 884 210 A.

Exposición de la invención

25 En el documento de patente 1, es necesaria la recopilación de datos estadísticos ejecutando de manera preliminar una mecanización y similares, con respecto a un lote de muestras. Por consiguiente, existe el inconveniente del esfuerzo, el tiempo y los costes. Adicionalmente, cuando se cambia el lote de productos, se crea el inconveniente de que la tendencia estadística varía considerablemente.

30 Por otro lado, de acuerdo con el documento de patente 2, la posición del agujero central se puede decidir sin usar ninguna muestra. No obstante, para detectar la posición de referencia con el fin de decidir la posición del agujero central, se requiere en primer lugar la realización de la prueba de equilibrio dinámico. Para llevar a cabo la prueba de equilibrio dinámico, existe el inconveniente de que es necesaria la preparación de un medidor de equilibrio bastante costoso económicamente.

Como respuesta a esto, uno de los objetivos de la presente invención es proporcionar una tecnología para decidir de manera sencilla y correcta una posición de un agujero central en un cigüeñal.

35 Para lograr el objetivo antes mencionado, un primer aspecto de la presente invención se refiere a un aparato de procesado para decidir una posición de agujeros centrales que se realizarán en un cigüeñal físico. El aparato de procesado incluye medios de adquisición de datos de formas tridimensionales, medios de suposición de la posición del agujero central, medios de especificación de formas, medios de resolución del equilibrado y medios de determinación del agujero central. Los medios de adquisición de datos de formas tridimensionales adquieren datos de formas tridimensionales del cigüeñal físico. Los medios de suposición de la posición del agujero central suponen una posición del agujero central en el cigüeñal físico sobre la base de los datos de formas tridimensionales. Los medios de especificación de formas simulan un procesado de mecanización predeterminado para el cigüeñal físico, sobre la base de la posición supuesta del agujero central como referencia, y deciden la forma del cigüeñal físico después de la simulación de la mecanización. Los medios de resolución del equilibrado deciden si la magnitud del desequilibrio rotacional en la forma del cigüeñal físico después de la simulación del mecanizado está o no dentro de un intervalo permisible predeterminado. Los medios de determinación del agujero central deciden la posición supuesta del agujero central, como posición de taladro real del agujero central cuando la magnitud del desequilibrio rotacional está dentro del intervalo permisible predeterminado.

45 De acuerdo con el aparato de procesado, se supone la posición del agujero central y se simula la mecanización correspondiente al cigüeñal físico basándose en la posición supuesta del agujero central. A continuación, se puede decidir de manera apropiada la posición del agujero central antes de que el mismo se realice realmente en la posición del agujero central, de manera que la magnitud del desequilibrio rotacional quede dentro del intervalo permisible predeterminado después de la simulación del mecanizado. La configuración puede evitar eficazmente que el cigüeñal físico se produzca en forma de un producto inferior. Adicionalmente, la configuración puede reducir la necesidad del ajuste final del equilibrado para cigüeñal después de la mecanización.

55 Además, el aparato de procesado antes mencionado puede incluir adicionalmente medios generadores de datos de

5 formas tridimensionales para generar los datos de formas tridimensionales del cigüeñal físico, sobre la base de datos de medición y datos de diseño de formas tridimensionales. En este caso, los datos de medición se obtienen midiendo parcialmente el cigüeñal físico, mientras que los datos de diseño de formas tridimensionales son datos de diseño del cigüeñal físico. Adicionalmente, los medios de adquisición de datos de formas tridimensionales pueden adquirir los datos de formas tridimensionales generados por los medios generadores de datos de formas tridimensionales.

De acuerdo con el aparato de procesado, los datos de formas tridimensionales se pueden generar sin medir la forma del cigüeñal físico completo. Por lo tanto, no se requiere que el aparato de procesado esté provisto de un componente para medir la forma del cigüeñal físico completo.

10 Alternativamente, el aparato de procesado antes mencionado puede incluir además medios de decisión de las condiciones de mecanización para decidir si falta o no una parte esencial en calidad de cigüeñal, en la forma del cigüeñal físico después de la simulación del mecanizado especificada por los medios de especificación de la forma. Adicionalmente, los medios de suposición de la posición del agujero central pueden suponer una nueva posición del agujero central, cuando se decide que, en el cigüeñal físico, falta la parte esencial.

15 De acuerdo con el aparato de procesado, se decide si la parte esencial falta o no en el cigüeñal físico, antes de la mecanización real del cigüeñal físico. Cuando se decide que en el cigüeñal físico falta la parte esencial, se configura la suposición de una nueva posición del agujero central. Por lo tanto, la configuración puede evitar apropiadamente que el cigüeñal físico se produzca en forma de un producto inferior, como consecuencia de la mecanización real del cigüeñal físico.

20 Alternativamente, en el aparato de procesado antes mencionado, los medios de suposición del agujero central pueden suponer una nueva posición del agujero central cuando se decide que la magnitud del desequilibrio rotacional no está dentro del intervalo permisible predeterminado.

25 De acuerdo con el aparato de procesado, se configura la decisión de si la magnitud del desequilibrio rotacional del cigüeñal después de la mecanización está o no dentro del intervalo permisible predeterminado antes de la mecanización real del cigüeñal físico. Por lo tanto, la configuración puede evitar apropiadamente que el cigüeñal físico se produzca en forma de un producto inferior, como consecuencia de la mecanización real del cigüeñal físico.

30 Alternativamente, en el aparato de procesado antes mencionado, los medios de resolución del equilibrado pueden calcular la magnitud del desequilibrio rotacional en la forma especificada del cigüeñal físico después de la simulación del mecanizado. Los medios de resolución del equilibrado pueden decidir que la magnitud del desequilibrio rotacional está dentro del intervalo permisible predeterminado cuando la magnitud del desequilibrio rotacional es igual o inferior a un valor predeterminado.

De acuerdo con el aparato de procesado, es posible decidir de manera eficaz si la magnitud del equilibrio rotacional del cigüeñal después de la mecanización está o no dentro del intervalo permisible predeterminado después de la mecanización real del cigüeñal físico.

35 Además, para lograr el objetivo antes mencionado, un segundo aspecto de la presente invención se refiere a un sistema de mecanización de agujeros centrales. El sistema de mecanización de agujeros centrales incluye un aparato de procesado y medios de mecanización. El aparato de procesado incluye medios de adquisición de datos de formas tridimensionales, medios de suposición de la posición del agujero central, medios de especificación de formas, medios de resolución del equilibrado y medios de determinación del agujero central. Los medios de adquisición de datos de formas tridimensionales adquieren datos de formas tridimensionales del cigüeñal físico. Los medios de suposición de la posición del agujero central suponen una posición del agujero central en el cigüeñal físico sobre la base de los datos de formas tridimensionales. Los medios de especificación de formas simulan un procesado de mecanización predeterminado para el cigüeñal físico, sobre la base de la posición supuesta del agujero central como referencia, y deciden la forma del cigüeñal físico después de la simulación de la mecanización. Los medios de resolución del equilibrado deciden si la magnitud del desequilibrio rotacional en la forma del cigüeñal físico después de la simulación del mecanizado está o no dentro de un intervalo permisible predeterminado. Los medios de determinación del agujero central deciden la posición supuesta del agujero central, como posición de taladro real del agujero central cuando la magnitud del desequilibrio rotacional está dentro del intervalo permisible predeterminado. Los medios de mecanización realizan concretamente el agujero central en la posición del cigüeñal físico, la cual es decidida por los medios de determinación del agujero central.

De acuerdo con el sistema de mecanización de agujeros centrales, el agujero central se puede realizar apropiadamente en el cigüeñal físico.

55 Además, el sistema de mecanización de agujeros centrales antes mencionado puede incluir además medios de medición para medir parcialmente la forma del cigüeñal físico. De acuerdo con el sistema de mecanización de agujeros centrales, es posible medir la forma del cigüeñal físico y decidir la posición del agujero central.

Además, para lograr el objetivo antes mencionado, un tercer aspecto de la presente invención se refiere a un programa de decisión de la posición de agujeros centrales. El programa de decisión de la posición de agujeros

centrales consigue que un ordenador decida una posición de agujeros centrales a realizar en un cigüeñal físico. El programa de decisión de la posición de agujeros centrales consigue que el ordenador funcione en calidad de medios de adquisición de datos de formas tridimensionales, medios de suposición de la posición del agujero central, medios de especificación de formas, medios de resolución del equilibrado y medios de determinación del agujero central.

5 Los medios de adquisición de datos de formas tridimensionales adquieren datos de formas tridimensionales del cigüeñal físico. Los medios de suposición de la posición del agujero central suponen una posición del agujero central en el cigüeñal físico sobre la base de los datos de formas tridimensionales. Los medios de especificación de formas simulan un procesado de mecanización predeterminado para el cigüeñal físico, sobre la base de la posición supuesta del agujero central como referencia, y deciden la forma del cigüeñal físico después de la simulación de la

10 mecanización. Los medios de resolución del equilibrado deciden si la magnitud del desequilibrio rotacional en la forma del cigüeñal físico después de la simulación del mecanizado está o no dentro de un intervalo permisible predeterminado. Los medios de determinación del agujero central deciden la posición supuesta del agujero central, como posición de taladro real del agujero central cuando la magnitud del desequilibrio rotacional está dentro del intervalo permisible predeterminado. Los medios de mecanización realizan concretamente el agujero central en la

15 posición del cigüeñal físico, la cual es decidida por los medios de determinación del agujero central.

Cuando el ordenador ejecuta el programa antes mencionado de decisión de la posición del agujero central, la posición del agujero central se puede decidir apropiadamente antes de que se ejecute un procesado de mecanización predeterminado para el cigüeñal físico, de manera que la magnitud del desequilibrio rotacional esté dentro del intervalo permisible predeterminado después de que se ejecute el procesado de mecanización

20 predeterminado. La configuración puede evitar de manera eficaz que el cigüeñal físico se produzca en forma de un producto inferior. Adicionalmente, la configuración puede reducir la necesidad del ajuste del equilibrado final con respecto al cigüeñal después de la mecanización.

Para lograr el objetivo antes mencionado, un cuarto aspecto de la presente invención se refiere a un método de decisión de la posición de agujeros centrales para decidir una posición de agujeros centrales a realizar en un

25 cigüeñal físico. El método de decisión de la posición de agujeros centrales incluye una etapa de adquisición de datos de formas tridimensionales, una etapa de suposición de la posición del agujero central, una etapa de especificación de formas, una etapa de resolución del equilibrado y una etapa de determinación del agujero central. En la etapa de adquisición de datos de formas tridimensionales, se adquieren datos de formas tridimensionales del cigüeñal físico. En la etapa de suposición de la posición del agujero central, se supone una posición del agujero central en el

30 cigüeñal físico basándose en los datos de formas tridimensionales. En la etapa de especificación de formas, se simula un procesado de mecanización predeterminado con respecto al cigüeñal físico basándose en la posición supuesta del agujero central como referencia, y se especifica una forma del cigüeñal físico después de la simulación del mecanizado. En la etapa de resolución del equilibrado, se decide si la magnitud del desequilibrio rotacional en la forma del cigüeñal físico después de la simulación del mecanizado está o no dentro de un intervalo permisible

35 predeterminado. En la etapa de determinación del agujero central, la posición supuesta del agujero central se decide como posición de taladro real del agujero central cuando la magnitud del desequilibrio rotacional está dentro del intervalo permisible predeterminado.

De acuerdo con el método de decisión de la posición de agujeros centrales, la posición de los agujeros centrales se puede decidir de manera apropiada antes de que se ejecute el procesado de mecanización predeterminado para el

40 cigüeñal físico, de manera que la magnitud del desequilibrio rotacional esté dentro del intervalo permisible predeterminado después de que se ejecute el procesado de mecanización predeterminado. La configuración puede evitar eficazmente que el cigüeñal físico se produzca en forma de un producto inferior. Adicionalmente, la configuración puede reducir la necesidad del ajuste final del equilibrado con respecto al cigüeñal después de la mecanización.

45 **Breve descripción de los dibujos**

La FIG. 1 es una vista oblicua externa de un cigüeñal físico ilustrativo.

La FIG. 2 es un diagrama de configuración de un sistema de mecanización de cigüeñales de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 3 es un diagrama de flujo de un tratamiento de mecanización de cigüeñales de acuerdo con una realización

50 de la presente invención.

La FIG. 4 es un diagrama para explicar la generación de una forma tridimensional del cigüeñal físico de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 5 es un segundo diagrama para explicar la generación de una forma tridimensional del cigüeñal físico de acuerdo con la realización de la presente invención.

La FIG. 6 es un diagrama para explicar la magnitud del desequilibrio rotacional del cigüeñal de acuerdo con la

55 realización de la presente invención.

La FIG. 7 es un diagrama para explicar el desequilibrio del cigüeñal de acuerdo con la realización de la presente

invención.

Explicación de las referencias numéricas

- 1 Cigüeñal físico
- 10 Máquina de mecanización de agujeros centrales
- 5 11 Máquina de medición de formas
- 20 Ordenador
- 21 CPU
- 22 ROM
- 23 RAM
- 10 30 Fresadora de cigüeñales
- 100 Sistema de mecanización de cigüeñales
- J1, J2, J3, J4 Muñones principales
- P1, P2, P3, P4 Muñequillas
- CW1, CW2, CW3, CW4, CW5, CW6, CW7, CW8 Contrapesos

15 Modo óptimo para llevar a la práctica la invención

En lo sucesivo en la presente, se explicará una realización de la presente invención en referencia a las figuras adjuntas. Obsérvese que la siguiente realización no limita invenciones descritas en la sección de Reivindicaciones, y no se requiere necesariamente que los medios para solucionar problemas dispongan de todas las combinaciones de características que se explicarán en la realización.

20 Cigüeñal físico

En primer lugar, se explicará en lo sucesivo en la presente un cigüeñal físico ilustrativo antes de la explicación de un sistema de mecanización de cigüeñales que incluye un aparato de procesado de acuerdo con una realización de la presente invención.

25 La FIG. 1 es una vista oblicua externa de un cigüeñal físico de acuerdo con una realización de la presente invención. El cigüeñal físico se usa para el motor de 4 cilindros en serie.

30 El cigüeñal físico 1 se forma, por ejemplo, con un molde en la parte de arriba (molde superior) y un molde en la parte de abajo (molde inferior). El cigüeñal físico 1 incluye muñones principales J (J1 a J5), muñequillas P (P1 a P4) y contrapesos CW (CW1 a CW8). En el cigüeñal físico 1, los siguientes componentes están dispuestos secuencialmente en la dirección axial Z: un muñón principal J1, un contrapeso CW1, una muñequilla P1, un contrapeso CW2, un muñón principal J2, un contrapeso CW3, una muñequilla P2, un contrapeso CW4, un muñón principal J3, un contrapeso CW5, una muñequilla P3, un contrapeso CW6, un muñón principal J4, un contrapeso CW7, una muñequilla P4, un contrapeso CW8 y un muñón principal J5.

Sistema de mecanización

35 A continuación se explicará en la presente, un sistema de mecanización de cigüeñales, que incluye un aparato de procesado de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 2 es un diagrama de configuración del sistema de mecanización de cigüeñales según una realización de la presente invención. La FIG. 2A es un diagrama de configuración de hardware del sistema de mecanización de cigüeñales de acuerdo con la realización de la presente invención. La FIG. 2B es un diagrama de configuración funcional de un ordenador 20 de acuerdo con la realización de la presente invención.

40 El sistema 100 de mecanización de cigüeñales incluye una fresadora 10 de cigüeñales (ejemplo de medios de mecanización), el ordenador 20 (ejemplo de aparato de procesado) y una fresadora 30 de cigüeñales. La máquina 10 de mecanización de agujeros centrales es un aparato para realizar un agujero central en cada una de las dos superficies terminales del cigüeñal físico 1. El ordenador 20 decide posiciones de los agujeros centrales a realizar en las dos superficies terminales del cigüeñal físico 1. La fresadora 30 de cigüeñales ejecuta una mecanización predeterminada con respecto al cigüeñal físico en el cual se realizan los agujeros centrales. Obsérvese, en la **45** presente realización, que la máquina 10 de mecanización de agujeros centrales y el ordenador 20 (como aparato de procesado) componen el sistema de mecanización de agujeros centrales.

La máquina 10 de mecanización de agujeros centrales incluye una máquina 10 de medición de formas como ejemplo de medios de medición. La máquina 11 de medición de formas mide una forma del cigüeñal físico.

5 La máquina 11 de medición de formas incluye, por ejemplo, un medidor de desplazamiento sin contacto, individual, o una pluralidad de los mismos (por ejemplo, un medidor de desplazamiento por láser, un medidor de desplazamiento por rayos infrarrojos y un sensor de desplazamiento de LED) o un medidor de desplazamiento con contacto, individual, o una pluralidad de los mismos (por ejemplo, un transductor diferencial). La máquina 11 de medición de formas mide una forma del cigüeñal físico 1 basándose en un valor de medición o una pluralidad de valores de medición provenientes del medidor de desplazamiento individual o de la pluralidad de medidores de desplazamiento. Por ejemplo, en la presente realización, se mide solamente una forma exterior del contrapeso 1 del cigüeñal físico. 10 La máquina 11 de medición de formas puede ser, en la presente, un digitalizador tridimensional (escáner de imágenes) para generar la forma completa de un objetivo de medición (es decir, el cigüeñal físico) como datos de formas tridimensionales, midiéndola desde una pluralidad de posiciones diferentes.

El ordenador 20 incluye una CPU (Unidad de Procesado Central) 21, una ROM (Memoria de Solo Lectura) 22 y una RAM (Memoria de Acceso Aleatorio) 23.

15 La ROM 22 almacena una variedad de información y una variedad de programas que es ejecutada por la CPU 21. En la presente realización, la ROM 22 almacena un programa de procesado, que se mencionará posteriormente, para decidir posiciones de los agujeros centrales en el cigüeñal físico 1 (programa de decisión de la posición de agujeros centrales). Adicionalmente, la ROM 22 almacena datos de datos tridimensionales del cigüeñal físico 1 en la fase de diseño (a los que se hará referencia en la presente en lo sucesivo, como datos de diseño de formas tridimensionales). A partir de los datos de diseño de formas tridimensionales pueden obtenerse datos de formas exteriores de los contrapesos respectivos del cigüeñal físico 1 en la fase de diseño. Además, la ROM 22 almacena contenido de la mecanización que ejecuta la fresadora 30 de cigüeñales para el cigüeñal físico 1. El contenido de la mecanización incluye un tipo de mecanización en el cual se usan, como referencias, una línea central, mencionada posteriormente, en el cigüeñal físico 1 y una línea de referencia de fase mencionada posteriormente. 20

25 La RAM 23 se usa como área para almacenar programas y datos, o como área de trabajo para almacenar datos a utilizar en el procesado por parte de la CPU 21.

30 Cuando la CPU 21 lee un programa de la ROM 22, carga el programa en la RAM 23 y ejecuta el programa, el ordenador 20 funciona como medios generadores 20a de datos de formas tridimensionales, medios 20b de adquisición de datos de formas tridimensionales, medios 20c de suposición de la posición de agujeros centrales, medios 20d de especificación de formas, medios 20e de decisión de las condiciones de mecanización, medios 20f de resolución del equilibrado y medios 20g de determinación de agujeros centrales, tal como se ilustra en la FIG. 2B. A continuación en la presente se describirá cada uno de los procesados que se debe ejecutar.

Tratamiento de mecanización

35 La FIG. 3 es un diagrama de flujo del tratamiento de mecanización de cigüeñales de acuerdo con una realización de la presente invención. El tratamiento de mecanización de cigüeñales se inicia después de que un dispositivo de carga automático (no ilustrado en la figura) descargue un cigüeñal físico forjado 1 sobre un receptor temporal (no ilustrado en la figura) en la máquina 10 de mecanización de agujeros centrales.

Tratamiento de mecanización: posicionamiento

40 La máquina 10 de mecanización de agujeros centrales sujeta el cigüeñal físico 1 dispuesto sobre el receptor temporal, con un dispositivo de sujeción para piezas de trabajo y un dispositivo de sujeción para ajuste de fase (ninguno de estos dispositivos se ilustra en la figura) y fija de manera precisa el cigüeñal físico 1 en una posición predeterminada.

Tratamiento de mecanización: mandril para piezas de trabajo

45 A continuación, el cigüeñal físico 1 es sujetado por un mandril de centrado automático para piezas de trabajo, con el fin de medir una forma del cigüeñal físico 1 en la máquina 10 de mecanización de agujeros centrales. Específicamente, el centro del mandril de centrado automático se ajusta de manera que coincida con la posición del centro del cigüeñal físico 1. A continuación, el mandril de centrado automático se hace avanzar hacia el cigüeñal físico 1 desde el exterior axialmente del cigüeñal físico 1. El cigüeñal físico 1 es sujetado de forma correspondiente por el mandril de centrado automático para piezas de trabajo. En este caso, el cigüeñal físico 1 es centrado automáticamente por el mandril de centrado automático para piezas de trabajo. En otras palabras, el centro del 50 cigüeñal físico 1 es mantenido por el mandril para piezas de trabajo.

Después de que el cigüeñal físico 1 sea sujetado por el mandril para piezas de trabajo, la máquina 10 de mecanización de agujeros centrales provoca que el dispositivo de sujeción de piezas de trabajo y el dispositivo de sujeción para ajuste de fase, que sujetan el cigüeñal físico 1, suelten el cigüeñal físico 1.

Tratamiento de mecanización: medición de las formas y reproducción de datos de formas tridimensionales

A continuación, el mandril para piezas de trabajo se hace rotar girando un plato giratorio. En combinación con esto se hace girar el cigüeñal físico 1. Al mismo tiempo, la máquina 11 de medición de formas mide la forma periférica completa de cada uno de la pluralidad de contrapesos del cigüeñal físico a la vez, con una pluralidad de medidores de desplazamiento (Etapa S1). Una única rotación es suficiente para la medición. En este caso, la máquina 11 de medición de formas calcula una coordenada polar obteniendo simultáneamente valores de medición de los medidores de desplazamiento, y un valor de medición de un codificador dispuesto en relación con el plato giratorio. La coordenada polar se calcula para la periferia completa de cada contrapeso. Por consiguiente, se calculan las coordenadas polares de la periferia completa de cada contrapeso (datos de formas: datos de medición). Los datos de las formas se transmiten al ordenador 20 desde la máquina 11 de medición de formas. Obsérvese que la medición correspondiente a una forma de cada contrapeso se ejecuta al menos en varios puntos (por ejemplo, puntos (1) a (6) ilustrados en la FIG. 4). Alternativamente, en la presente se puede medir una forma de cada muñón o una forma de cada muñequilla. Todavía alternativamente, la medición se puede ejecutar, no solamente en los diversos puntos antes mencionados, sino también en muchos más puntos. Además, los datos de las formas se pueden corregir basándose en la magnitud de la desviación del cigüeñal físico 1 en el momento de la medición.

En la presente realización, la forma del cigüeñal físico 1 se configura para medirse bajo las condiciones en las que el cigüeñal físico 1 se hace girar en la máquina 11 de medición de formas. No obstante, la medición de su forma no se limita a la configuración. Por ejemplo, la forma periférica completa de cada contrapeso se puede medir a la vez moviendo dos medidores de desplazamiento bajo unas condiciones en las que el cigüeñal físico 1 está fijo e interpuesto verticalmente entre los medidores de desplazamiento. En este caso, la máquina 11 de medición de formas calcula los datos de las formas (coordenada XY) basándose en valores de medición por parte de los medidores de desplazamiento y en posiciones de los medidores de desplazamiento que serán leídos por el codificador.

En la presente realización, los medidores de desplazamiento y dispositivos similares están dispuestos en posiciones que permiten separarlos, a través de un obturador, con respecto a un espacio en el que se ejecuta la mecanización por parte de la máquina 10 de mecanización de agujeros centrales. Cuando se ejecuta la medición de la forma, el obturador se configura para estar abierto. De este modo se permite la medición de la forma. Cuando se ejecuta la mecanización, por otro lado, el obturador se configura para estar cerrado. De este modo se bloquea el impacto del polvo que se produzca por la mecanización y similares. Después de la medición antes mencionada de la forma, el obturador se configura para quedar cerrado.

Cuando se completa la Etapa S1, la CPU 21 de ordenador 20 recibe los datos de formas desde la máquina 11 de mecanización de formas. A continuación, la CPU 21 compara los datos de formas de contrapesos reales, que recibió, y los datos de formas a obtener a partir de los datos de diseño de formas tridimensionales de los contrapesos, almacenados en la ROM 22. A continuación, la CPU 21 calcula valores numéricos que representan diferencias entre ellos (por ejemplo, diferencia en tamaños, desplazamiento en las direcciones ascendente/descendente, a derecha e izquierda, y desplazamiento en ángulos).

Seguidamente, la CPU 21 modifica los datos de diseño de las formas tridimensionales de los contrapesos, con los valores numéricos calculados. Con la configuración, pueden generarse datos de formas tridimensionales, que se corresponden con las formas de los contrapesos reales. Además, para conseguir una continuación uniforme de los contrapesos reales reproducidos, uno respecto a otro, la CPU 21 modifica tamaños, desplazamientos en las direcciones ascendente/descendente, a derecha e izquierda, y desplazamiento en ángulos de los muñones (muñones y muñequillas) dispuestos entre los pesos con respecto a los datos del diseño de formas tridimensionales (Etapa S2). Con la configuración, se reproducen datos de formas tridimensionales (3D), que se corresponden con el cigüeñal físico real medido 1. Obsérvese que, cuando la máquina 11 de medición de formas es un digitalizador tridimensional, no se requieren obviamente los datos de diseño de formas tridimensionales. En este caso, el digitalizador tridimensional se configura para dar salida a los datos de formas tridimensionales.

A: Reproducción de datos de formas tridimensionales de un cigüeñal L4

A continuación en la presente, se explicará de forma detallada un tratamiento ilustrativo para la reproducción de los datos de formas tridimensionales de un cigüeñal para el motor de 4 cilindros en serie (cigüeñal L4).

Los siguientes fallos debidos a moldes de colada pueden considerarse como motivos para el desequilibrio en el cigüeñal físico. Específicamente, los fallos que se pueden considerar son: un fallo debido a desalineación entre el molde superior y el molde inferior; un fallo debido a flexión del material cuando este último se extrae de los moldes; y un fallo debido a flexión del material en el desbarbado para eliminar rebabas del material.

El fallo debido a la desalineación entre el molde superior y el molde inferior se produce cuando el molde superior y el molde inferior están desalineados entre sí, aun cuando el cigüeñal físico se produzca de acuerdo con el diseño de los moldes superior e inferior. Por ejemplo, el fallo de este tipo se produce específicamente en las siguientes situaciones: cuando el grosor del material completo aumenta debido a que los moldes superior e inferior están separados entre sí debido a una cantidad de material excesivamente elevada; cuando el material se constituye con

una forma desalineada debido a que los moldes superior e inferior están desalineados; cuando los moldes superior e inferior están en ángulo, respectivamente; y cuando los fallos antes mencionados aparecen combinados.

(a) Respuesta a la desalineación entre moldes superior e inferior

5 En primer lugar, se explicará a continuación en la presente una reproducción ilustrativa de los datos de formas tridimensionales en el cigüeñal físico, que puede hacer frente al fallo que se produce debido a la desalineación de los moldes superior e inferior.

10 El grado de libertad de la magnitud del desplazamiento para cada uno de los moldes superior e inferior es seis. Resumiendo, cada uno de los moldes superior e inferior presenta desplazamientos en paralelo a los ejes X, Y y Z (véase la FIG. 1) y desplazamientos en las direcciones rotacionales de los ejes respectivos. Las magnitudes del desplazamiento en paralelo a los ejes X, Y y Z se definen en la presente, respectivamente, como X, Y, y Z, mientras que las magnitudes del desplazamiento en las direcciones rotacionales de los ejes respectivos se definen, respectivamente, como A, B y C. El desplazamiento en la dirección Z apenas tiene impacto sobre el desequilibrio del cigüeñal en la dirección rotacional. En otras palabras, las magnitudes del desplazamiento X, Y, A, B y C de las magnitudes de desplazamiento antes mencionada tienen un impacto realmente sobre el desequilibrio del cigüeñal en la dirección rotacional. En la presente realización, se miden por lo tanto las formas de los contrapesos para calcular las cinco magnitudes de desplazamiento. La flexión del material se puede calcular midiendo las cinco magnitudes de desplazamiento con respecto a todos los contrapesos.

20 La CPU 21 del ordenador 20 detecta una posición en la que se ajustan óptimamente cada uno de los contrapesos físicos reales y cada uno de los contrapesos de diseño correspondientes, con el uso de los datos de formas de la periferia exterior de cada contrapeso (datos de formas de medición) recibidos desde la máquina 11 de medición de formas, y los datos de formas de la periferia exterior de cada contrapeso de diseño (datos de formas de diseño). Por ejemplo, la CPU 21 mueve la forma representada por los datos de formas de medición en las direcciones ascendente, descendente, a derecha e izquierda. A continuación, la CPU 21 detecta una posición en la que la suma del error cuadrático de valores de coordenadas se minimiza entre cada coordenada correspondiente a la forma movida y cada coordenada correspondiente a la forma de diseño.

30 Después de la detección de la posición con el mejor ajuste, la CPU 21 calcula un error (error de perfil) entre la forma de diseño y la forma medida real, en relación con la periferia completa de cada contrapeso. Sobre la base del error, la CPU 21 calcula la deformación de cada contrapeso debida a desplazamientos paralelos en las direcciones axiales de los moldes superior e inferior y sus desplazamientos en las direcciones rotacionales de los ejes respectivos. A continuación, la CPU 21 refleja la deformación en los datos de diseño de formas tridimensionales. De este modo, la CPU 21 produce los datos de formas tridimensionales para representar una forma y una posición de cada contrapeso real.

La FIG. 4 es un primer diagrama para explicar la creación de una forma 3D de un cigüeñal físico, de acuerdo con una realización de la presente invención.

35 Tal como se ilustra en la FIG. 4, en la presente realización, por ejemplo, se obtienen errores en las posiciones (1) a (12) entre una forma real RCW1 (correspondiente al contrapeso CW1 posicionado en un extremo del cigüeñal) y una forma de diseño ICW1, y entre una forma real RCW8 (correspondiente al contrapeso CW8 posicionado en el otro extremo del cigüeñal) y una forma de diseño ICW8. Sobre la base de los errores en las 12 posiciones, se calculan magnitudes de desplazamiento X, Y, A, B y C. Además, los datos de formas tridimensionales, que representan los contrapesos reales, se producen modificando los datos de diseño de formas tridimensionales almacenados en la ROM 22 sobre la base de las magnitudes de desplazamiento. Cuando el molde superior y el molde inferior están desalineados, es posible calcular las magnitudes de desplazamiento de los contrapesos (CW2 a CW7) interpuestos entre los contrapesos CW1 y CW8, basándose en las magnitudes de desplazamiento de los contrapesos CW1 y CW8. Esto es debido a que se establece una relación lineal entre las formas de los contrapesos CW2 a CW7, entre los contrapesos CW1 y CW8. Con la configuración, es posible producir los datos de formas tridimensionales que incluyen estos contrapesos.

50 A continuación, la CPU 21 modifica los datos de diseño de formas tridimensionales, de manera que la parte central de cada uno de los muñones (es decir, los muñones y las muñequillas) interpuestos entre los contrapesos pueden continuar de manera uniforme hacia los contrapesos dispuestos en ambos lados de cada muñón. En la presente la modificación se ejecuta para la parte correspondiente de los datos de diseño de formas tridimensionales, por ejemplo, mediante estiramiento (dilatación y contracción). Con el tratamiento antes mencionado, es posible producir los datos de formas tridimensionales representando apropiadamente la forma real del cigüeñal físico 1.

(b) Respuesta a la flexión del material

55 A continuación, se explicará en la presente una reproducción ilustrativa de los datos de formas tridimensionales en el cigüeñal físico, que puede hacer frente incluso a casos en los que el material no se constituye de acuerdo con un diseño de los moldes superior e inferior. Los casos incluyen: cuando se produce un fallo debido a flexión del material en la extracción de este último con respecto a los moldes; y cuando se produce un fallo debido a flexión del material

en el desbarbado para eliminar rebabas del material.

Los casos en los que el material no se forma de acuerdo con el diseño de los moldes superior e inferior indican específicamente los casos en los que los muñones y contrapesos respectivos se deforman independientemente en el desbarbado o la extracción del material con respecto a los moldes. Obsérvese que los fallos del material vienen provocados frecuentemente por la flexión antes mencionada del material desde un punto de vista empírico.

Para responder a los casos anteriores, es necesario preparar datos de diseño de formas tridimensionales, que se dividen en segmentos en la medida de lo posible, y generar los datos de formas tridimensionales del cigüeñal físico real mediante estiramiento, movimiento, rotación y similares, con respecto a los segmentos divididos respectivos.

Como respuesta a esto, cada contrapeso se puede manipular como un segmento individual en los datos de diseño de formas tridimensionales. En este caso, se requiere que la máquina 11 de medición de formas mida preliminarmente las formas de todos los contrapesos.

En el presente ejemplo, la CPU 21 detecta una posición en la que cada contrapeso físico real y cada contrapeso de diseño correspondiente presentan el mejor ajuste, con el uso de los datos de formas de la periferia exterior de cada contrapeso respectivo (datos de formas de medición) y los datos de formas de cada contrapeso de diseño (los datos de diseño de formas tridimensionales). En el presente ejemplo, la CPU 21 detecta la posición del mejor ajuste ejecutando un movimiento rotacional de la forma representada por los datos de formas de medición, además de su movimiento ascendente, descendente, a derecha e izquierda.

Después de la detección de la posición con el mejor ajuste, la CPU 21 calcula un error de perfil de cada contrapeso, y obtiene errores de cada contrapeso en diversas posiciones correspondientes a los puntos (1) a (6) ilustrados en la FIG. 4. Seguidamente, basándose en los errores, la CPU 21 calcula la deformación de cada contrapeso debida a los desplazamientos paralelos de los moldes superior e inferior en las direcciones axiales, y a sus desplazamientos en las direcciones rotacionales de los ejes respectivos. A continuación, la CPU 21 refleja la deformación en los datos de diseño de formas tridimensionales de cada contrapeso. Seguidamente, la CPU 21 lleva a cabo una deformación para conseguir que se produzca una continuación uniforme de los modelos tridimensionales de los contrapesos uno con respecto a otro. De este modo, la CPU 21 genera los datos de formas tridimensionales del cigüeñal físico. Cuando los contrapesos según la presente se conectan entre sí, los datos de formas tridimensionales se generan ejecutando una modificación en la que se deforman los muñones dispuestos entre los contrapesos, respectivamente. Con el tratamiento antes mencionado, es posible producir los datos de formas tridimensionales para representar apropiadamente la forma del cigüeñal físico.

B: Reproducción de datos de formas tridimensionales del cigüeñal V6

A continuación, se explicará de forma más detallada en la presente un tratamiento ilustrativo de reproducción de datos de formas tridimensionales de un cigüeñal para el motor de 6 cilindros en V (cigüeñal V6).

En el cigüeñal V6, se lleva a cabo normalmente una torsión (mecanizado de torsión) para el cigüeñal físico forjado. Por lo tanto, es necesario considerar los fallos (por ejemplo, ángulo de torsión demasiado pequeño/grande) provocados por una máquina de torsión para llevar a cabo dicha torsión. La magnitud de desplazamiento en la dirección de rotación (error) D entre el ángulo de torsión real y el ángulo de torsión de diseño se corresponde con el desplazamiento angular de los contrapesos completos formados con los moldes superior e inferior.

(a) Respuesta a la desalineación entre moldes superior e inferior

En primer lugar, se explicará en la presente una reproducción ilustrativa de los datos de formas tridimensionales en el cigüeñal físico, que pueden hacer frente a casos en los que los moldes superior e inferior están desalineados.

En el presente ejemplo, la CPU 21 detecta una posición en la que cada contrapeso real y cada contrapeso de diseño presentan el mejor ajuste, con el uso de los datos de formas de la periferia exterior de cada contrapeso (datos de formas de medición) y los datos de formas de cada contrapeso de diseño (datos de diseño de formas tridimensionales). En el presente ejemplo, la CPU 21 detecta la posición del mejor ajuste llevando a cabo un movimiento rotacional con respecto a la forma representada por los datos de formas además de sus direcciones ascendente/descendente, a derecha e izquierda. La magnitud rotacional de la forma de cada contrapeso real, en la detección de la posición del mejor ajuste, se corresponde con la magnitud de desplazamiento D, que es el error angular entre cada contrapeso real y cada contrapeso de diseño correspondiente.

La FIG. 5 es un segundo diagrama para explicar la generación de los datos de formas tridimensionales de un cigüeñal físico de acuerdo con una realización de la presente invención.

Tal como se ilustra en la FIG. 5(c), el cigüeñal V6 incluye nueve contrapesos CW1 a CW9. Cuando el cigüeñal V6 ilustrado en la FIG. 5(c) se observa desde el lado izquierdo (es decir, lado frontal) después de su forjado, las muñequillas P1 a P6 están dispuestas en cualquiera de cuatro áreas según se ilustra en la FIG. 5(a).

Tal como se ilustra en la FIG. 5(b), una máquina de torsión aplica una torsión a una sección que incluye los

5 contrapesos CW1 a CW3 en torno al muñón principal J2 a 60 grados en la dirección de las agujas del reloj. Además, la máquina torsionadora aplica una torsión a una sección que incluye los contrapesos CW7 a CW9 en torno al muñón principal J3 a 60 grados, en la dirección contraria a las agujas del reloj. De este modo, el cigüeñal físico, obtenido después de la forja, se ajusta de manera que presenta una disposición de muñequillas para un motor V6. Obsérvese que los contrapesos CW4 a CW6 no se hacen girar debido a que se usan como referencias de la torsión.

De este modo, se aplica una torsión al cigüeñal V6 en dos posiciones (es decir, los muñones principales J2, J3). Por lo tanto, la magnitud de desplazamiento D puede obtenerse en las dos posiciones ejecutando un ajuste óptimo de los contrapesos.

10 Basándose en esto, la CPU 21 reproduce la forma de cada contrapeso antes de la torsión, es decir, la forma de cada contrapeso físico inmediatamente después de su forja, haciendo girar la forma de cada contrapeso medido en la dirección de contra-torsión, con un ángulo que se obtendrá reflejando un error de torsión en una magnitud de torsión predeterminada (por ejemplo, 60 grados). Esto hace posible comparar la forma diseñada del cigüeñal V6 en la forja y la forma del cigüeñal V6 tras la torsión.

15 Por lo tanto, de manera similar al tratamiento antes mencionado para el cigüeñal L4, la CPU 21 calcula la deformación de cada contrapeso debida a los desplazamientos paralelos de los moldes superior e inferior en las direcciones axiales, y a sus desplazamientos en las direcciones rotacionales de los ejes respectivos, sobre la base del valor de medición correspondiente a cada contrapeso físico inmediatamente después de la forja. A continuación, la CPU 21 refleja la deformación en los datos de diseño de formas tridimensionales del cigüeñal V6 en la forja. Así, la CPU 21 genera los datos de formas tridimensionales que representan los cigüeñales reales en la forja (es decir, antes de la torsión). Seguidamente, la CPU 21 deforma secciones objetivo de la torsión del cigüeñal físico en los datos de formas tridimensionales. En este caso, la deformación se corresponde con la torsión en la cual un error de torsión (magnitud de desplazamiento D) se refleja en la magnitud de torsión. Así, la CPU 21 produce los datos de formas tridimensionales del cigüeñal físico tras la torsión. Con el tratamiento antes mencionado, es posible producir los datos de formas tridimensionales para representar apropiadamente el cigüeñal real.

25 (b) Respuesta a la flexión del material

Cuando se produce un fallo debido a flexión del material que se ha provocado en el desbarbado para eliminar rebabas del material, es decir, cuando el material no se forma de acuerdo con un diseño de los moldes superior e inferior, la reproducción de los datos de formas tridimensionales del cigüeñal V6 se puede lograr mediante un tratamiento similar a la respuesta antes mencionada a la flexión del material del cigüeñal L4.

30 Específicamente en el caso del cigüeñal V6, la CPU 21 calcula un error de perfil de cada contrapeso después del ajuste óptimo del contrapeso. Por consiguiente, la CPU 21 obtiene información de forma de cada contrapeso. En el presente documento la información de forma incluye errores de cada contrapeso en diversas posiciones correspondientes a los puntos (1) a (6) ilustrados en la FIG. 4, y un ángulo de giro en el ajuste óptimo del contrapeso (correspondiente a un ángulo de torsión que incluye un error).

35 Basándose en la información de forma, la CPU 21 modifica los datos de diseño de formas tridimensionales del cigüeñal físico. Con el tratamiento antes mencionado, es posible producir los datos de formas tridimensionales para representar apropiadamente la forma del cigüeñal físico real.

C: Reproducción del modelo de formas tridimensionales del cigüeñal V8

40 A continuación, se explicará en la presente, de forma detallada, un tratamiento ilustrativo de reproducción de datos de formas tridimensionales de un cigüeñal para el motor de 8 cilindros en V (cigüeñal V8).

De manera similar a la producción del cigüeñal V6, en la producción del cigüeñal V8 se lleva a cabo una torsión (mecanización de torsión) para un cigüeñal físico forjado de manera normal. Por lo tanto, se requiere la consideración de fallos (por ejemplo, ángulo de torsión demasiado grande/pequeño) que serán provocados por una máquina torsionadora destinada a llevar a cabo la torsión.

45 (a) Respuesta al desplazamiento entre moldes superior e inferior

Tal como se ilustra en la FIG. 5(f), el cigüeñal V8 incluye ocho contrapesos CW1 a CW8. Cuando el cigüeñal V8 ilustrado en la FIG. 5(f) se observa desde el lado izquierdo (es decir, lado frontal) después de la forja, las muñequillas respectivas P1 a P4 están dispuestas en dos áreas tal como se ilustra en la FIG. 5(d).

50 Una máquina torsionadora aplica una torsión a una sección que incluye los contrapesos CW1, CW2 en torno al muñón principal G2, a 45 grados, en la dirección de las agujas del reloj observada desde el lado frontal. La máquina torsionadora aplica también una torsión a una sección que incluye los contrapesos CW7, CW8 en torno al muñón principal G4, a 45 grados, en la dirección de las agujas del reloj. Por otra parte, la máquina torsionadora aplica una torsión a una sección que incluye los contrapesos CW3, CW4, CW5 y CW6, en torno a los muñones principales J2, J4, a 45 grados, en la dirección contraria a las agujas del reloj. Por consiguiente, el cigüeñal físico después de la forja se ajusta de manera que presenta una disposición de muñequillas para el motor V8 según se ilustra en la FIG.

5(e).

De este modo, el cigüeñal V8 se torsiona en torno a dos posiciones (es decir, los muñones principales J2, J4). Por lo tanto, las magnitudes de desplazamiento D en las dos posiciones se pueden obtener aplicando el ajuste óptimo.

5 Basándose en esto, la CPU 21 reproduce la forma de cada contrapeso antes de la torsión, es decir, la forma de cada contrapeso físico inmediatamente después de la forja, haciendo girar la forma de cada contrapeso medido en la dirección de contra-torsión, con un ángulo que se obtendrá reflejando un error de torsión en una magnitud de torsión predeterminada (por ejemplo, 45 grados). Esto hace posible comparar la forma diseñada del cigüeñal V8 en la forja y la forma del cigüeñal V8 tras la torsión.

10 Por lo tanto, de manera similar al tratamiento antes mencionado para el cigüeñal L4, la CPU 21 calcula la deformación de cada contrapeso debida a los desplazamientos paralelos de los moldes superior e inferior en las direcciones axiales, y sus desplazamientos en las direcciones rotacionales de los ejes respectivos basándose en el valor de medición que se corresponde con el contrapeso físico correspondiente inmediatamente después de la forja. A continuación, la CPU 21 refleja la deformación en los datos de diseño de formas tridimensionales del cigüeñal V8 en la forja. Así, la CPU 21 produce los datos de formas tridimensionales que representan el cigüeñal real en la forja (es decir, antes de la torsión). Seguidamente, la CPU 21 deforma secciones objetivo de la torsión del cigüeñal físico en los datos de formas tridimensionales. En este caso, la deformación se corresponde con una torsión en la cual un error de torsión se refleja en la magnitud de torsión. De este modo, la CPU 21 produce los datos de formas tridimensionales del cigüeñal físico tras la torsión. Con el tratamiento antes mencionado, es posible producir los datos de formas tridimensionales para representar apropiadamente los cigüeñales reales.

20 (b) Respuesta a la flexión del material

Cuando se produce un fallo debido a la flexión del material en el desbarbado para eliminar rebabas del material, es decir, cuando el material no se forma en concordancia con el diseño de los moldes superior e inferior, la reproducción de los datos de formas tridimensionales del cigüeñal V8 puede lograrse por medio de un tratamiento similar a la respuesta, antes mencionada, a la flexión del material del cigüeñal L4.

25 Específicamente en el caso del cigüeñal V8, la CPU 21 calcula un error de perfil de cada contrapeso después del ajuste óptimo del contrapeso. A continuación, la CPU 21 obtiene información de forma de cada contrapeso. La información de forma incluye errores de cada contrapeso en diversas posiciones correspondientes a los puntos (1) a (6) ilustrados en la FIG. 4, y un ángulo de giro en el ajuste óptimo del contrapeso (correspondiente a un ángulo de torsión que incluye un error). Basándose en la información de forma, la CPU 21 modifica los datos de diseño de formas tridimensionales del cigüeñal físico. Con el tratamiento antes mencionado, es posible producir los datos de formas tridimensionales para representar apropiadamente la forma del cigüeñal físico.

Tratamiento de mecanización: suposición del agujero central

35 A continuación, nuevamente en referencia a la FIG. 3, después de que se hayan producido los datos de formas tridimensionales del cigüeñal físico 1, la CPU 21 considera una línea central que indica posiciones de agujeros centrales, y considera simultáneamente una línea de referencia de fase, que es una referencia para una fase en la mecanización (Etapa S3). La línea central es una línea que pasa a través de los centros de los muñones principales en los dos extremos del cigüeñal físico en el modelo tridimensional representado por los datos de formas tridimensionales. Por otro lado, la línea de referencia de fase es una línea perpendicular dibujada desde el centro de una muñequilla de referencia predeterminada (por ejemplo, la muñequilla P1) a la línea central antes mencionada.

40 Tratamiento de mecanización: simulación de la mecanización

A continuación, usando los datos de formas tridimensionales producidos del cigüeñal físico real 1, la CPU 21 simula una serie de mecanizados basándose en la línea central y la línea de referencia de fase consideradas (Etapa S4). La serie de mecanizados finaliza con una etapa de mecanización predeterminada (por ejemplo, un procesado de mecanización final para cada muñón) almacenada en la ROM 22.

45 Tratamiento de mecanización: decisión de fallo de mecanización

A continuación, la CPU 21 decide si el cigüeñal físico 1 tiene o no el grosor que se requiere en calidad de cigüeñal en el momento en el que se completa la simulación del procesado de mecanización predeterminado (Etapa S5). Si el cigüeñal 1 tras la mecanización incluye una parte rebajada hacia dentro que no debería haberse producido en su forma exterior final, esta se considera como un estado de carencia del grosor requerido.

50 Cuando se decide que el cigüeñal 1 carece del grosor requerido (No en la Etapa S5), el cigüeñal 1 carece de la rigidez requerida como cigüeñal y similares. En otras palabras, con la línea central y la línea de referencia de fase consideradas en este momento no puede obtenerse un cigüeñal apropiado. Por lo tanto, la CPU 21 hace volver el procesado a la Etapa S3, y reinicializa por lo menos una de entre la posición de la línea central y la correspondiente de la línea de referencia de fase, de manera que el cigüeñal 1 pueda tener el grosor requerido.

Tratamiento de mecanización: resolución del equilibrado

Por otro lado, cuando el cigüeñal tiene el grosor requerido (Sí en la Etapa S5), se calcula el equilibrado del cigüeñal tras la mecanización (Etapa S6).

A continuación se explicará en la presente, de forma detallada, el cálculo del equilibrado del cigüeñal.

5 La FIG. 6 es un diagrama para explicar la magnitud de desequilibrio rotacional del cigüeñal de acuerdo con una realización de la presente invención.

10 Cuando se considera el equilibrio de un objeto giratorio en general, debe considerarse tanto el equilibrio estático como el equilibrio dinámico. En la presente, el equilibrio estático se refiere a la simetría con respecto a un eje de rotación. Un estado de equilibrio estático significa que un objeto permanece en la posición original, sin moverse, incluso si está dirigido con un ángulo arbitrario dentro de los 360 grados, con la condición de que el eje de rotación se mantenga en una posición horizontal. En el estado de equilibrio estático, el eje de rotación pasa a través del centro de gravedad del objeto. Por otro lado, un estado de equilibrio dinámico significa que se logra un equilibrio estático bueno en la dirección axial.

15 Por ejemplo, la FIG. 6(a) ilustra un objeto que está equilibrado dinámico y estáticamente. Por otro lado, la FIG. 6(b) ilustra un objeto que está equilibrado estáticamente, aunque no dinámicamente. Cuando el objeto ilustrado en la FIG. 6(b), que no está equilibrado dinámicamente, se hace girar en torno al eje de rotación, el objeto genera en su totalidad vibraciones debido a que la fuerza centrífuga depende de una posición del eje. La razón es que el eje de rotación coincide con el eje principal de inercia en la FIG. 6(a), pero esto no es así en la FIG. 6(b).

20 Tal como se ha descrito anteriormente, el estado de equilibrio dinámico se refiere a un estado en el que el eje de rotación coincide con el eje principal de inercia.

Basándose en esto, en la presente realización, en la resolución de la magnitud del desequilibrio rotacional del cigüeñal se calcula la distancia entre la línea central considerada en primer lugar y el eje principal de inercia. Cuando la diferencia es igual o inferior a un valor predeterminado, el cigüeñal se considera como cigüeñal totalmente equilibrado en términos dinámicos.

25 A continuación, se explicará de forma más detallada un tratamiento de resolución de la magnitud del desequilibrio rotacional del cigüeñal.

La FIG. 7 es un diagrama para explicar el cálculo del desequilibrio del cigüeñal de acuerdo con una realización de la presente invención.

30 Sobre la base de los datos de formas tridimensionales, la CPU 21 en primer lugar toma la forma del cigüeñal para el cual se ejecuta la simulación de la mecanización hasta un procesado de mecanización predeterminado, y calcula el eje principal de inercia del cigüeñal.

35 Después de que se haya calculado el eje principal de inercia del cigüeñal, la CPU 21 calcula la distancia entre la línea central y el eje principal de inercia sobre dos secciones transversales perpendiculares a la línea central, en dos posiciones predeterminadas a lo largo de la dirección axial del cigüeñal. A continuación, la CPU 21 decide si la distancia en cada posición está o no dentro de un intervalo predeterminado, en otras palabras, si el desequilibrio en cada posición está o no dentro de un intervalo permisible predeterminado (Etapa S7). En la presente realización, la CPU 21 decide si los desequilibrios del cigüeñal en dos posiciones son o no iguales o inferiores a un valor predeterminado, respectivamente. Cuando las dos distancias son iguales o inferiores al valor predeterminado, se resuelve que el desequilibrio del cigüeñal está dentro de un intervalo predeterminado y la magnitud del desequilibrio rotacional está dentro de un intervalo permisible. Por otro lado, cuando al menos una de las distancias supera el valor predeterminado, se resuelve que el desequilibrio del cigüeñal queda fuera del intervalo predeterminado y que la magnitud del desequilibrio rotacional está fuera del intervalo permisible.

45 Como consecuencia, cuando el desequilibrio del cigüeñal está fuera del intervalo predeterminado (No en la Etapa S7), el cigüeñal tras la mecanización genera grandes vibraciones. Esto significa que, con la mecanización, no puede obtenerse un cigüeñal de buena calidad. En este caso, la CPU 21 hace volver de forma correspondiente el procesado a la Etapa S3 en este caso, y reinicializa por lo menos una de la posición de la línea central y la correspondiente de la línea de referencia de fase, de manera que pueda reducirse el desequilibrio del cigüeñal.

50 En principio, los dos cigüeñales V6 y V8 no pueden equilibrarse dinámicamente como un único componente. Como respuesta a esto, es posible obtener un resultado similar al cigüeñal L4 añadiendo al mismo un contrapeso de cálculo o una pluralidad de contrapesos de cálculo, a la hora de calcular el eje principal de inercia.

Por otro lado, cuando el desequilibrio del cigüeñal está dentro del intervalo predeterminado (Sí en la Etapa S7), la CPU 21 resuelve la línea central y la línea de referencia de fase consideradas como referencias en la mecanización, y notifica a la máquina 10 de mecanización de agujeros centrales la información que indica la línea central y la línea de referencia de fase. El motivo es que, ejecutando un procesado de mecanización sucesivo que se basa en la línea

central y la línea de referencia de fase consideradas, si el desequilibrio del cigüeñal está dentro del intervalo predeterminado, puede obtenerse un cigüeñal que genera menos vibraciones en su rotación.

5 Obsérvese que la resolución del equilibrado no se limita al ejemplo antes mencionado. Por ejemplo, puede extraerse únicamente la sección de contrapesos y puede obtenerse una línea central para permitir que se equilibre dinámicamente solo la sección de contrapesos. El motivo es que tanto la sección de muñones principales como la sección de muñequillas, que se producen en la mecanización, están teóricamente equilibradas, y por lo tanto son despreciables en el cálculo del equilibrio.

Tratamiento de mecanización: mecanización real del agujero central

10 Cuando se recibe la notificación antes mencionada, la máquina 10 de mecanización de agujeros centrales sujeta el cigüeñal físico 1 con el dispositivo de sujeción de piezas de trabajo, y desbloquea y retrae el mandril para piezas de trabajo. A continuación, la máquina 10 de mecanización de agujeros centrales lleva a cabo un fresado para las dos superficies terminales del cigüeñal físico 1 con una fresa, para obtener la línea central y la línea de referencia de fase notificadas (Etapa S8).

15 A continuación, la máquina 10 de mecanización de agujeros centrales ajusta posiciones de los taladros centrales dispuestos en los dos lados del cigüeñal físico 1, de manera que los taladros centrales se pueden disponer a lo largo de la línea central notificada del cigüeñal físico 1. A continuación, en las dos superficies terminales del cigüeñal físico 1 se realizan agujeros dispuestos a lo largo de la línea central (es decir, agujeros centrales) (Etapa S9). De este modo, es posible realizar los agujeros centrales que permiten la producción de un cigüeñal apropiado después de la mecanización. Adicionalmente, en la presente realización, el cigüeñal físico 1, medido por la máquina 11 de medición de formas, es sujetado por el mismo dispositivo de sujeción para piezas de trabajo, en la posición de medición sin sacarlo fuera. A continuación, la máquina 10 de mecanización de agujeros centrales se configura para realizar los agujeros centrales en dicho cigüeñal. Por lo tanto, es posible evitar apropiadamente una situación en la que coordenadas de las partes respectivas del cigüeñal físico 1 están desalineadas con respecto a las correspondientes de la medición. Consecuentemente, es posible realizar con una elevada precisión los agujeros centrales en posiciones apropiadas.

Tratamiento de mecanización: mecanización real del cigüeñal

30 A continuación, una máquina transportadora automática (no ilustrada en la figura) transporta el cigüeñal físico 1, en el cual se han realizado los agujeros centrales, a la fresadora 30 de cigüeñales. La fresadora 30 de cigüeñales coloca sobre ella misma el cigüeñal físico 1 mientras los agujeros centrales realizados se usan como referencia, y ejecuta un procesado de mecanización predeterminado para el cigüeñal físico 1 (Etapa S10). De este modo puede obtenerse un cigüeñal equilibrado apropiado.

Otras realizaciones

35 La presente invención se ha explicado basándose en las realizaciones antes mencionadas. No obstante, la presente invención no se limita a las realizaciones antes mencionadas, y se puede aplicar a cualquiera de otros diversos aspectos.

Por ejemplo, la máquina 11 de medición de formas y el ordenador 20 pueden constituir un aparato integrado. Alternativamente, la máquina 10 de mecanización de agujeros centrales y el ordenador 20 pueden constituir un aparato integrado.

40 Además, en las realizaciones antes mencionadas, el ajuste del equilibrado se puede ejecutar para el cigüeñal después de que la fresadora 30 de cigüeñales haya ejecutado la mecanización del cigüeñal. En este caso, es posible reducir el periodo de tiempo que se requiere para el ajuste del equilibrado. Adicionalmente, es posible reducir el número de cigüeñales que se producen como productos inferiores.

Aplicabilidad industrial

45 De acuerdo con el aparato de procesado antes mencionado, los datos de formas tridimensionales se pueden producir sin medir la forma completa del cigüeñal físico. Por consiguiente, no se requiere que el aparato de procesado esté provisto de un componente para medir la forma completa del cigüeñal físico.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de procesado para decidir una posición de agujeros centrales a realizar en un cigüeñal físico (1), que comprende:

5 medios (20b) de adquisición de datos de formas tridimensionales para adquirir datos de formas tridimensionales del cigüeñal físico (1); y

 medios (20c) de suposición de la posición del agujero central para suponer la posición del agujero central en el cigüeñal físico (1) basándose en los datos de formas tridimensionales;

caracterizado por

10 medios (20d) de especificación de formas para simular una mecanización predeterminada para el cigüeñal físico (1) basándose en la posición supuesta del agujero central como referencia, y a continuación especificar una forma del cigüeñal físico (1) después de la simulación del mecanizado;

 medios (20f) de resolución del equilibrado para decidir si una magnitud de desequilibrio rotacional en la forma del cigüeñal físico (1) después de la simulación del mecanizado está o no dentro de un intervalo permisible predeterminado; y

15 medios (20g) de determinación del agujero central para decidir la posición supuesta del agujero central como posición de taladrado real del agujero central, cuando la magnitud del desequilibrio rotacional está dentro del intervalo permisible predeterminado.

2. Aparato de procesado según la reivindicación 1,

20 que comprende además medios generadores (20a) de datos de formas tridimensionales para generar los datos de formas tridimensionales del cigüeñal físico (1) basándose en datos de medición y en datos de diseño de formas tridimensionales, obteniéndose los datos de medición midiendo parcialmente el cigüeñal físico (1), y siendo los datos de diseño de formas tridimensionales datos de diseño del cigüeñal físico (1),

 en donde los medios (20b) de adquisición de datos de formas tridimensionales adquieren los datos de formas tridimensionales generados por los medios generadores (20a) de datos de formas tridimensionales.

25 3. Aparato de procesado según la reivindicación 1,

 que comprende además medios (20e) de decisión de las condiciones de mecanización para decidir si falta o no una parte esencial en calidad de cigüeñal (1) en la forma del cigüeñal físico (1) después de la simulación del mecanizado especificada por los medios (20d) de especificación de formas,

30 en donde los medios (20c) de suposición de la posición del agujero central suponen una posición nueva para el agujero central cuando se decide que la parte esencial falta en el cigüeñal físico (1).

4. Aparato de procesado según la reivindicación 1, en el que los medios (20c) de suposición de la posición del agujero central están adaptados para suponer una nueva posición para el agujero central cuando se decide que la magnitud del desequilibrio rotacional no está dentro del intervalo permisible predeterminado.

35 5. Aparato de procesado según la reivindicación 1, en el que los medios (20f) de resolución del equilibrado están adaptados para calcular la magnitud del desequilibrio rotacional en la forma del cigüeñal físico después de la simulación del mecanizado, y deciden que la magnitud del desequilibrio rotacional está dentro del intervalo permisible predeterminado cuando la magnitud del desequilibrio rotacional es igual o inferior a un valor predeterminado.

6. Sistema de mecanización de agujeros centrales para un cigüeñal (1), que comprende

40 medios (10) de mecanización para realizar realmente agujeros centrales en las dos superficies terminales del cigüeñal físico (1), en donde

 los medios (10) de mecanización están adaptados para realizar realmente los agujeros centrales en las posiciones del cigüeñal físico (1) decididas por los medios (20g) de determinación del agujero central; caracterizado por

45 un aparato de procesado según la reivindicación 1.

7. Sistema de mecanización de agujeros centrales para un cigüeñal según la reivindicación 6, que comprende además medios de medición para medir parcialmente una forma del cigüeñal físico (1).

8. Programa de decisión de la posición de agujeros centrales para conseguir que un ordenador decida una posición

de agujeros centrales a realizar en un cigüeñal físico (1), de manera que el programa de decisión de la posición de agujeros centrales consigue que el ordenador funcione como:

medios (20b) de adquisición de datos de formas tridimensionales para adquirir datos de formas tridimensionales del cigüeñal físico (1); y

5 medios (20c) de suposición de la posición del agujero central para suponer una posición del agujero central en el cigüeñal físico (1) basándose en los datos de formas tridimensionales;

caracterizado por

10 medios (20d) de especificación de formas para simular una mecanización predeterminada para el cigüeñal físico (1) basándose en la posición supuesta del agujero central como referencia, y a continuación especificar una forma del cigüeñal físico (1) después de la simulación del mecanizado;

medios (20f) de resolución del equilibrado para decidir si una magnitud de desequilibrio rotacional en la forma del cigüeñal físico (1) después de la simulación del mecanizado está o no dentro de un intervalo permisible predeterminado; y

15 medios (20g) de determinación del agujero central para decidir la posición supuesta del agujero central como posición de taladrado real del agujero central, cuando la magnitud del desequilibrio rotacional está dentro del intervalo permisible predeterminado.

9. Método de decisión de la posición de agujeros centrales para decidir una posición de agujeros centrales a realizar en un cigüeñal físico (1), que comprende:

20 una etapa de adquisición de datos de formas tridimensionales para adquirir datos de formas tridimensionales del cigüeñal físico (1); y

una etapa de suposición de la posición del agujero central para suponer una posición del agujero central en el cigüeñal físico (1); caracterizado por

25 una etapa de especificación de formas para simular una mecanización predeterminada con respecto al cigüeñal físico (1) basándose en que la posición supuesta del agujero central se usa como referencia, y a continuación especificar una forma del cigüeñal físico (1) después de la simulación del mecanizado;

una etapa de resolución del equilibrado para decidir si una magnitud de desequilibrio rotacional en la forma del cigüeñal físico (1) después de la simulación del mecanizado está o no dentro de un intervalo permisible predeterminado; y

30 una etapa de determinación del agujero central para decidir la posición supuesta del agujero central como posición realmente de taladrado del agujero central, cuando la magnitud del desequilibrio rotacional está dentro del intervalo permisible predeterminado.

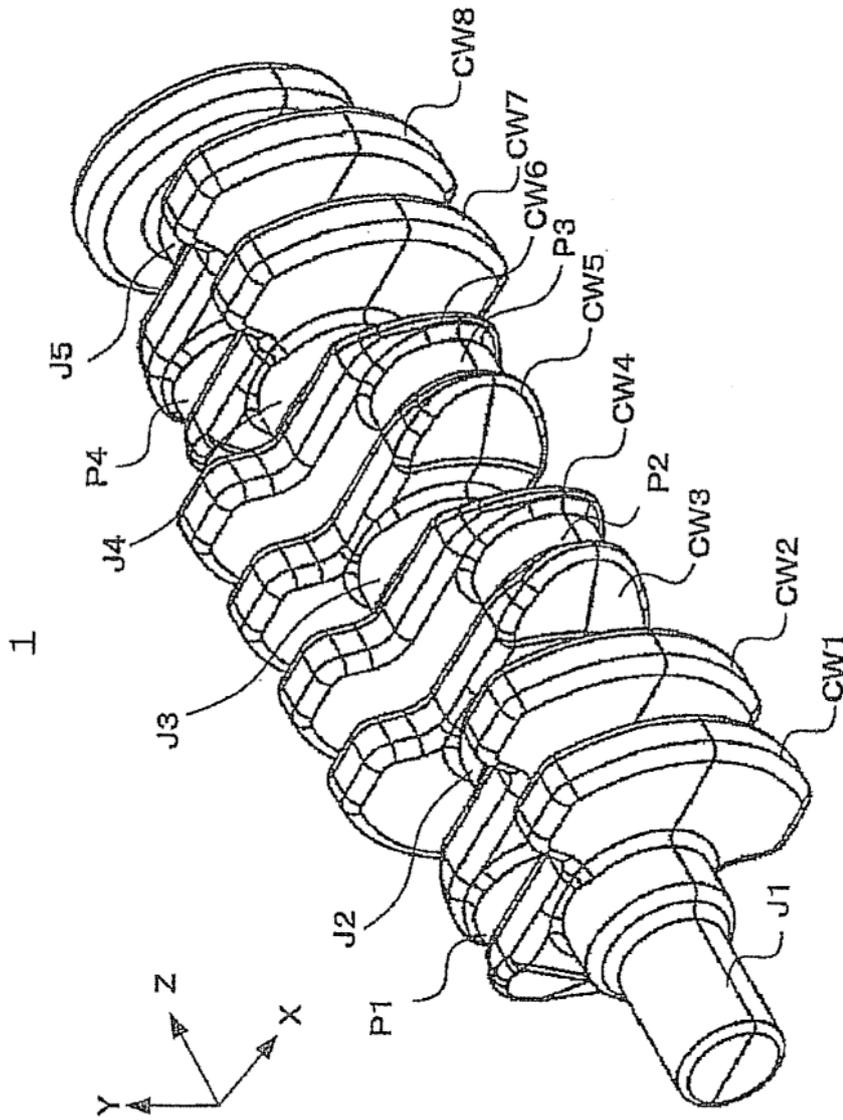
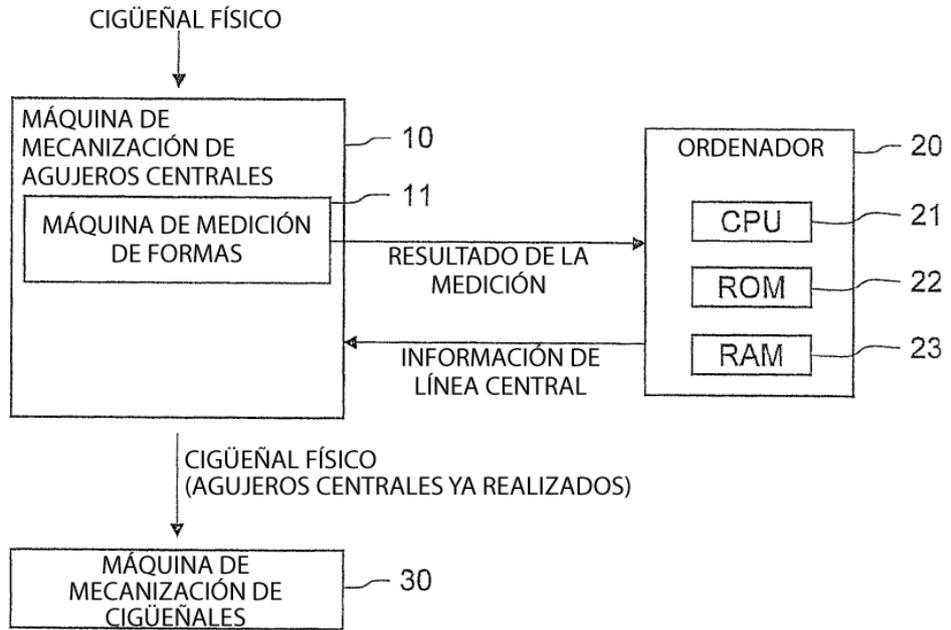


FIG. 1

(a)



(b)

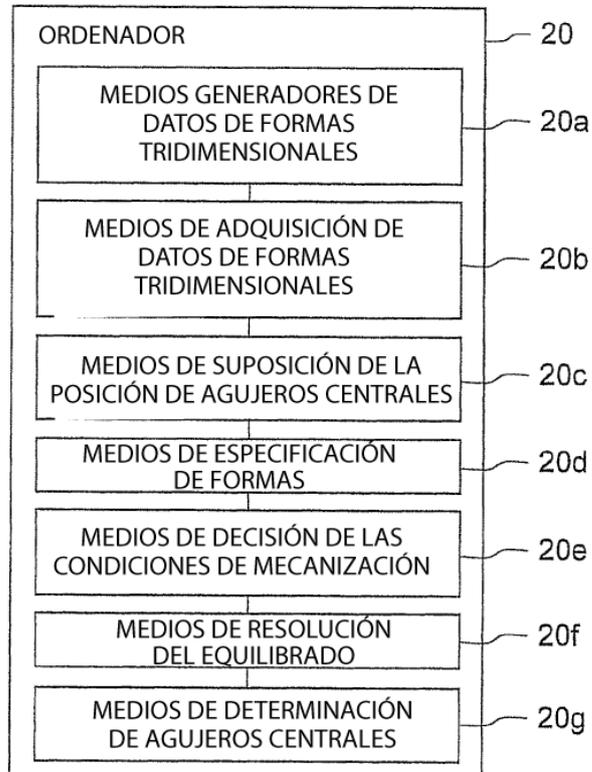


FIG. 2

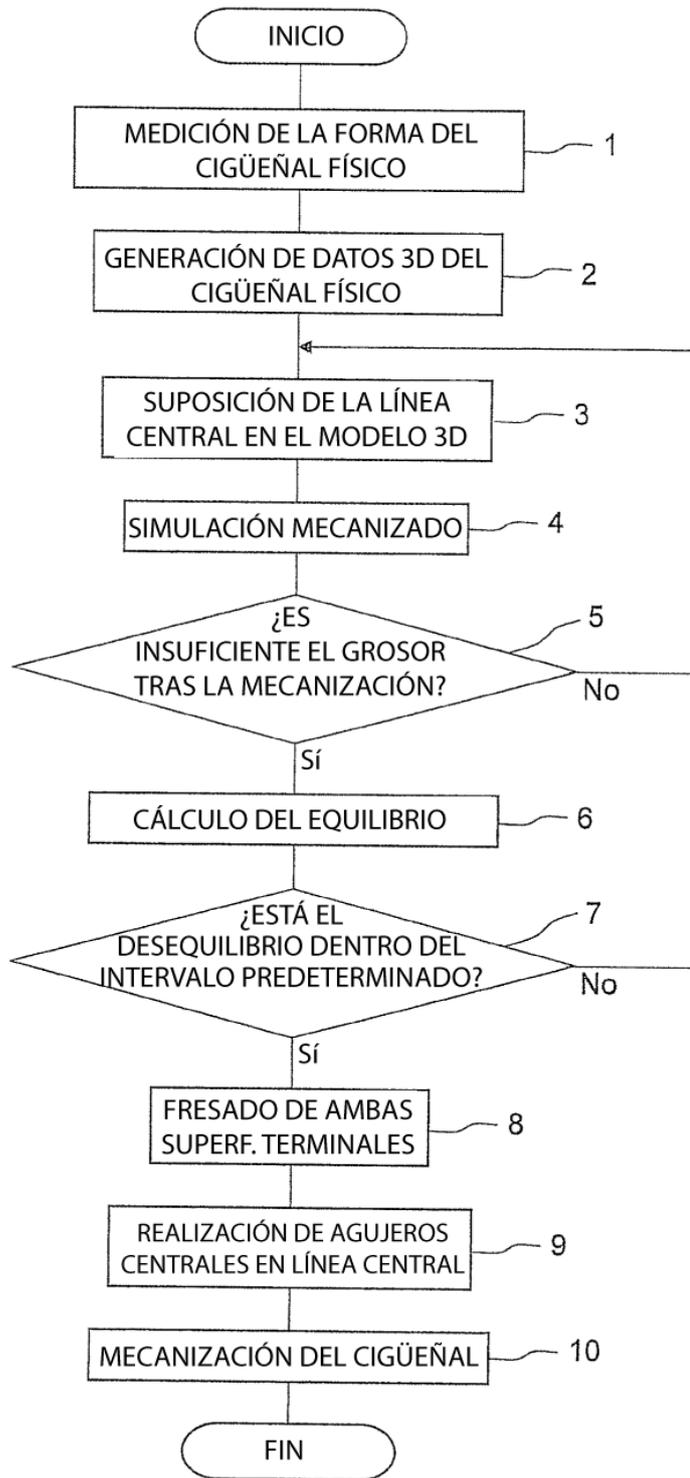


FIG. 3

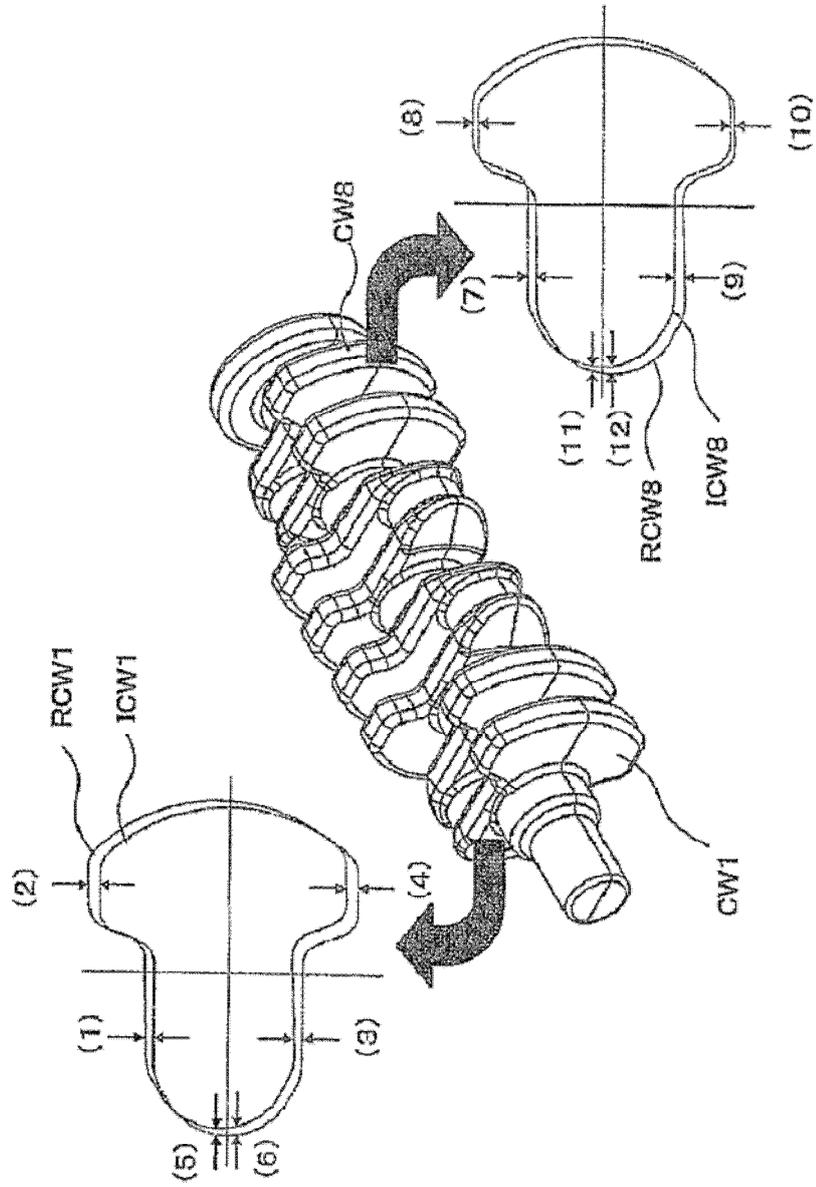


FIG. 4

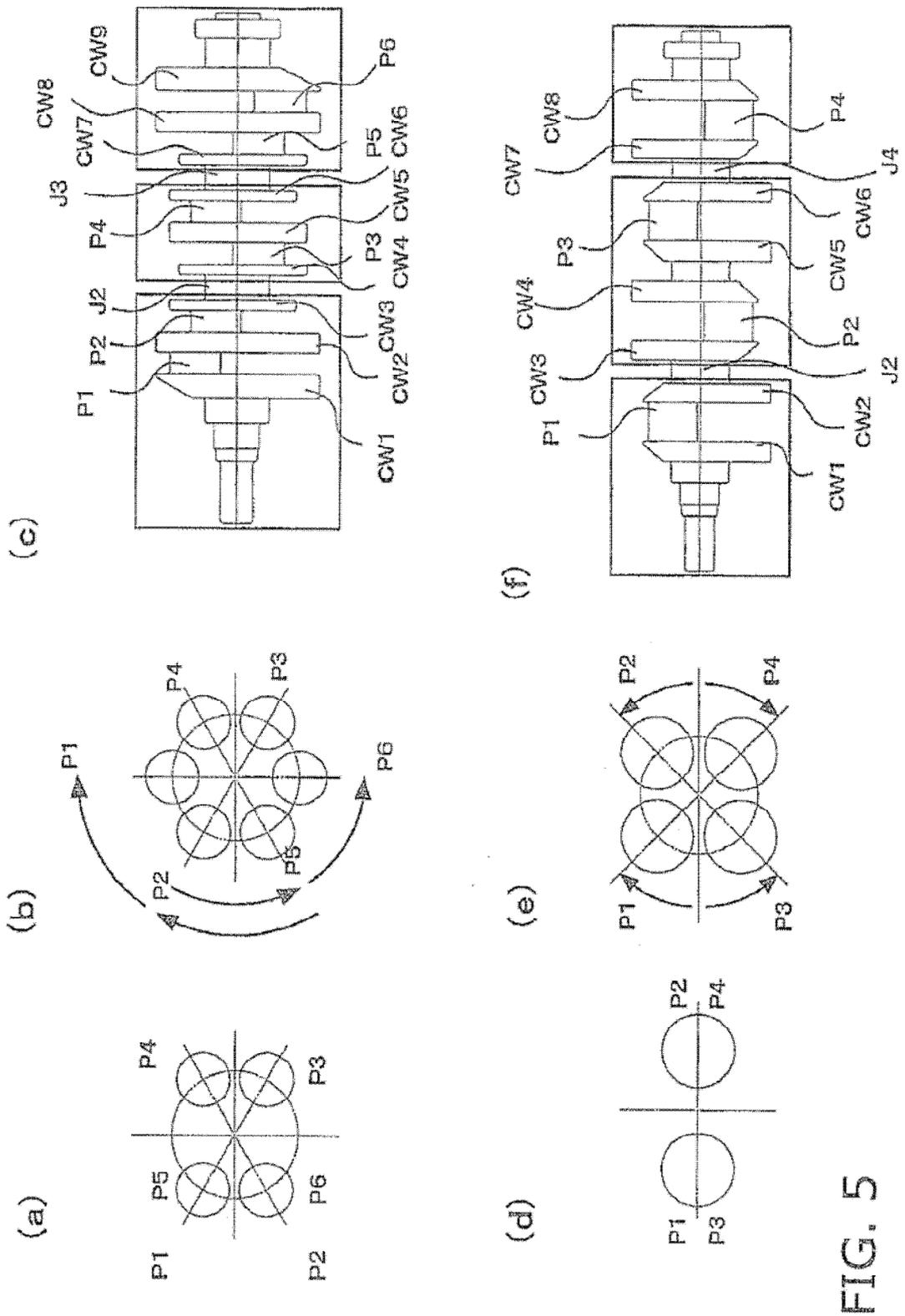


FIG. 5

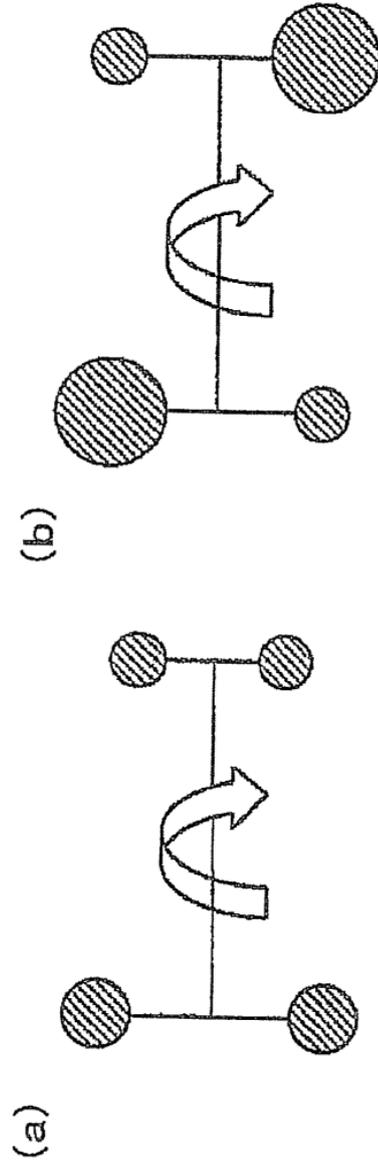


FIG. 6

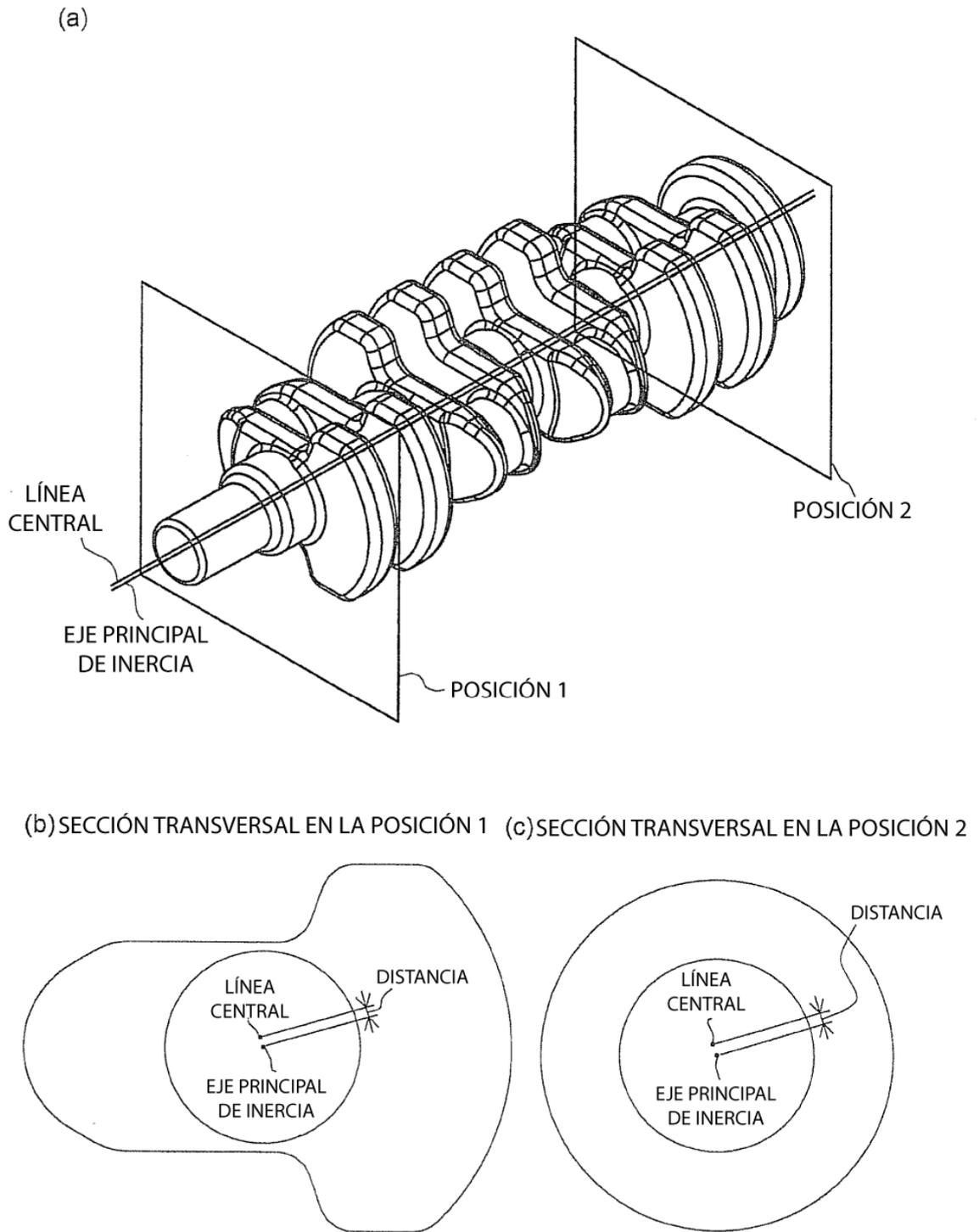


FIG. 7