

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 813 350**

51 Int. Cl.:

**B23Q 15/12** (2006.01)

**G05B 19/404** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.06.2017 PCT/JP2017/023619**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.01.2018 WO18003813**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2017 E 17820167 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.08.2020 EP 3450096**

54 Título: **Máquina herramienta, método de fabricación de objetos mecanizados y sistema de mecanizado**

30 Prioridad:

**28.06.2016 JP 2016128213**

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

**23.03.2021**

73 Titular/es:

**KOMATSU NTC LTD. (100.0%)  
100 Fukuno  
Nanto-shi, Toyama 939-1595, JP**

72 Inventor/es:

**BANDO, KENICHI;  
MUNZIR, MOHAMMAD y  
NAKAYAMA, AKIRA**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 813 350 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

Máquina herramienta, método de fabricación de objetos mecanizados y sistema de mecanizado

### 5 Campo

La presente invención se refiere a una máquina herramienta, un método de fabricación de objetos mecanizados y un sistema de mecanizado.

### Antecedentes

10 Existe, por ejemplo, un dispositivo de rectificado conocido como una máquina herramienta para mecanizar una pieza de trabajo (véase bibliografía de patente 1).

El documento US-A-2013/0272812 es la técnica anterior más próxima y describe una máquina herramienta de fresado en la que un sensor 33 detecta las fuerzas de resistencia al corte de una herramienta 5 cuando se mecaniza una pieza de trabajo. Un calculador 42 de cantidad de desplazamiento del centro C de herramienta calcula el desplazamiento del centro de rotación de la herramienta basándose en las fuerzas de resistencia al corte medidas y un modelo característico dinámico de la herramienta almacenado en una memoria 41. Un calculador de error de mecanizado 61 calcula posteriormente el error de mecanizado basándose en el desplazamiento medido y calculado de la herramienta y la forma objetivo de la pieza de trabajo W. Véanse en particular las figuras 1-3 y 7 de dicho documento.

### 20 Lista de citas

#### Bibliografía de patente

Bibliografía de patente 1: Solicitud de patente japonesa abierta a inspección pública número 2016-016483 A.

### 25 Compendio

#### Problema técnico

30 Los objetos mecanizados fabricados por una máquina herramienta se inspeccionan para verificar la calidad del mecanizado mediante un aparato de inspección en un proceso posterior. La inspección lleva tiempo y es difícil inspeccionar todos los objetos mecanizados fabricados. Por esta razón, se realiza una inspección de muestreo en la que se seleccionan e inspeccionan algunos de los objetos mecanizados fabricados. En el caso de la inspección de muestreo, pueden despacharse objetos mecanizados que tengan una calidad de mecanizado deficiente. Además, en el caso de una inspección en la que se utilice un aparato de inspección, los objetos mecanizados que tienen una

35 calidad de mecanizado deficiente se encuentran en un proceso posterior, y es difícil encontrarlos en tiempo real durante el mecanizado.

Un aspecto de la presente invención es proporcionar una máquina herramienta, un método de fabricación de objetos mecanizados y un sistema de mecanizado capaz de inspeccionar la calidad del mecanizado en tiempo real durante el

#### 40 Solución al problema

Según un primer aspecto de la presente invención, una máquina herramienta comprende: una herramienta configurada para mecanizar una pieza de trabajo mientras está en contacto con la pieza de trabajo; una unidad de adquisición de

45 datos de cantidad de estado configurada para adquirir datos de cantidad de estado de la pieza de trabajo y de la herramienta; una unidad de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado configurada para calcular datos de estimación de cantidad de estado a partir de un modelo de simulación que incluye un modelo característico dinámico de dispositivo que indica una característica dinámica de la herramienta y un modelo de pieza de trabajo que indica una forma objetivo de la pieza de trabajo; y una unidad de cálculo de estado de mecanizado configurada para calcular,

50 basándose en los datos de cantidad de estado y en los datos de estimación de cantidad de estado, unos datos de estado de mecanizado que indican un estado de mecanizado de la pieza de trabajo.

Según un segundo aspecto de la presente invención, un método de fabricación de objetos mecanizados comprende: mecanizar una pieza de trabajo mediante una herramienta poniendo la pieza de trabajo en contacto con la herramienta;

55 adquirir datos de cantidad de estado de la pieza de trabajo y de la herramienta durante el mecanizado; calcular datos de estimación de cantidad de estado a partir de un modelo de simulación que incluye un modelo característico dinámico de dispositivo que indica una característica dinámica de la herramienta y un modelo de pieza de trabajo que indica una forma objetivo de la pieza de trabajo; calcular, basándose en los datos de cantidad de estado y los datos de estimación de cantidad de estado, unos datos de estado de mecanizado que indican un estado de mecanizado de la

60 pieza de trabajo; dar salida a los datos de estado de mecanizado durante el mecanizado; y controlar una condición de mecanizado por la herramienta basándose en los datos de estado de mecanizado durante el mecanizado.

Según un tercer aspecto de la presente invención, un sistema de mecanizado comprende: una herramienta configurada para mecanizar una pieza de trabajo mientras está en contacto con la pieza de trabajo; una unidad de

65 adquisición de datos de cantidad de estado configurada para adquirir datos de cantidad de estado de la pieza de trabajo y de la herramienta; una unidad de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado configurada para

calcular datos de estimación de cantidad de estado a partir de un modelo de simulación que incluye un modelo característico dinámico de dispositivo que indica una característica dinámica de la herramienta y un modelo de pieza de trabajo que indica una forma objetivo de la pieza de trabajo; y una unidad de cálculo de estado de mecanizado configurada para calcular, basándose en los datos de cantidad de estado y en los datos de estimación de cantidad de estado, unos datos de estado de mecanizado que indican un estado de mecanizado de la pieza de trabajo.

#### Efectos ventajosos de la Invención

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona una máquina herramienta, un método de fabricación de objetos mecanizados y un sistema de mecanizado capaz de inspeccionar la calidad del mecanizado en tiempo real durante el mecanizado y de evitar la fabricación de objetos mecanizados que tienen una calidad de mecanizado deficiente.

#### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en planta que ilustra esquemáticamente un ejemplo de una máquina herramienta según la presente realización.

La figura 2 es una vista lateral que ilustra esquemáticamente un ejemplo de la máquina herramienta según la presente realización.

La figura 3 es un diagrama de bloques funcional que ilustra un ejemplo de un dispositivo de control según la presente realización.

La figura 4 es un diagrama esquemático para explicar el comportamiento de una pieza de trabajo según la presente realización.

La figura 5 es un diagrama que ilustra esquemáticamente una relación entre una pieza de trabajo y una herramienta según la presente realización.

La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un método de fabricación de objetos mecanizados según la presente realización.

La figura 7 es un diagrama que ilustra un ejemplo de datos de estado de mecanizado calculados por la máquina herramienta según la presente realización.

La figura 8 es un diagrama que ilustra esquemáticamente un ejemplo de un sistema de mecanizado según la presente realización.

#### Descripción de una realización

A continuación, se describe una realización de la presente invención con referencia a los dibujos, pero la presente invención no se limita a los mismos. Los elementos constitutivos de la realización que se describirá a continuación se pueden combinar apropiadamente. Algunos elementos constitutivos no pueden utilizarse.

En la siguiente descripción, se establece un sistema de coordenadas ortogonales tridimensionales, y la relación posicional de los elementos constitutivos se explica con referencia al sistema de coordenadas ortogonales tridimensionales. Una dirección paralela al eje X en un plano predeterminado se define como una dirección del eje X, una dirección paralela al eje Y ortogonal al eje X en el plano predeterminado se define como una dirección del eje Y, y una dirección paralela al eje Z ortogonal al eje X y el eje Y se define como una dirección del eje Z. Además, una dirección de rotación o inclinación sobre el eje X se define como una dirección  $\theta X$ , una dirección de rotación o inclinación sobre el eje Y se define como una dirección  $\theta Y$ , y una dirección de rotación o inclinación sobre el eje Z se define como la dirección  $\theta Z$ . El plano predeterminado se define como un plano XY, que es paralelo al plano horizontal en la presente realización. La dirección del eje Z es la dirección vertical.

#### [Máquina herramienta]

La figura 1 es una vista en planta que ilustra esquemáticamente un ejemplo de una máquina herramienta 100 según la presente realización. La figura 2 es una vista en planta que ilustra esquemáticamente un ejemplo de la máquina herramienta 100 según la presente realización. En la presente realización, la máquina herramienta 100 es un dispositivo de rectificado.

Como se ilustra en las figuras 1 y 2, la máquina herramienta 100 incluye una herramienta 1, un primer dispositivo giratorio 10, un segundo dispositivo giratorio 20, un dispositivo de accionamiento 30, un dispositivo de accionamiento 40 y un dispositivo de control 50. La herramienta 1 mecaniza una pieza de trabajo W mientras está en contacto con la pieza de trabajo W. El primer dispositivo giratorio 10 gira la herramienta 1. El segundo dispositivo giratorio 20 gira la pieza de trabajo W. El dispositivo de accionamiento 30 mueve la herramienta 1 en la dirección del eje X. El dispositivo de accionamiento 40 mueve la herramienta 1 en la dirección del eje Y.

La pieza de trabajo W es un objeto que se ha de mecanizar por la máquina herramienta 100. La pieza de trabajo W es un miembro columnar. La máquina herramienta 100 mecaniza la pieza de trabajo W para fabricar un árbol de levas o un cigüeñal.

La herramienta 1 es una muela de rectificado. La herramienta 1 rectifica la pieza de trabajo W girando en contacto con la pieza de trabajo W.

El primer dispositivo giratorio 10 gira la herramienta 1 alrededor de un eje de rotación AX paralelo al eje Y. El primer dispositivo giratorio 10 incluye un mecanismo de apoyo 11 que soporta giratoriamente la herramienta 1, y un primer motor 12 que genera potencia para girar la herramienta 1. El mecanismo de apoyo 11 y el primer motor 12 están soportados por un miembro de etapa 13 que es móvil en la dirección del eje X.

El segundo dispositivo giratorio 20 gira la pieza de trabajo W alrededor de un eje rotacional BX paralelo al eje Y. El segundo dispositivo giratorio 20 incluye un mecanismo de apoyo 21 que soporta giratoriamente un extremo de la pieza de trabajo W, un mecanismo de apoyo 22 que soporta giratoriamente el otro extremo de la pieza de trabajo W y un segundo motor 23 que genera potencia para girar la pieza de trabajo W. El mecanismo de apoyo 21 y el mecanismo de apoyo 22 están soportados por un miembro base 2.

El dispositivo de accionamiento 30 mueve la herramienta 1 en la dirección del eje X ortogonal al eje de rotación AX de la herramienta 1. La dirección del eje X es la dirección de alimentación de la herramienta 1. El dispositivo de accionamiento 30 mueve el miembro de etapa 13 en la dirección del eje X para mover la herramienta 1 en la dirección del eje X. El dispositivo de accionamiento 30 incluye un tercer motor 31 que genera potencia para mover la herramienta 1 en la dirección del eje X. El tercer motor 31 incluye un motor de acción directa. El tercer motor 31 es un motor lineal. El tercer motor 31 puede incluir un motor giratorio, y la herramienta 1 puede moverse en la dirección del eje X mediante un mecanismo de tornillo de bolas operado por el tercer motor 31. A medida que el miembro de etapa 13 se mueve en la dirección -X, la herramienta 1 se mueve en la dirección -X y se presiona contra la pieza de trabajo W.

El dispositivo de accionamiento 40 mueve la herramienta 1 en la dirección del eje Y. El dispositivo de accionamiento 40 mueve el miembro de etapa 13 en la dirección del eje Y para mover la herramienta 1 en la dirección del eje Y. El dispositivo de accionamiento 40 incluye un cuarto motor 41 que genera potencia para mover la herramienta 1 en la dirección del eje Y. El cuarto motor 41 incluye un motor de acción directa. El cuarto motor 41 es un motor lineal. El cuarto motor 41 puede incluir un motor giratorio, y la herramienta 1 puede moverse en la dirección del eje Y mediante un mecanismo de tornillo de bolas operado por el cuarto motor 41. El miembro de etapa 13 está soportado por el miembro de base 2 mediante el dispositivo de accionamiento 30 y el dispositivo de accionamiento 40.

El dispositivo de control 50 incluye un sistema informático. El dispositivo de control 50 incluye un procesador, tal como una unidad central de procesamiento (CPU), un dispositivo de almacenamiento que incluye una memoria no volátil, tal como una memoria sólo de lectura (ROM), y una memoria volátil, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM), y un dispositivo de interfaz de entrada/salida.

[Sistema de control]

A continuación, se describe un ejemplo de un sistema de control 200 de la máquina herramienta 100 según la presente realización. La figura 3 es un diagrama de bloques funcional que ilustra un ejemplo del sistema de control 200 según la presente realización.

Como se ilustra en la figura 3, el sistema de control 200 incluye un dispositivo de control 50, un primer motor 12, un sensor de velocidad de rotación 14, un tercer motor 31, un sensor de posición 32, un segundo motor 23, un sensor de ángulo de rotación 24 y una unidad de retención de datos de diseño asistido por ordenador (CAD) 60. El primer motor 12 genera potencia para girar la herramienta 1 alrededor del eje de rotación AX. El sensor de velocidad de rotación 14 detecta la velocidad de rotación de la herramienta 1. El tercer motor 31 genera potencia para mover la herramienta 1 en la dirección del eje X. El sensor de posición 32 detecta la posición de la herramienta 1 en la dirección del eje X. El segundo motor 23 genera potencia para girar la pieza de trabajo W alrededor del eje de rotación BX. El sensor de ángulo de rotación 24 detecta el ángulo de rotación de la pieza de trabajo W. La unidad de retención de datos CAD 60 contiene datos CAD que son datos de diseño de la pieza de trabajo W.

El dispositivo de control 50 incluye una unidad 51 de adquisición de datos de cantidad de estado, una unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado y una unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado. La unidad 51 de adquisición de datos de cantidad de estado adquiere datos de cantidad de estado de la pieza de trabajo W y de la herramienta 1. La unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado calcula datos de estimación de cantidad de estado a partir de un modelo de simulación que incluye un modelo característico dinámico de dispositivo que indica una característica dinámica de la herramienta 1 y un modelo de pieza de trabajo que indica una forma objetivo de la pieza de trabajo W. La unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado calcula, basándose en los datos de cantidad de estado y los datos de estimación de cantidad de estado, datos de estado de mecanizado que indican un estado de mecanizado de la pieza de trabajo W.

El dispositivo de control 50 incluye además una unidad de salida 54, una unidad de control de mecanizado 55 y una unidad de almacenamiento 56. La unidad de salida 54 envía los datos de estado de mecanizado calculados por la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado. La unidad de control de mecanizado 55 controla una condición de mecanizado de la herramienta 1 basándose en los datos de estado de mecanizado calculados por la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado.

El modelo de simulación se ajusta previamente basándose en funciones, mapas o similares y se almacena en la unidad de almacenamiento 56.

La cantidad de estado significa una cantidad determinada únicamente por la herramienta 1 o el estado de la pieza de trabajo W en contacto con la herramienta 1. En la presente realización, los datos de cantidad de estado incluyen datos de salida d1 del primer motor 12, datos de velocidad de rotación d2 de la herramienta 1 detectados por el sensor de velocidad de rotación 14, datos de salida d3 del tercer motor 31, datos posicionales d4 de la herramienta 1 en la dirección del eje X detectada por el sensor de posición 32, datos de salida d5 del segundo motor 23 y datos de ángulo de rotación d6 de la pieza de trabajo W detectados por el sensor de ángulo de rotación 24.

Los datos de salida d1 del primer motor 12 incluyen el par del primer motor 12. Los datos de salida d1 se derivan de una salida del valor actual del primer motor 12. Los datos de salida d1 se envían a la unidad 51 de adquisición de datos de cantidad de estado.

El sensor de velocidad de rotación 14 incluye, por ejemplo, un codificador giratorio, y detecta los datos de velocidad de rotación d2 que indican velocidad de rotación de la herramienta 1. Los datos de velocidad de rotación d2 se envían a la unidad 51 de adquisición de datos de cantidad de estado.

Los datos de salida d3 del tercer motor 31 incluyen el empuje del tercer motor 31. Los datos de salida d3 se derivan basándose en una salida de valor actual del tercer motor 31. Los datos de salida d3 se envían a la unidad 51 de adquisición de datos de cantidad de estado.

El sensor de posición 32 incluye, por ejemplo, un codificador lineal, y detecta los datos posicionales d4 que indican la posición de la herramienta 1 en la dirección del eje X. En la presente realización, el sensor de posición 32 detecta la cantidad de movimiento del tercer motor 31 para detectar los datos posicionales d4 de la herramienta 1. Los datos posicionales d4 se envían a la unidad 51 de adquisición de datos de cantidad de estado.

Los datos de salida d5 del segundo motor 23 incluyen el par del segundo motor 23. Los datos de salida d5 se derivan de un valor de salida actual del segundo motor 23. Los datos de salida d5 se envían a la unidad 51 de adquisición de datos de cantidad de estado.

Los datos de ángulo de rotación 24 incluyen, por ejemplo, un codificador rotatorio, y detecta los datos de ángulo de rotación d6 que indican el ángulo de rotación de la pieza de trabajo W. Los datos de ángulo de rotación d6 se envían a la unidad 51 de adquisición de datos de cantidad de estado.

La unidad de retención de datos CAD 60 contiene los datos CAD d7. Los datos CAD d7 incluyen datos de forma objetivo de la pieza de trabajo W y datos de propiedades físicas de la pieza de trabajo W. Los datos de forma objetivo de la pieza de trabajo W incluyen datos de forma seccional de la pieza de trabajo W ortogonal al eje de rotación BX.

La unidad 51 de adquisición de datos de cantidad de estado adquiere, como los datos de cantidad de estado, los datos de salida d1, los datos de velocidad de rotación d2, los datos de salida d3, los datos posicionales d4, los datos de salida d5 y los datos de ángulo de rotación d6. Los datos de cantidad de estado no se limitan a los datos de salida d1, los datos de velocidad de rotación d2, los datos de salida d3, los datos posicionales d4, los datos de salida d5 y los datos de ángulo de rotación d6. Los datos de cantidad de estado pueden incluir, por ejemplo, un caudal de refrigerante.

La unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado calcula, como los datos de estimación de cantidad de estado, una variación de resistencia al mecanizado a partir del modelo característico dinámico de dispositivo que indica la característica dinámica de la herramienta 1. La unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado calcula además, basándose en los datos CAD d7, una variación del ángulo de contacto o la posición de contacto entre la herramienta 1 y la pieza de trabajo W como los datos de estimación de cantidad de estado a partir del modelo de pieza de trabajo que indica la forma objetivo de la pieza de trabajo W.

El modelo característico dinámico de dispositivo se calcula modelando la herramienta 1 y la identificación del sistema. Modelar significa el proceso para construir un modelo matemático que caracteriza el comportamiento de un objeto. El objeto se transforma en una expresión matemática simplificada al ser modelado. Por ejemplo, se calcula para la herramienta 1 el modelo característico dinámico de dispositivo que tiene un componente de masa, un componente de amortiguador y un componente de resorte.

La identificación del sistema significa el proceso para verificar la corrección del modelado realizado previamente mediante experimentos. En la identificación del sistema, por ejemplo, las señales de entrada que tienen diversas frecuencias se introducen experimentalmente en la herramienta 1, y se miden las amplitudes o fases que salen de la herramienta 1. En la identificación del sistema, la velocidad de la herramienta 1 se mide aún más cuando se introducen en la herramienta 1 señales de entrada que tienen diversas frecuencias. La corrección del modelado se verifica experimentalmente mediante la identificación del sistema.

Basándose en el resultado de la identificación del sistema, se derivan datos característicos dinámicos que indican la característica dinámica de la herramienta 1. Los datos característicos dinámicos de la herramienta 1 incluyen el componente de masa, el componente de amortiguador y el componente de resorte de la herramienta 1. Los datos

característicos dinámicos de la herramienta 1 incluyen además datos conocidos sobre la herramienta 1, tales como la forma exterior y el tamaño de la herramienta 1.

El modelo de pieza de trabajo se calcula basándose en los datos CAD. El modelo de pieza de trabajo incluye los datos de forma objetivo de la pieza de trabajo W durante el mecanizado. Los datos de forma objetivo de la pieza de trabajo W incluyen datos de forma seccional de la pieza de trabajo W ortogonales al eje de rotación BX. El modelo de pieza de trabajo incluye además los datos de propiedades físicas de la pieza de trabajo W, tales como el módulo elástico de la pieza de trabajo W. El modelo de pieza de trabajo incluye además datos característicos dinámicos de la pieza de trabajo W. Los datos característicos dinámicos de la pieza de trabajo W incluyen, por ejemplo, el componente de masa, el componente de amortiguador y el componente de resorte de la pieza de trabajo W. Al calcular el modelo de pieza de trabajo, por ejemplo, se calcula una variación de la cantidad de flexión de la pieza de trabajo W cuando actúa una fuerza externa.

La unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado incluye una pluralidad de filtros de Kalman 52C, y puede extraer una pluralidad de datos de cantidad de estado a partir de un conjunto de datos de entrada/salida. La unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado puede extraer, basándose, por ejemplo, en los datos de salida d1 del primer motor 12 y los datos de velocidad de rotación d2 del sensor de velocidad de rotación 14, la resistencia al rectificado de la herramienta 1, el punto de arranque del mecanizado de la pieza de trabajo W, la cantidad de desgaste de la herramienta 1 y similares como los datos de estimación de cantidad de estado.

La unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado calcula los datos de estado de mecanizado que indican el estado de mecanizado de la pieza de trabajo W, basándose en los datos de cantidad de estado adquiridos por la unidad 51 de adquisición de datos de cantidad de estado y los datos de estimación de cantidad de estado calculados por la unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado usando el modelo de simulación. Los datos de cantidad de estado suministrados a la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado incluyen los datos de estimación de cantidad de estado extraídos por el filtro kalman 52C de la unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado. Los datos de cantidad de estado suministrados a la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado incluyen además los datos de salida d1 suministrados desde el primer motor 12, los datos de velocidad de rotación d2 suministrados desde el sensor de velocidad de rotación 14, los datos de salida d3 suministrados desde el tercer motor 31, los datos posicionales d4 suministrados desde el sensor de posición 32, los datos de salida d5 suministrados desde el segundo motor 23, y los datos del ángulo de rotación d6 suministrados desde el sensor de ángulo de rotación 24.

La unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado calcula la resistencia al mecanizado de la herramienta 1 basándose en los datos de salida d1 del primer motor 12, los datos de velocidad de rotación d2 de la herramienta 1 y el modelo de simulación. En la presente realización, la resistencia al mecanizado de la herramienta 1 es la resistencia al rectificado de la herramienta 1. Cuando los datos de salida d1 se introducen en el modelo de simulación, se calculan los datos de velocidad de rotación de la herramienta 1 en el estado inactivo, en el que la herramienta 1 y la pieza de trabajo W no están en contacto, La unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado puede calcular la resistencia al mecanizado de la herramienta 1 basándose en la diferencia entre los datos de velocidad de rotación de la herramienta 1 en la herramienta en estado inactivo 1 calculada basándose en los datos de salida d1 y el modelo de simulación, y los datos de velocidad de rotación d2 detectados por el sensor de velocidad de rotación 14.

La resistencia al mecanizado de la herramienta 1 puede ser la resistencia al rectificado extraída por el filtro Kalman 52C de la unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado.

La unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado puede calcular, basándose en la resistencia al mecanizado y el modelo de pieza de trabajo, datos de variación de la cantidad de flexión que indican la cantidad de flexión de la pieza de trabajo W. La resistencia al mecanizado es equivalente a la carga que actúa sobre la pieza de trabajo W. En la presente realización, la carga que actúa sobre la pieza de trabajo W es la fuerza de rectificado que actúa sobre la pieza de trabajo W. Como se describió anteriormente, el modelo de pieza de trabajo incluye los datos de forma seccional de la pieza de trabajo W y los datos de propiedades físicas de la pieza de trabajo W. La unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado puede calcular los datos de variación de la cantidad de flexión de la pieza de trabajo W basándose en la carga que actúa sobre el modelo de pieza de trabajo y el modelo de pieza de trabajo.

La unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado calcula una variación de error de forma de la pieza de trabajo W basándose en datos de comando de control que se enviarán al tercer motor 31 y los datos de variación de la cantidad de flexión calculados de la pieza de trabajo W.

La figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra la relación entre la salida de datos de comando de control al tercer motor 31 y la cantidad de flexión de la pieza de trabajo W según la presente realización. Según los datos de comando de control, se calcula una cantidad de corte de comando para la pieza de trabajo W. La cantidad de corte de comando que indica la cantidad de corte objetivo de la pieza de trabajo W incluye una cantidad operativa objetivo del tercer motor 31. Cuando la pieza de trabajo W se dobla debido a la fuerza de rectificado que actúa sobre la pieza de trabajo W, la pieza de trabajo W escapa de la herramienta 1. Como resultado, la cantidad de corte real que indica la cantidad

de corte real de la pieza de trabajo W se hace más pequeña que la cantidad de corte de comando en la cantidad correspondiente a la cantidad de flexión. Es decir, cuando la pieza de trabajo W se dobla por la fuerza de corte que actúa sobre la pieza de trabajo W, la pieza de trabajo W se mecaniza solo en una cantidad menor que la cantidad de corte de comando, y se produce un error de forma en la pieza de trabajo W con respecto a la forma objetivo. Cuando la fuerza de rectificado que actúa sobre la pieza de trabajo W varía según la forma objetivo y la condición de mecanizado de la pieza de trabajo W, varía la cantidad de flexión de la pieza de trabajo W, es decir, el error de forma de la pieza de trabajo W con respecto a la forma objetivo.

Por lo tanto, la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado puede calcular la variación de error de forma de la pieza de trabajo W con respecto a la forma objetivo-definida por los datos CAD, basándose en el envío de datos de comando de control al tercer motor 31 y los datos de variación de cantidad de flexión calculados de la pieza de trabajo W.

La unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado calcula además una posición de contacto C entre la pieza de trabajo W y la herramienta 1 basándose en los datos de ángulo de rotación d6 y el modelo de pieza de trabajo. La posición de contacto C indica un punto de mecanizado en el que la pieza de trabajo W es mecanizada por la herramienta 1.

La figura 5 es un diagrama esquemático que ilustra la relación entre la pieza de trabajo W y la herramienta 1 según la presente realización. La herramienta 1 gira alrededor del eje de rotación AX, y la pieza de trabajo W gira alrededor del eje de rotación BX. La pieza de trabajo W se mecaniza como un árbol de levas o un cigüeñal. En la sección ortogonal al eje de rotación BX, la pieza de trabajo W no es circular. En la sección ortogonal al eje de rotación AX, la herramienta 1 es sustancialmente circular.

Cuando la pieza de trabajo no circular giratoria W está en contacto con la herramienta circular giratoria 1, la distancia entre la posición de contacto C, en la que la pieza de trabajo W entra en contacto con la herramienta 1, y el eje de rotación BX cambia a medida que la pieza de trabajo W gira.

Como se describió anteriormente, el modelo de pieza de trabajo incluye los datos de forma seccional de la pieza de trabajo W ortogonal al eje de rotación BX. Por lo tanto, si se conoce el ángulo de rotación de la pieza de trabajo W en la dirección de rotación alrededor del eje de rotación BX, se deriva la posición de contacto C en la que la pieza de trabajo W entra en contacto con la herramienta 1. La unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado puede calcular la posición de contacto C entre la pieza de trabajo W y la herramienta 1 basándose en los datos de ángulo de rotación d6 y el modelo de pieza de trabajo.

La unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado calcula una irregularidad superficial de la pieza de trabajo W basándose en los datos de salida d3 del tercer motor 31 y los datos posicionales d4 de la herramienta 1 en la dirección del eje X.

El eje de rotación AX de la herramienta 1 varía, y la herramienta 1 puede temblar. Cuando la herramienta 1 tiembla, se produce vibración de rechinar en la herramienta 1, y al menos una de las herramientas 1 y la pieza de trabajo W vibran ligeramente en la dirección del eje X. Cuando se produce vibración de rechinar, se forma una irregularidad fina en la superficie de la pieza de trabajo W.

Cuando se produce vibración de rechinar, varían los datos de salida d3 del tercer motor 31 que mueve la herramienta 1 en la dirección del eje X. Por lo tanto, la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado puede calcular, basándose en los datos de salida d3 del tercer motor 31, la fuerza de vibración [N] que indica la aparición de la vibración de rechinar y la potencia de vibración de rechinar, los datos de estado de mecanizado. La unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado puede calcular además, basándose en los datos posicionales d4 de la herramienta 1 en la dirección del eje X detectada por el sensor de posición 32, la cantidad de vibración [μm] que indica la amplitud de la vibración de rechinar, como los datos de estado de mecanizado.

En la presente realización, los datos de salida d3 en la banda de frecuencia correspondientes a la velocidad de rotación de la herramienta 1 se extraen mediante un proceso de filtrado de los datos de salida d3 adquiridos por la unidad 51 de adquisición de datos de cantidad de estado. La unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado calcula la fuerza de resbalamiento basándose en los datos de salida extraídos d3. De manera similar, los datos posicionales d4 en la banda de frecuencia correspondiente a la velocidad de rotación de la herramienta 1 se extraen mediante un proceso de filtrado a partir de los datos posicionales d4 adquiridos por la unidad 51 de adquisición de datos de cantidad de estado. La unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado calcula la cantidad de resbalamiento basándose en los datos posicionales extraídos d4. La banda de frecuencia correspondiente a la velocidad de rotación de la herramienta 1 se calcula a partir de los datos de velocidad de rotación d2 de la herramienta 1.

La unidad de salida 54 envía los datos de estado de mecanizado calculados por la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado. La unidad de salida 54 envía los datos de estado de mecanizado durante el mecanizado por la herramienta 1. Es decir, la unidad de salida 54 envía los datos de estado de mecanizado de la pieza de trabajo W en tiempo real durante el mecanizado de la pieza de trabajo W.

La unidad de control de mecanizado 55 controla la condición de mecanizado por la herramienta 1 basándose en los datos de estado de mecanizado calculados por la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado. En la presente realización, la unidad de control de mecanizado 55 controla la retroalimentación de al menos uno del primer motor 12, el tercer motor 31 y el segundo motor 23 basándose en los datos de estado de mecanizado calculados por la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado.

[Método de fabricación de objetos mecanizados]

A continuación, se describe un método de fabricación de objetos mecanizados según la presente realización. La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un método de fabricación de objetos mecanizados según la presente realización. En la presente realización, un árbol de levas o un cigüeñal, que es un objeto mecanizado, se fabrica a partir de la pieza de trabajo W usando la máquina herramienta 100.

La pieza de trabajo W está soportada por el mecanismo de apoyo 21 y el mecanismo de apoyo 22. La herramienta 1 gira alrededor del eje de rotación AX mediante el primer dispositivo de rotación 10, y la pieza de trabajo W gira alrededor del eje de rotación BX mediante el segundo dispositivo de rotación 20. La herramienta 1 se mueve en la dirección -X por el dispositivo de accionamiento 30 de modo que la herramienta 1 se pone en contacto con la pieza de trabajo W mientras están girando la herramienta 1 y la pieza de trabajo W.

Mientras la pieza de trabajo W y la herramienta 1 están en contacto entre ellas y la pieza de trabajo W está siendo mecanizada por la herramienta 1, la unidad 51 de adquisición de datos de cantidad de estado adquiere los datos de cantidad de estado, incluidos los datos de salida d1 del primer motor 12, los datos de velocidad de rotación d2 de la herramienta 1 detectados por el sensor de velocidad de rotación 14, los datos de salida d3 del tercer motor 31, los datos posicionales d4 de la herramienta 1 en la dirección del eje X detectados por el sensor de posición 32, los datos de salida d5 del segundo motor 23 y los datos de ángulo de rotación d6 de la pieza de trabajo W detectados por el sensor de ángulo de rotación 24 (paso S10).

La unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado calcula los datos de estimación de cantidad de estado del modelo de simulación que incluye el modelo característico dinámico de dispositivo que indica la característica dinámica de la herramienta 1 y el modelo de pieza de trabajo que indica la forma objetivo de la pieza de trabajo W (paso S20).

La unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado calcula los datos de estado de mecanizado que indican el estado de mecanizado de la pieza de trabajo W, basándose en los datos de cantidad de estado adquiridos por la unidad 51 de adquisición de datos de cantidad de estado y los datos de estimación de cantidad de estado calculados por la unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado (paso S30).

En la presente realización, la unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado calcula la resistencia al mecanizado de la herramienta 1 basándose en los datos de salida d1 del primer motor 12, los datos de velocidad de rotación d2 de la herramienta 1 y el modelo de simulación. Obsérvese que el filtro Kalman 52C de la unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado puede extraer la resistencia al mecanizado de la herramienta 1 a partir de los datos de salida d1 del primer motor 12.

Después de que se deriva la resistencia al mecanizado de la herramienta 1, la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado calcula los datos de variación de la cantidad de flexión de la pieza de trabajo W basándose en la resistencia al mecanizado y el modelo de pieza de trabajo. La resistencia al mecanizado es equivalente a la carga que actúa sobre la pieza de trabajo W. El modelo de pieza de trabajo incluye los datos de forma objetivo de la pieza de trabajo W, los datos de propiedades físicas de la pieza de trabajo W y los datos característicos dinámicos de la pieza de trabajo W. La unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado puede calcular los datos de variación de la cantidad de flexión que indican la variación de la cantidad de flexión de la pieza de trabajo W, basándose en la carga que actúa sobre la pieza de trabajo W y el modelo de pieza de trabajo.

Al calcular los datos de variación de la cantidad de flexión de la pieza de trabajo W, la cantidad de corte real con respecto a la cantidad de corte de comando se calcula como se describió con referencia a la figura 4. Al calcular la cantidad de corte real, se calcula la variación de error de forma de la pieza de trabajo W con respecto a la forma objetivo-definida por los datos CAD. La unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado puede calcular, como los datos de estado de mecanizado, datos de error que indican la variación de error de forma de la pieza de trabajo W con respecto a la forma objetivo.

Como se describe con referencia a la figura 5, la unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado puede calcular la posición de contacto C entre la pieza de trabajo W y la herramienta 1 basándose en los datos de ángulo de rotación d6 de la pieza de trabajo W, los datos posicionales d4 de la herramienta 1 y el modelo de pieza de trabajo. La posición de contacto C indica un punto de mecanizado en el que la pieza de trabajo W entra en contacto con la herramienta 1. Al calcular la posición de contacto C, la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado puede captar cuánto y qué parte de la pieza de trabajo W está mecanizada. En otras palabras, la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado puede calcular la variación de error de forma de cada una de una pluralidad de porciones de la pieza de trabajo W con respecto a la forma objetivo en la dirección de rotación alrededor del eje de rotación BX.



La unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado puede calcular, basándose en los datos de salida d3 del tercer motor 31 y los datos posicionales d4 de la herramienta 1, la profundidad y el paso de una irregularidad superficial de la pieza de trabajo W generada debido a la vibración de rechinamiento.

Es decir, en la presente realización, la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado puede calcular, como los datos de estado de mecanizado de la pieza de trabajo W, los datos de error de cada porción de la pieza de trabajo W en la dirección de rotación con respecto a la forma objetivo y los datos de irregularidad superficial de la pieza de trabajo W debido a la vibración de rechinamiento, basándose en los datos de cantidad de estado adquiridos durante el mecanizado de la pieza de trabajo W.

La unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado puede calcular y estimar adicionalmente la cantidad de desgaste de la herramienta 1 basándose en la resistencia al mecanizado de la herramienta 1, que son los datos de estimación de cantidad de estado y el número de piezas de trabajo W mecanizadas por la herramienta 1. Por ejemplo, después de estabilizar la resistencia al mecanizado (resistencia al rectificado) de la herramienta 1 que se ha de estimar, cada una de una pluralidad de piezas de trabajo W se rectifica aproximadamente girando dos veces cada pieza de trabajo W, y se adquiere la cantidad de desgaste de la herramienta 1 cuando cada pieza de trabajo W se rectifica aproximadamente. La unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado calcula una cantidad de desgaste representativa que indica el valor promedio de la cantidad de desgaste de la herramienta 1 cuando cada pieza de trabajo W se rectifica aproximadamente. La cantidad de desgaste representativa se almacena en la unidad de almacenamiento 59. La unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado puede estimar la cantidad de desgaste de la herramienta 1 basándose en la cantidad de desgaste representativa calculada de la herramienta 1 y el número de piezas de trabajo W mecanizadas por la herramienta 1.

Durante el mecanizado por la herramienta 1, la unidad de salida 54 envía los datos de estado de mecanizado calculados por la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado (paso S40). La unidad de salida 54 envía los datos de estado de mecanizado en tiempo real durante el mecanizado de la pieza de trabajo W. La unidad de salida 54 envía los datos de estado de mecanizado en tiempo real a, por ejemplo, un dispositivo de visualización.

La figura 7 es un diagrama que ilustra un ejemplo de los datos de estado de mecanizado calculados por la máquina herramienta 100 según la presente realización. El gráfico ilustrado en la figura 7 se muestra en el dispositivo de visualización.

En el gráfico ilustrado en la figura 7, el eje horizontal representa el ángulo de una porción de la pieza de trabajo W en la dirección de rotación cuando la porción de referencia de la pieza de trabajo W es 0[°]. El eje vertical representa los datos de error de cada porción de la pieza de trabajo W con respecto a la forma objetivo.

En la figura 7, una línea La indica la salida de datos de estado de mecanizado desde la unidad de salida 54. Dado que los datos de cantidad de estado se adquieren en la máquina herramienta 100, la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado puede calcular en tiempo real los datos de estado de mecanizado de la pieza de trabajo W durante el mecanizado de la pieza de trabajo W. La unidad de salida 54 puede enviar los datos de estado de mecanizado de la pieza de trabajo W en tiempo real durante el mecanizado de la pieza de trabajo W.

Una línea Lb indica los datos de error de la pieza de trabajo W detectados por el aparato de inspección en un proceso posterior después del mecanizado por la máquina herramienta 100. Se entiende que la línea La y la línea Lb coinciden suficientemente entre ellas.

Durante el mecanizado de la pieza de trabajo W por la herramienta 1, la unidad de control de mecanizado 55 controla la condición de mecanizado por la herramienta 1 basándose en los datos de estado de mecanizado calculados por la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado (paso S50). Los controles de retroalimentación de la unidad de control de mecanizado 55, basados en los datos de estado de mecanizado calculados por la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado, al menos uno del primer motor 12, el tercer motor 31 y el segundo motor 23 para que el error calculado sea 0 [µm].

[Efectos]  
Como se describió anteriormente, según la presente realización, los datos de estado de mecanizado de la pieza de trabajo W se calculan en tiempo real basándose en los datos de cantidad de estado adquiridos durante el mecanizado de la pieza de trabajo W. Los datos de estado de mecanizado de la pieza de trabajo W incluyen los datos de error que indican la variación de error de forma de la pieza de trabajo W con respecto a la forma objetivo, e indica la calidad de mecanizado de la pieza de trabajo W. Según la presente realización, utilizando el modelo de simulación, es posible calcular virtualmente la calidad de mecanizado de la pieza de trabajo W, que no puede medirse directamente durante el mecanizado de la pieza de trabajo W, basándose en los datos de cantidad de estado y el modelo de simulación mediante un proceso de cálculo.

Por lo tanto, no es necesario inspeccionar un objeto mecanizado utilizando un aparato de inspección en un proceso posterior a diferencia de una técnica convencional. Como no se requiere un aparato de inspección caro y de gran tamaño, es posible reducir el coste del equipo.

Además, la calidad de mecanizado de la pieza de trabajo W se inspecciona en tiempo real basándose en los datos de cantidad de estado adquiridos durante el mecanizado de la pieza de trabajo W. Por lo tanto, no es necesario ahorrar tiempo de inspección por separado para inspeccionar la calidad de mecanizado. En consecuencia, es posible inspeccionar la calidad de mecanizado de todos los objetos mecanizados fabricados a bajo coste. Por lo tanto, se suprime el envío de objetos mecanizados que tengan una calidad de mecanizado deficiente.

Además, según la presente realización, se proporciona la unidad de salida 54 para enviar los datos de estado de mecanizado durante el mecanizado de la pieza de trabajo W por la herramienta 1. Por lo tanto, los datos de estado de mecanizado calculados por la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado se envían en tiempo real durante el mecanizado de la pieza de trabajo W. Por ejemplo, al enviar los datos de estado de mecanizado al dispositivo de visualización en tiempo real, es posible que un administrador reconozca visualmente la calidad de mecanizado de la pieza de trabajo W en tiempo real a través del dispositivo de visualización.

Además, según la presente realización, la unidad de control de mecanizado 55 está dispuesta para controlar la condición de mecanizado de la pieza de trabajo W por la herramienta 1 basándose en los datos de estado de mecanizado. La unidad de control de mecanizado 55 puede controlar por retroalimentación, basándose en los datos de estado de mecanizado calculados en tiempo real por la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado, la máquina herramienta 100 de modo que se suprime el error de forma de la pieza de trabajo W. Por lo tanto, la condición de mecanizado de la pieza de trabajo W se optimiza en poco tiempo, y se fabrican eficientemente en poco tiempo los objetos mecanizados que tienen buena calidad de mecanizado.

Además, en la presente realización, los datos de salida d1 del primer motor 12 que genera potencia para girar la herramienta 1 se adquieren como datos de cantidad de estado. Al procesar los datos de salida d1 del primer motor 12 con el filtro Kalman 52C, es posible adquirir diversos tipos de datos de cantidad de estado, tales como la resistencia al rectificado de la herramienta 1, el punto de arranque de mecanizado de la pieza de trabajo W y la cantidad de desgaste de la herramienta 1.

Además, en la presente realización, los datos de velocidad de rotación d2 de la herramienta 1 detectados por el sensor de velocidad de rotación 14 se adquieren como los datos de cantidad de estado. Por lo tanto, es posible calcular la resistencia al mecanizado de la herramienta 1 basándose en los datos de salida d1 del primer motor 12, los datos de velocidad de rotación d2 de la herramienta 1 y el modelo de simulación. Al calcular la resistencia al mecanizado de la herramienta 1, es posible estimar la cantidad de mecanizado de la pieza de trabajo W y la variación de la cantidad de flexión de la pieza de trabajo W.

Además, en la presente realización, se calculan los datos de variación de la cantidad de flexión de la pieza de trabajo W. Por lo tanto, es posible calcular los datos de error que indican la variación de error de forma de la pieza de trabajo W, basándose en el envío de datos de comando de control al tercer motor 31 y los datos de variación de la cantidad de flexión de la pieza de trabajo W.

Además, en la presente realización, los datos de ángulo de rotación d6 de la pieza de trabajo W se adquieren como los datos de cantidad de estado. Por lo tanto, es posible calcular la posición de contacto C entre la pieza de trabajo W y la herramienta 1 basándose en los datos de ángulo de rotación d6 y el modelo de pieza de trabajo.

Además, en la presente realización, los datos de salida d3 del tercer motor 31 y los datos posicionales d4 de la herramienta 1 en la dirección de alimentación se adquieren como los datos de cantidad de estado. Por lo tanto, es posible calcular los datos de irregularidad superficial de la pieza de trabajo W debido a vibraciones por resbalamiento, basándose en los datos de salida d3 del tercer motor 31 y los datos posicionales d4 de la herramienta 1.

En la realización anterior, la condición de mecanizado por la herramienta 1 se ha controlado por retroalimentación basándose en los datos de estado de mecanizado calculados por la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado. Por ejemplo, los datos de estado de mecanizado calculados por la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado pueden almacenarse en la unidad de almacenamiento 56 en asociación con el número de serie de un objeto mecanizado (producto). Por ejemplo, los datos de forma de un objeto mecanizado, que es el producto final mecanizado por la máquina herramienta 100, pueden almacenarse en la unidad de almacenamiento 56 en asociación con la marca de tiempo y/o el número de serie, o pueden almacenarse en un terminal de gestión externo mediante la unidad de salida 54.

En la realización anterior, la máquina herramienta 100 se ha descrito como un dispositivo de rectificado que mecaniza un árbol de levas y un cigüeñal, pero no está limitada a un dispositivo de rectificado. La máquina herramienta 100 puede ser una rectificadora cilíndrica general, una rectificadora esférica, un centro de mecanizado o una sierra de alambre.

En la realización anterior, el dispositivo de control 50 se ha proporcionado en la máquina herramienta 100. El dispositivo de control 50 puede ser un dispositivo diferente de la máquina herramienta 100. Por ejemplo, como en un sistema de mecanizado 1000 ilustrado en la figura 8, la función del dispositivo de control 50 puede proporcionarse en un terminal de gestión de una fábrica. En el sistema de mecanizado 1000 ilustrado en la figura 8, una máquina herramienta 100C y un terminal de gestión 50C, que tienen la función del dispositivo de control 50, están conectados a través de un dispositivo de comunicación 1500. El terminal de gestión 50C realiza la comunicación de datos con la máquina herramienta 100C a través del dispositivo de comunicación 1500. Es decir, en la realización anterior, al menos una función de la unidad 51 de adquisición de datos de cantidad de estado, la unidad 52 de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado, la unidad 53 de cálculo de estado de mecanizado, la unidad de salida 54, la unidad de control de mecanizado 55 y la unidad de almacenamiento 56 puede proporcionarse por separado de la máquina herramienta 100C.

Lista de signos de referencia

- 1 HERRAMIENTA
- 15 2 MIEMBRO BASE
- 10 PRIMER DISPOSITIVO ROTATORIO
- 11 MECANISMO DE APOYO
- 12 PRIMER MOTOR
- 13 MIEMBRO DE ETAPA
- 20 14 SENSOR DE VELOCIDAD ROTACIONAL
- 20 SEGUNDO DISPOSITIVO GIRATORIO
- 21 MECANISMO DE APOYO
- 22 MECANISMO DE APOYO
- 23 SEGUNDO MOTOR
- 25 24 SENSOR DE ÁNGULO ROTACIONAL
- 30 DISPOSITIVO DE ACCIONAMIENTO
- 31 TERCER MOTOR
- 32 SENSOR DE POSICIÓN
- 40 DISPOSITIVO DE ACCIONAMIENTO
- 30 41 CUARTO MOTOR
- 50 DISPOSITIVO DE CONTROL
- 51 UNIDAD DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE CANTIDAD DE ESTADO
- 52 UNIDAD DE CÁLCULO DE DATOS DE ESTIMACIÓN DE CANTIDAD DE ESTADO
- 52C FILTRO KALMAN
- 35 53 UNIDAD DE CÁLCULO DE ESTADO DE MECANIZADO
- 54 UNIDAD DE SALIDA
- 55 UNIDAD DE CONTROL DE MECANIZADO
- 56 UNIDAD DE ALMACENAMIENTO
- 60 UNIDAD DE RETENCIÓN DE DATOS CAD
- 40 100 MÁQUINA HERRAMIENTA
- 200 SISTEMA DE CONTROL
- 1000 SISTEMA DE MECANIZADO
- AX EJE ROTACIONAL
- BX EJE ROTACIONAL
- 45 C POSICIÓN DE CONTACTO
- W PIEZA DE TRABAJO.

## REIVINDICACIONES

1. Una máquina herramienta (100) que comprende:

- 5 una herramienta (1) configurada para mecanizar una pieza de trabajo (W) mientras está en contacto con la pieza de trabajo (W);  
**caracterizada por**  
 una unidad (51) de adquisición de datos de cantidad de estado configurada para adquirir datos de cantidad de estado de la pieza de trabajo (W) y de la herramienta (1);  
 10 una unidad (52) de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado configurada para calcular datos de estimación de cantidad de estado a partir de un modelo de simulación que incluye un modelo característico dinámico de dispositivo que indica una característica dinámica de la herramienta (1) y un modelo de pieza de trabajo que indica una forma objetivo de la pieza de trabajo (W); y  
 15 una unidad (53) de cálculo de estado de mecanizado configurada para calcular, basándose en los datos de cantidad de estado y los datos de estimación de cantidad de estado, unos datos de estado de mecanizado que indican un estado de mecanizado de la pieza de trabajo (W).

2. La máquina herramienta (100) según la reivindicación 1, que comprende además una unidad de salida (54) configurada para enviar los datos de estado de mecanizado durante el mecanizado por la herramienta (1).

3. La máquina herramienta (100) según la reivindicación 1 o 2, que comprende además una unidad de control de mecanizado (55) configurada para controlar una condición de mecanizado por la herramienta (1) basándose en los datos de estado de mecanizado.

4. La máquina herramienta (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además:

un primer dispositivo giratorio (10) que incluye un primer motor (12) configurado para generar potencia para girar la herramienta (1), en la que  
 los datos de cantidad de estado incluyen datos de salida del primer motor (12).

5. La máquina herramienta (100) según la reivindicación 4, en la que los datos de cantidad de estado incluyen datos de velocidad de rotación de la herramienta (1), y la unidad (52) de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado está configurada para calcular la resistencia al mecanizado de la herramienta (1) basándose en los datos de salida del primer motor (12), los datos de velocidad de rotación de la herramienta (1) y el modelo de simulación.

6. La máquina herramienta (100) según la reivindicación 5, que comprende además:

un dispositivo de accionamiento (30) que incluye un tercer motor (31) configurado para generar potencia para mover la herramienta (1) o la pieza de trabajo (W) en una dirección de alimentación, estando configurado el dispositivo de accionamiento (30) para presionar la herramienta (1) contra la pieza de trabajo (W), en la que  
 la unidad (53) de cálculo de estado de mecanizado está configurada para calcular datos de variación de la cantidad de flexión de la pieza de trabajo (W) o de la herramienta (1) basándose en la resistencia al mecanizado y el modelo de pieza de trabajo, y para calcular una variación de error de forma de la pieza de trabajo (W) basándose en el envío de datos de comando de control al tercer motor (31) y los datos de variación de la cantidad de flexión.

7. La máquina herramienta (100) según la reivindicación 6, que comprende además:

un segundo dispositivo giratorio (20) que incluye un segundo motor (23) configurado para generar potencia para girar la pieza de trabajo (W), en la que  
 los datos de cantidad de estado incluyen datos de ángulo de rotación de la pieza de trabajo (W), y  
 la unidad (52) de cálculo de datos de estimación de cantidad de estado está configurada para calcular una posición de contacto entre la pieza de trabajo (W) y la herramienta (1) basándose en los datos de ángulo de rotación y el modelo de pieza de trabajo.

8. La máquina herramienta (100) según la reivindicación 6 o 7, en la que los datos de cantidad de estado incluyen datos de salida del tercer motor (31) y datos posicionales de la herramienta (1) en la dirección de alimentación, y la unidad (53) de cálculo de estado de mecanizado está configurada para calcular una irregularidad superficial de la pieza de trabajo (W) basándose en los datos de salida del tercer motor (31) y los datos posicionales.

9. Un método de fabricación de objetos mecanizados que comprende:

mecanizar una pieza de trabajo (W) mediante una herramienta (1) poniendo la pieza de trabajo (W) en contacto con la herramienta (1);  
 adquirir datos de cantidad de estado de la pieza de trabajo (W) y de la herramienta (1) durante el mecanizado;

- calcular datos de estimación de cantidad de estado a partir de un modelo de simulación que incluye un modelo característico dinámico de dispositivo que indica una característica dinámica de la herramienta (1) y un modelo de pieza de trabajo que indica una forma objetivo de la pieza de trabajo (W);
- 5    calcular, basándose en los datos de cantidad de estado y los datos de estimación de cantidad de estado, unos datos de estado de mecanizado que indican un estado de mecanizado de la pieza de trabajo (W);  
      enviar los datos de estado de mecanizado durante el mecanizado; y  
      controlar una condición de mecanizado por la herramienta (1) basándose en los datos de estado de mecanizado durante el mecanizado.
- 10    10. El método de fabricación de objetos mecanizados según la reivindicación 9, que comprende además extraer un punto de arranque de mecanizado de la pieza de trabajo (W) basándose en datos de salida de un primer motor (12) configurado para generar potencia para girar la herramienta (1) y en datos de velocidad de rotación de un sensor de velocidad de rotación (24) configurado para detectar la velocidad de rotación de la herramienta (1).
- 15    11. El método de fabricación de objetos mecanizados según la reivindicación 9 o 10, en el que los datos de estimación de cantidad de estado incluyen la resistencia al mecanizado de la herramienta (1), y comprendiendo además el método de fabricación de objetos mecanizados estimar una cantidad de desgaste de la herramienta (1) basándose en la resistencia al mecanizado y el número de piezas de trabajo (W) mecanizadas por la herramienta (1).
- 20    12. Un sistema de mecanizado (1000) que comprende una máquina herramienta según la reivindicación 1.

FIG.1

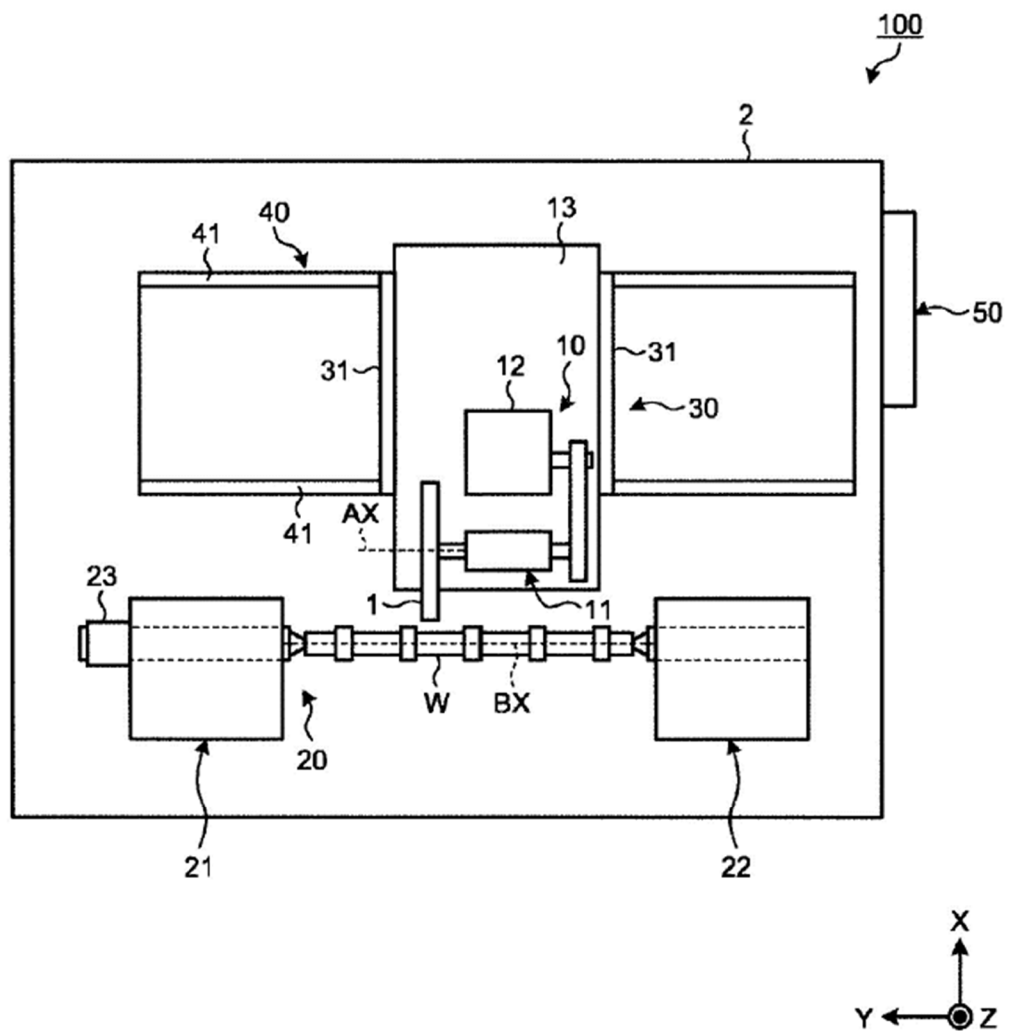
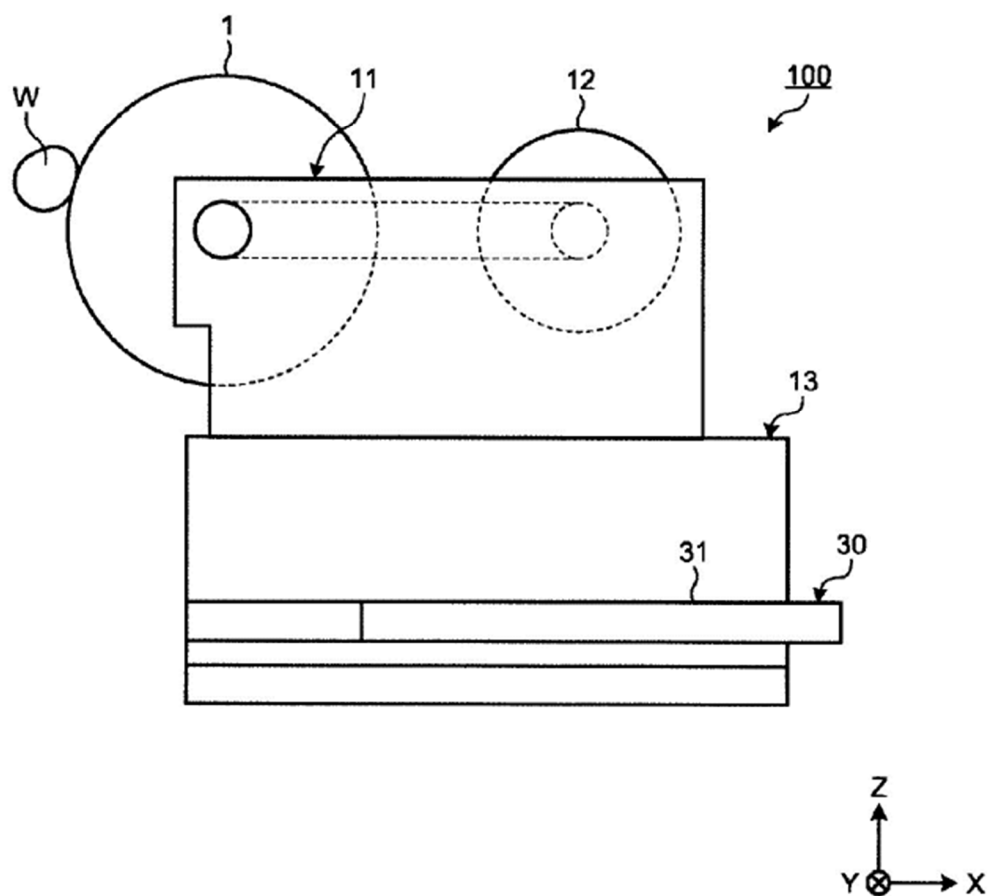


FIG.2



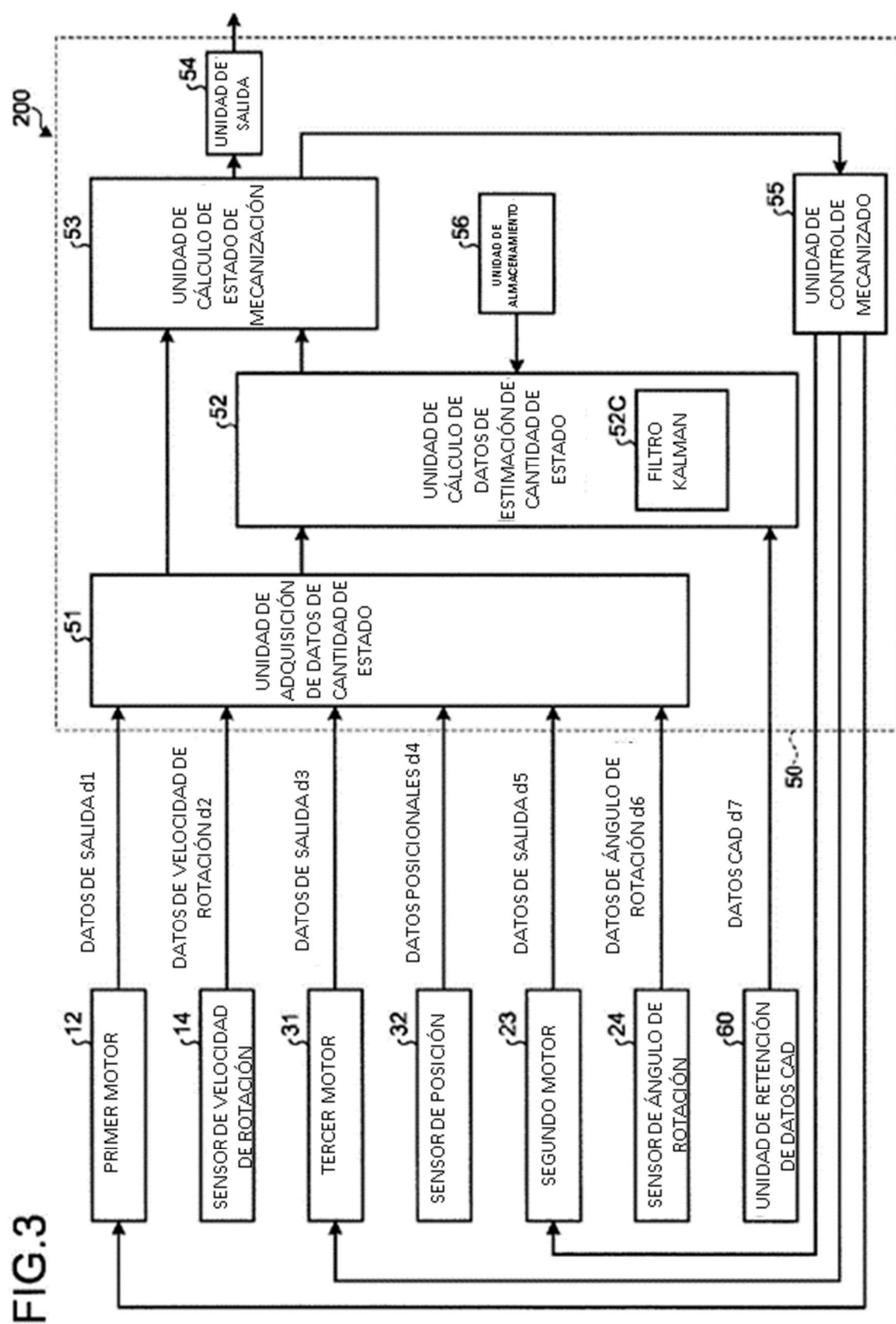




FIG.4

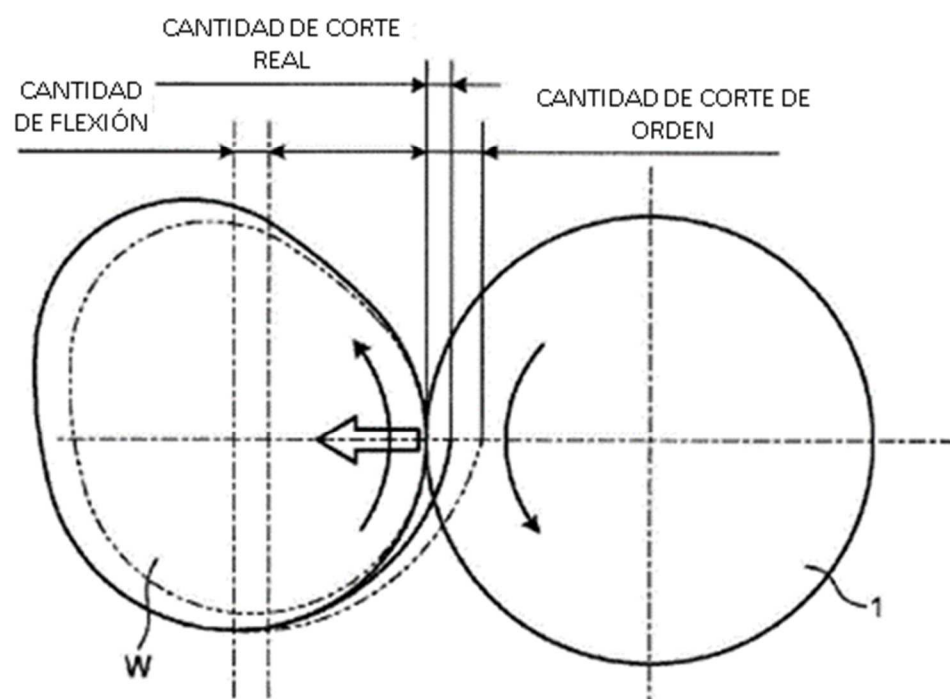


FIG.5

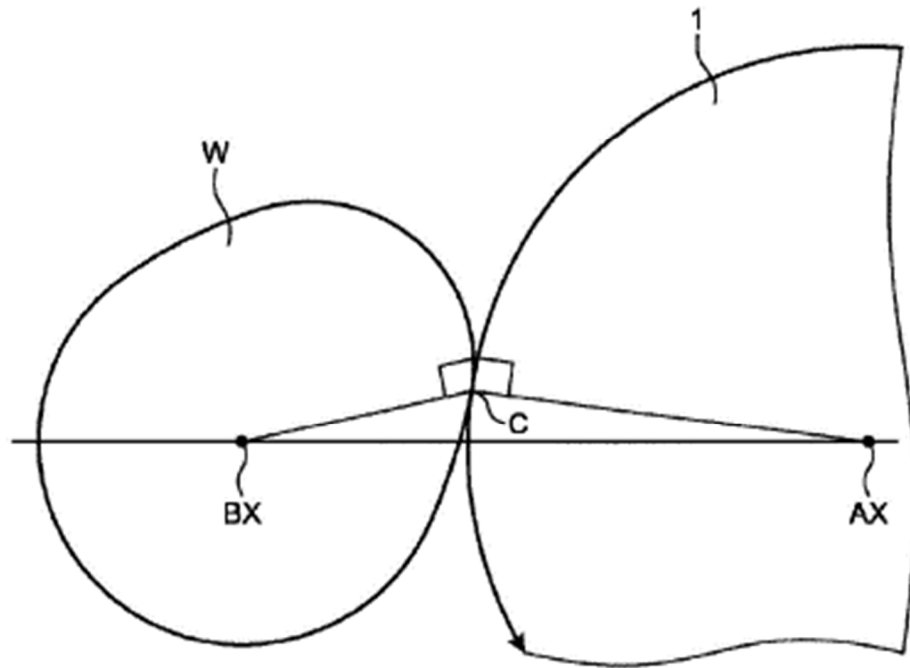


FIG.6

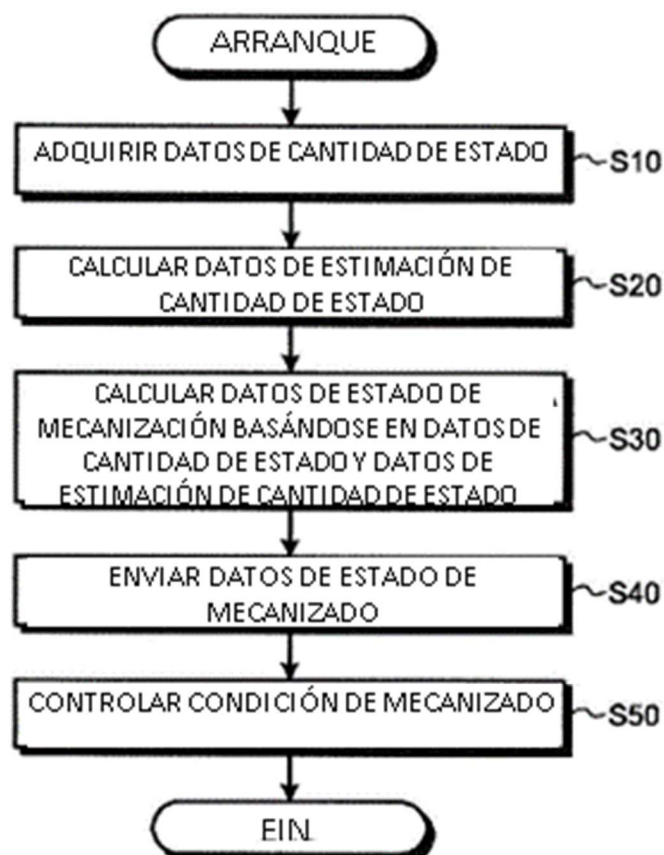


FIG.7

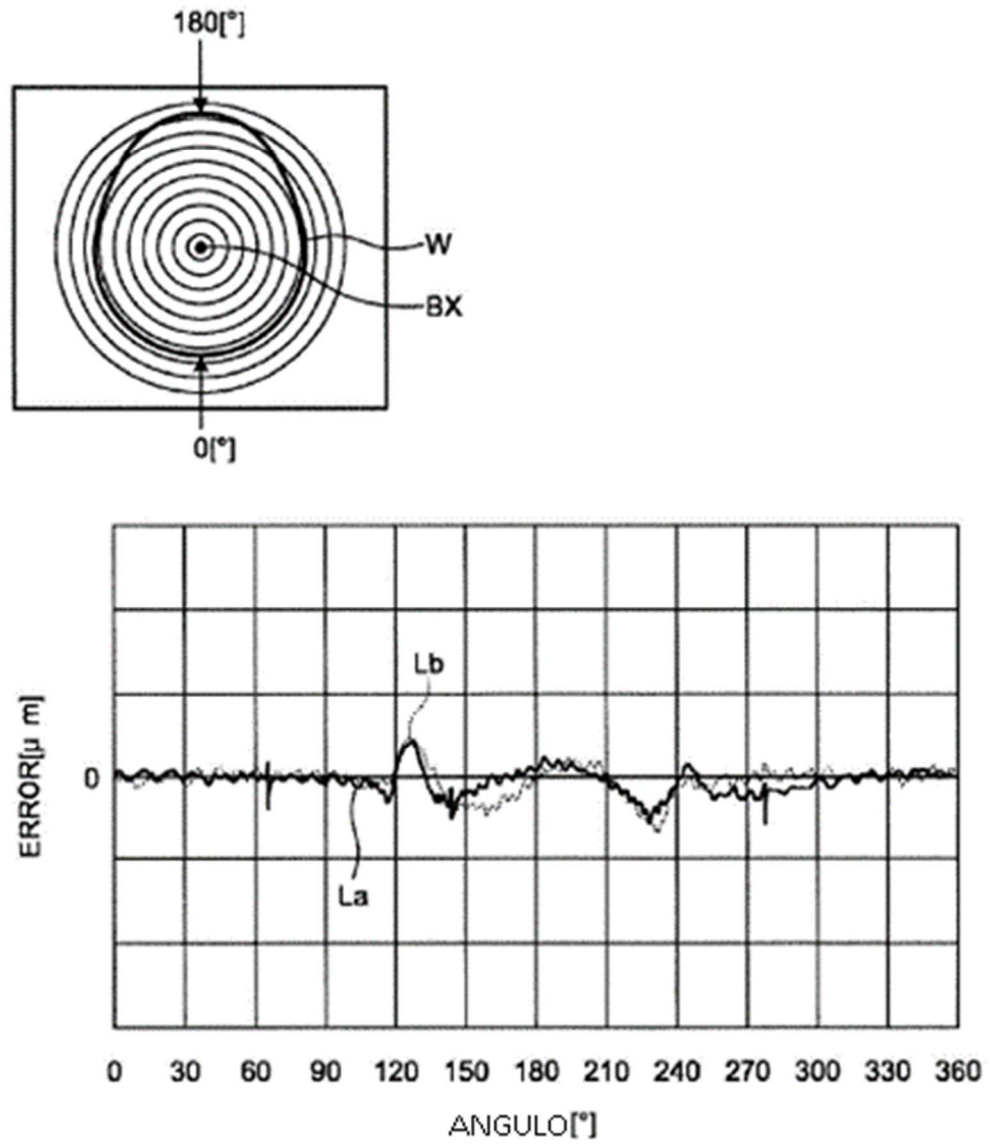


FIG.8

