

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 634 340**

51 Int. Cl.:

G05B 19/18 (2006.01)

G05B 19/4103 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.02.2013 PCT/JP2013/053269**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.08.2014 WO14125569**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.02.2013 E 13874973 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2947527**

54 Título: **Dispositivo de control numérico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.09.2017

73 Titular/es:

MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION (33.3%)
7-3 Marunouchi 2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310, JP;
CITIZEN MACHINERY CO., LTD. (33.3%) y
CITIZEN WATCH CO., LTD. (33.3%)

72 Inventor/es:

WATANABE, MITSUO;
SAGASAKI, MASAKAZU;
KAMATA, JUNICHI;
SHINOHARA, HIROSHI;
MATSUMARU, HAJIME;
MATSUMOTO, HITOSHI;
SHINOHARA, TAKANORI;
SHINOHARA, AKIHIKO y
YANAGIDAIRA, SHIGEO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 634 340 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

Dispositivo de control numérico

Campo de la descripción

La presente invención se relaciona con un dispositivo de control numérico.

5 Antecedentes

Un dispositivo de control numérico se ha propuesto para el proceso mecánico convencional de torneado. El dispositivo de control numérico incluye un mecanismo de alimentación de la herramienta de corte que alimenta una herramienta de corte a una pieza de trabajo en al menos dos direcciones axiales; y un mecanismo de control que controla el motor de control de la alimentación de la herramienta de corte tal que la herramienta de corte vibra a una frecuencia baja en al menos dos direcciones axiales (véase, por ejemplo, el Documento de Patente 1). En este dispositivo de control numérico, el mecanismo de control incluye una unidad de operación que realiza varias configuraciones; una unidad de almacenamiento de información de corte de vibración que almacena por adelantado al menos la cantidad de movimiento hacia delante, la cantidad de movimiento hacia atrás, la velocidad del movimiento hacia delante, y la velocidad del movimiento hacia atrás del mecanismo de alimentación de la herramienta de corte según las características mecánicas, tales como la inercia del eje de alimentación y las características del motor, como una tabla de datos usada para sincronizar y alimentar la herramienta de corte en al menos dos direcciones axiales para ser operable a una frecuencia baja de 25 hercios o mayor según la velocidad de rotación de la pieza de trabajo, o la cantidad de alimentación de la herramienta de corte por revolución de la herramienta de corte, que son configuradas por la unidad de operación; y una unidad de control del motor que controla el motor de control de la alimentación de la herramienta de corte teniendo como base los datos almacenados en la unidad de almacenamiento de información de corte de vibración.

Debido a esta configuración, en el caso cuando una velocidad rotacional de la pieza de trabajo, o una cantidad de alimentación de la herramienta de corte por revolución de la herramienta de corte, configurada por la unidad de operación, está presente en la tabla, se realiza el trabajo de corte por la cantidad de movimiento hacia delante, la cantidad de movimiento hacia atrás, la velocidad del movimiento hacia delante, y la velocidad del movimiento hacia atrás del mecanismo de alimentación de la herramienta de corte al valor establecido. Además, en el caso donde una velocidad rotacional de la pieza de trabajo o una cantidad de alimentación de la herramienta de corte por revolución de la herramienta de corte, que son configuradas por la unidad de operación, no está presente en la tabla, se muestra una advertencia de que no se ha programado un valor apropiado, y el procesamiento termina.

Otro dispositivo de control numérico para ejecutar un control de contorneado mediante el control de dos o más ejes de control para ejecutar el control de contorneado ha sido propuesto. El dispositivo de control numérico controla simultáneamente los dos o más ejes para realizar una operación de troceado, y al mismo tiempo, genera datos de movimiento para ejecutar el control de contorneado (véase, por ejemplo, el Documento de Patente 2).

Listado de referencias

35 Documentos de Patentes

Documento de Patente 1: Patente Japonesa No. 5033929

Documento de Patente 2: Patente Japonesa No. 4293132

Compendio

Problema técnico

40 Sin embargo, según el Documento de Patente 1 listado anteriormente, hay un problema en que es difícil crear datos para ser configurados en la tabla para sincronizar la alimentación de la herramienta de corte en al menos dos direcciones axiales para ser operables en una frecuencia baja de 25 Hz o mayor. Por ejemplo, cuando la tabla se crea, la cantidad de movimiento hacia delante, la cantidad de movimiento hacia atrás, la velocidad del movimiento hacia delante, y la velocidad del movimiento hacia atrás del mecanismo de alimentación de la herramienta de corte necesitan definirse para cada velocidad rotacional de la pieza de trabajo de cada cantidad de alimentación de la herramienta de corte por revolución de la herramienta de corte. Por lo tanto, es necesario que la tabla incorpore todas las velocidades rotacionales de la pieza de trabajo de las cantidades de alimentación de la herramienta de corte por revolución de la herramienta de corte, que pueden usarse en el dispositivo de control numérico. En consecuencia, se requiere un considerable tiempo y esfuerzo para crear la tabla.

50 Cuando una velocidad rotacional de la pieza de trabajo o una cantidad de alimentación de la herramienta de corte por revolución de la herramienta de corte, que no ha sido configurada en la tabla, se introduce, no se realiza el mecanizado, y el procesamiento termina. Esto resulta en un problema que no está claro si es posible realizar el mecanizado bajo las condiciones de entrada desde la unidad de operación hasta que el procesamiento real empieza.

5 El Documento de Patente 2 se relaciona con un dispositivo de control numérico para ejecutar un control de contorno, mientras realiza el troceado. La operación de troceado está diseñada para ejecutar un control de contorno con vibraciones de manera similar al Documento de Patente 1. En la operación de troceado, la dirección de vibración se asume que intersecta la dirección del control de contorno en un ángulo predeterminado, y por lo tanto no se considera que una herramienta vibre en una dirección de mecanizado.

10 La presente invención se ha conseguido para resolver los problemas anteriores, y un objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo de control numérico para mecanizar mientras vibra una herramienta a lo largo de un camino de mecanizado, en el cual sin la necesidad de una tabla que tenga las condiciones de vibración de la herramienta almacenadas en ella, cuando un camino de mecanizado es dado por un programa de mecanizado, el mecanizado se puede realizar mientras vibra la herramienta en una frecuencia predeterminada en el camino de mecanizado.

Solución al problema

El objeto anterior se resuelve mediante la combinación de las características de las reivindicaciones 1 y 3. Realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

15 Un dispositivo de control numérico según uno de los aspectos de la presente invención, mediante el cual se realiza el mecanizado en un objeto de mecanizado mientras que mueve una herramienta y el objeto de mecanizado relativo a cada uno por dos o más ejes de control proporcionados en la herramienta y/o el objeto de mecanizado se construye para incluir: una unidad de procesamiento de análisis que obtiene un comando de movimiento para moverse en un camino de movimiento en un programa de mecanizado, y condiciones de vibración para vibrar a lo largo del camino de movimiento; una unidad de cálculo de cantidad de movimiento del comando que calcula una cantidad de movimiento del comando que es una cantidad de movimiento por unidad de tiempo según el comando del movimiento; una unidad de cálculo de cantidad de movimiento vibracional que usa las condiciones de vibración para calcular una cantidad de movimiento vibracional que es una cantidad de movimiento debida a las vibraciones por unidad de tiempo en un tiempo correspondiente al comando de movimiento; y una unidad de combinación de cantidad de movimiento que combina la cantidad de movimiento del comando con la cantidad de movimiento vibracional para calcular una cantidad de movimiento combinada, y que adquiere una cantidad de movimiento en la unidad de tiempo tal que una posición, que se ha movido desde una posición de referencia para calcular la cantidad de movimiento combinada mediante la cantidad de movimiento combinada, está ubicada en el camino de movimiento.

30 Efectos ventajosos de la invención

Según la presente invención, el dispositivo de control numérico hace posible aplica vibraciones a lo largo de un camino de mecanizado basándose en condiciones de vibración dadas, por ejemplo, frecuencia y amplitud. Por lo tanto, el mecanizado se puede realizar bajo varias condiciones sin la necesidad de una tabla que tenga almacenadas las condiciones de vibración de la herramienta.

35 Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración ejemplar de un dispositivo de control numérico según una primera realización.

Las FIGS. 2 son diagramas que ilustran una configuración de ejes del dispositivo de control numérico según la primera realización.

40 La FIG. 3 es un diagrama que ilustra esquemáticamente un método de mecanizado según la primera realización.

La FIG. 4 es un diagrama que ilustra esquemáticamente un programa de mecanizado según la primera realización.

La FIG. 5 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de procesamiento de interpolación con vibraciones según la primera realización.

45 Las FIGS. 6 son diagramas que ilustran un procedimiento de proceso específico ejemplar de procesamiento de interpolación con vibraciones según la primera realización.

La FIG. 7 es un diagrama que ilustra la cantidad de movimiento combinada por unidad de tiempo adquirida en las FIGS. 6, y la dirección de esta cantidad de movimiento combinada.

Las FIGS. 8 ilustran una posición de comando en el eje X y una posición de comando en el eje Z en un caso de un camino de movimiento circular.

50 La FIG. 9 es un diagrama que ilustra esquemáticamente un método de mecanizado con un taladro según la primera realización.

La FIG. 10 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración ejemplar de un dispositivo de control numérico según una segunda realización.

La FIG. 11 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento ejemplar de procesamiento de interpolación con vibraciones según la segunda realización.

5 La FIG.12 es un diagrama que ilustra esquemáticamente un método de mecanizado según la segunda realización.

Las FIGS. 13 son diagramas conceptuales que ilustran la aplicación de las vibraciones a un camino de movimiento según la segunda realización.

Las FIGS. 14 son diagramas que ilustran un ejemplo de cambios en los valores de los comandos de posiciones del eje Z y del eje X con respecto al tiempo para realizar procesamiento de mecanizado según la segunda realización.

10 La FIG. 15 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración ejemplar de un dispositivo de control numérico según una tercera realización.

La FIG. 16 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento ejemplar de procesamiento de interpolación con vibraciones en una unidad de computación de control según la tercera realización.

15 La FIG. 17 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento ejemplar de procesamiento para generar vibraciones en una unidad de control según la tercera realización.

Descripción de las realizaciones

Se describirán a continuación realizaciones ejemplares de un dispositivo de control numérico según la presente invención con referencia a los dibujos que acompañan. La presente invención no está limitada a estas realizaciones.

Primera realización

20 La FIG. 1 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración ejemplar de un dispositivo de control numérico según una primera realización. Un dispositivo 1 de control numérico incluye una unidad 10 de control; una unidad 20 de operación de entrada; una unidad 30 de presentación; y una unidad 40 de computación de control.

25 La unidad 10 de control es un mecanismo que controla una o dos piezas de trabajo y una herramienta en al menos dos direcciones axiales. La unidad 10 de control incluye un motor 11 servo que mueve una pieza de trabajo y/o herramienta en cada uno de las direcciones axiales especificadas en el dispositivo 1 de control numérico; un detector 12 que detecta la posición y velocidad del motor 11 servo; y una unidad 13 de control servo para cada una de las direcciones axiales (una unidad 13X de control servo del eje X, una unidad 13Z de control servo del eje Z, ... (en adelante, expresado simplemente como "unidad 13 de control servo" cuando no sea necesario distinguir las direcciones del eje de control entre ellas)), donde la unidad 13 de control servo controla la posición y velocidad de una pieza de trabajo y/o herramienta teniendo como base la posición y velocidad transmitidas desde el detector 12. La unidad 10 de control además incluye un motor 14 de eje principal que rota un eje principal proporcionado en una pieza de trabajo; un detector 15 que detecta la posición y velocidad de rotación del motor 14 del eje principal; y una unidad 16 de control servo del eje principal que controla, teniendo como base la posición y velocidad de rotación transmitidas desde el detector 15, la rotación del eje principal proporcionado para la pieza de trabajo.

35 La unidad 20 de operación de entrada incluye una unidad de entrada tal como un teclado, un botón, o un ratón, a través del cual un usuario introduce un comando y similares para el dispositivo 1 de control numérico, o introduce un programa de mecanizado, un parámetro, o similar. La unidad 30 de presentación incluye un dispositivo de presentación de cristal líquido u otra unidad de presentación en la cual se muestra la información procesada por la unidad 40 de computación de control.

40 La unidad 40 de computación de control incluye una unidad 41 de control de entrada, una unidad 42 de configuración de datos, una unidad 43 de almacenamiento, una unidad 44 de procesamiento de pantalla, una unidad 45 de procesamiento de análisis, una unidad 46 de procesamiento de señal de control mecánica, una unidad 47 de circuito PLC (Controlador de Lógica Programable), una unidad 48 de procesamiento de interpolación, una unidad 49 de procesamiento de aceleración-deceleración, y una unidad 50 de salida de datos axiales.

45 La unidad 41 de control de entrada recibe información que es entrada desde la unidad 20 de operación de entrada. La unidad 42 de configuración de datos almacena la información recibida por la unidad 41 de control de entrada en la unidad 43 de almacenamiento. Por ejemplo, cuando el contenido de la entrada se relaciona con editar un programa 432 de mecanizado, el programa 432 de mecanizado almacenado en la unidad 43 de almacenamiento es cambiado por el contenido editado. Cuando un parámetro es entrada, este parámetro de entrada se almacena en un área de almacenamiento de un parámetro 431 en la unidad 43 de almacenamiento.

50 La unidad 43 de almacenamiento almacena en ella información tal como el parámetro 431 a ser usado para el procesamiento en la unidad 40 de computación de control, el programa 432 de mecanizado para ser ejecutado, y datos 433 de presentación de pantalla a ser presentados en la unidad 30 de presentación. La unidad 43 de

almacenamiento incluye un área 434 compartida que almacena en ella datos usados temporalmente más allá de los parámetros 431 y el programa 432 de mecanizado. La unidad 44 de procesamiento de pantalla ejecuta un control para presentar los datos 433 de presentación de pantalla en la unidad 43 de almacenamiento en la unidad 30 de presentación.

5 La unidad 45 de procesamiento de análisis incluye una unidad 451 de generación de comando de movimiento, que lee un programa de mecanizado que incluye uno o más bloques, analiza el programa de mecanizado leído bloque por bloque, y genera un comando de movimiento para el movimiento de cada bloque, y una unidad 452 de análisis de comando de vibración, que analiza si un comando de vibración está incluido en el programa de mecanizado y genera información de vibración, cuando el comando de vibración está incluido en el programa de mecanizado, tal como frecuencia y amplitud incluidas en el comando de vibración.

10 Cuando la unidad 45 de procesamiento de análisis lee un comando auxiliar como un comando para operar una máquina aparte de un comando para operar un eje controlado numéricamente (el eje de control), la unidad 46 de procesamiento de señal de control mecánica notifica el hecho de que el comando auxiliar ha sido emitido a la unidad 47 de circuito PLC. Tras la recepción de la notificación de que se ha emitido el comando auxiliar desde la unidad 46 de procesamiento de señal de control mecánica, la unidad 47 de circuito PLC realiza el procesamiento correspondiente a este comando auxiliar.

15 La unidad 48 de procesamiento de interpolación incluye una unidad 481 de cálculo de cantidad de movimiento de comando que usa un comando de movimiento analizado por la unidad 45 de procesamiento de análisis para calcular una cantidad de movimiento de comando que es una cantidad de movimiento por unidad de tiempo (un ciclo de interpolación), una unidad 482 de cálculo de cantidad de movimiento vibracional que calcula una cantidad de movimiento vibracional que es una cantidad de movimiento por unidad de tiempo para hacer vibrar una herramienta o un objeto mecanizado, una unidad 483 de combinación de cantidad de movimiento que calcula una cantidad de movimiento combinada por unidad de tiempo mediante la combinación de la cantidad de movimiento de comando con la cantidad de movimiento vibracional, y una unidad 484 de descomposición de cantidad de movimiento combinada que calcula una cantidad de movimiento para cada eje de control desde la cantidad de movimiento combinada por unidad de tiempo, para pasar a través de un camino de movimiento.

20 La unidad 49 de procesamiento de aceleración-deceleración convierte la cantidad de movimiento combinada para cada eje de control, salida de la unidad 48 de procesamiento de interpolación, en un comando de movimiento por unidad de tiempo teniendo en cuenta la aceleración y deceleración según un patrón de aceleración-deceleración designado con anterioridad. La unidad 50 de salida de datos axiales saca el comando de movimiento por unidad de tiempo procesado por la unidad 49 de procesamiento de aceleración-deceleración a las unidades 13X, 13Z, ... de control servo, cada una de las cuales controla cada uno de los ejes de control.

25 Para realizar el mecanizado mientras vibra una herramienta o pieza de trabajo, es suficiente para la herramienta y la pieza de trabajo con ser movidas relativamente entre ellas cuando el mecanizado es realizado, como se ha descrito anteriormente. Las FIGS. 2 son diagramas que ilustran esquemáticamente una configuración de los ejes del dispositivo de control numérico según la primera realización en la cual la operación de torneado se realiza. En las FIGS. 2, un eje Z y un eje X que son perpendiculares entre sí se proporcionan en la hoja del dibujo. La FIG. 2(a) es un diagrama que ilustra un caso donde una pieza de trabajo 61 está fija; y solo una herramienta 62 esto es, por ejemplo, una herramienta de torneado que realiza torneado, se mueve en las direcciones del eje Z y del eje X. La FIG. 2(b) es un diagrama que ilustra un caso donde la pieza de trabajo 61 se mueve en la dirección del eje Z; y la herramienta 62 se mueve en la dirección del eje X. En cualquiera de los casos, proporcionar el motor 11 servo a un objeto a ser movido (la pieza de trabajo 61 y/o la herramienta 62), hace posible realizar el procesamiento descrito anteriormente.

30 La FIG. 3 es un diagrama que ilustra esquemáticamente un método de mecanizado según la primera realización. La FIG. 3 ilustra un caso donde el eje Z y el eje X que son perpendiculares entre sí son proporcionados en la hoja de dibujo, y el mecanizado se realiza mientras la herramienta 62 se mueve y un objeto de mecanizado relativo a cada uno a lo largo de un camino 101 de movimiento en este plano Z-X. En la primera realización, cuando la herramienta 62 se mueve relativa al objeto de mecanizado a lo largo del camino 101 de movimiento, la herramienta 62 se hace vibrar de tal manera que sigue el camino 101 de movimiento. Esto es, en una sección de línea recta, la herramienta 62 se hace vibrar para moverse atrás y adelante a lo largo de la línea recta, y en una sección de línea curva, la herramienta 62 se hace vibrar para moverse atrás y adelante a lo largo de la línea curva. La descripción "la herramienta 62 se hace vibrar" se refiere al movimiento de la herramienta 62 relativa al objeto 61 de mecanizado. En la práctica, tanto la herramienta 62 como el objeto 61 mecanizado se pueden mover como se ilustra en las FIGS. 2. Lo mismo aplica a las descripciones siguientes.

35 La FIG. 4 es un diagrama que ilustra un ejemplo de un programa de mecanizado según la primera realización. El programa de mecanizado es leído línea a línea (bloque a bloque) para ser ejecutado. En este programa de mecanizado, "M3 S1000;" en una línea 401 es un comando de rotación del eje principal, "G01 X10.0 Z20.0 F0.01;" en una línea 403 es un comando de interpolación lineal, y "G02 X14.0 Z23.5 R4.0;" en una línea 404 es un comando de interpolación circular en el sentido de las agujas del reloj. Estos comandos se usan en dispositivos de control numérico generales.

Mientras tanto, "G200 F50 A0.03;" en una línea 402 y "G201;" en una línea 405 son comandos de corte de vibración en la primera realización. Estos comandos se proporcionan adicionalmente. En este ejemplo, el comando "G200" indica el inicio del corte de vibración; y el comando "G201" indica el final del corte de vibración. "F" y sus valores numéricos subsecuentes indican la frecuencia (hercio) de vibración, y "A" y sus valores numéricos subsecuentes indican la amplitud de vibración (milímetros, por ejemplo). Este es un mero ejemplo. El inicio y fin del corte de vibración, y la frecuencia y amplitud de vibración se pueden representar por otros símbolos. Los valores de los comandos de frecuencia y amplitud pueden ser cualquier valor numérico. Sin embargo, para vibrar la herramienta más precisamente en un camino curvo y para romper las virutas generadas por el corte en piezas más pequeñas, generalmente vibraciones de minutos (con la amplitud de varios cientos de micrómetros o menos, y la frecuencia de varios cientos de hercios o menos) son instruidas.

A continuación, se describe un método de mecanizado realizado por el dispositivo de control numérico según la primera realización. La FIG. 5 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de procesamiento de interpolación con vibraciones según la primera realización.

Primero, la unidad 451 de generación de comando de movimiento en la unidad 45 de procesamiento de análisis saca un comando de movimiento con un camino de movimiento que incluye la posición y velocidad de una herramienta y/u objeto de mecanizado de un programa de mecanizado a la unidad 48 de procesamiento de interpolación. La unidad 452 de análisis de comando de vibración saca las condiciones de vibración, que incluyen frecuencia y amplitud, a la unidad 48 de procesamiento de interpolación. La unidad 48 de procesamiento de interpolación obtiene el comando de movimiento y las condiciones de vibración, que son ambas sacadas desde la unidad 45 de procesamiento de análisis (Paso S11).

Posteriormente, la unidad 481 de cálculo de cantidad de movimiento de comando en la unidad 48 de procesamiento de interpolación calcula una cantidad de movimiento de comando por unidad de tiempo (un ciclo de interpolación) desde el comando de movimiento (una cantidad de movimiento según el comando de movimiento) (Paso S12). Esto se adquiere mediante un método presente dependiente del tipo de interpolación tal como interpolación lineal o interpolación circular.

Después de eso, la unidad 482 de cálculo de cantidad de movimiento vibracional calcula una cantidad de movimiento vibracional que es una cantidad de movimiento debida a la vibración por unidad de tiempo (Paso S13). En cuanto a la cantidad de movimiento vibracional, se asume una onda seno bajo las condiciones de vibración obtenidas (frecuencia y amplitud), y entonces la posición en la onda seno correspondiente al tiempo de interpolación presente se adquiere para adquirir la cantidad de movimiento vibracional correspondiente al tiempo de interpolación presente como una diferencia entre las posiciones en el tiempo de interpolación presente y el último tiempo de interpolación (esto es, si el tiempo de interpolación presente es t_2 en la FIG. 6(e), se adquiere Δa_2 en el tiempo t_2).

Posteriormente, la unidad 483 de combinación de cantidad de movimiento calcula una cantidad de movimiento combinada mediante la combinación de la cantidad de movimiento de comando con la cantidad de movimiento vibracional (Paso S14). Aquí, la cantidad de movimiento vibracional se suma a la cantidad de movimiento de comando.

Después de eso, la unidad 484 de descomposición de cantidad de movimiento combinada calcula una cantidad de movimiento axial mediante la descomposición de la cantidad de movimiento combinada por unidad de tiempo en componentes de los respectivos ejes de control para pasar a lo largo del camino de movimiento (Paso S15). La cantidad de movimiento axial calculada se saca entonces a la unidad 13 de control servo en cada uno de los ejes de control a través de la unidad 50 de salida de datos axiales. (Paso S16).

En el Paso S14, en el caso donde la posición terminal de la cantidad de movimiento combinada se ubique en el lado opuesto a la posición de inicio del mecanizado en la dirección de mecanizado, o en el caso donde la posición terminal de la cantidad de movimiento combinada pase sobre la posición final de mecanizado en la dirección de mecanizado, también se mecaniza una región involuntariamente. Por lo tanto, en el caso donde la posición terminal de la cantidad de movimiento combinada esté ubicada en la dirección del mecanizado, la cantidad de movimiento se puede corregir tal que la posición terminal de la cantidad de movimiento combinada se limite al punto de inicio del mecanizado. Y, en el caso donde la posición terminal de la cantidad de movimiento combinada pase sobre la posición final del mecanizado en la dirección de mecanizado, la cantidad de movimiento combinada se puede corregir tal que la posición terminal de la cantidad de movimiento combinada se limite al punto final de mecanizado.

Después de eso, la unidad 481 de cálculo de cantidad de movimiento de comando determina si el valor total de las cantidades de movimiento de comando instruidas anteriormente es menor que una cantidad de movimiento objetivo (Paso S17). Cuando el valor total de las cantidades de movimiento de comando es menor que la cantidad de movimiento objetivo (Sí en el Paso S17), el procesamiento vuelve al paso S12, y el procesamiento anterior se realiza de manera repetida. En contraste, cuando el valor total de las cantidades de movimiento de comando alcanza la cantidad de movimiento objetivo (NO en el paso S17), el procesamiento termina porque el mecanizado ha avanzado hasta una posición objetivo.

- Las FIGS. 6 son diagramas que ilustran un procedimiento de proceso específico ejemplar de procesamiento de interpolación con vibraciones según la primera realización. La FIG. 7 es un diagrama que ilustra la dirección y magnitud de la cantidad de movimiento combinada por unidad de tiempo adquirida en las FIGS. 6. Como se ilustra en la FIG. 6(a), se describe primero un caso en el cual una herramienta y un objeto de mecanizado son movidos relativamente a cada uno a lo largo de un camino de movimiento con forma de arco en el plano Z-X. En un programa de mecanizado se especifican un punto de inicio de mecanizado, un punto de fin de mecanizado, una velocidad F de movimiento relativo de la herramienta al objeto de mecanizado, un método de interpolación (tal como interpolación lineal o interpolación circular), y condiciones de vibración. La unidad 48 de procesamiento de interpolación obtiene estas condiciones en el Paso S11.
- 5
- 10 La unidad 481 de cálculo de cantidad de movimiento del comando usa el punto de inicio de mecanizado, el punto de fin de mecanizado, la velocidad de movimiento, y el método de interpolación para adquirir una distancia L de movimiento desde el punto de inicio de mecanizado al punto de fin de mecanizado, en un tiempo T requerido. Esta distancia de movimiento con respecto al tiempo es como se ilustra en la FIG. 6(b).
- 15 Después de eso, desde la distancia L de movimiento y un ciclo de interpolación (una unidad de tiempo) Δt , la unidad 481 de cálculo de cantidad de movimiento del comando adquiere una cantidad ΔL de movimiento del comando que es una cantidad de movimiento por unidad de tiempo en cada punto en el tiempo (Paso S12). Los resultados de esta cantidad de movimiento del comando ΔL se ilustran en la FIG. 6(d). La FIG. 6(d) ilustra el periodo entre un tiempo t_1 y un tiempo t_7 en la FIG. 6(b) de forma magnificada. En la FIG. 6(d), la cantidad de movimiento de comando ΔL es consistente en cualquier punto en el tiempo.
- 20 Primero, la unidad 481 de cálculo de cantidad de movimiento de comando adquiere la cantidad de movimiento de comando ΔL en el tiempo t_1 . La unidad 482 de cálculo de la cantidad de movimiento vibracional usa las condiciones de vibración obtenidas del programa de mecanizado para crear una función que indique cambio en vibraciones con el tiempo ilustrada en la FIG. 6(c) para adquirir una cantidad de movimiento vibracional Δa_1 que es una cantidad de movimiento debida a las vibraciones por unidad de tiempo (un ciclo de interpolación) Δt en un tiempo t_1 (Paso S13).
- 25 Este resultado se ilustra en la FIG. 6(e). La FIG. 6(e) también ilustra el periodo de tiempo entre el tiempo t_1 y el tiempo t_7 en la FIG. 6(b) de forma magnificada.
- 30 La unidad 483 de combinación de cantidad de movimiento combina la cantidad de movimiento de comando ΔL con la cantidad de movimiento vibracional Δa_1 para adquirir una cantidad de movimiento combinada s_1 por unidad de tiempo en el tiempo t_1 (Paso S14). Esto se adquiere mediante la suma de la cantidad de movimiento vibracional Δa_1 adquirida a partir de la FIG. 6(e) con la cantidad de movimiento de comando ΔL en la FIG. 6(d). El resultado es como se ilustra en la FIG. 6(f). En la FIG. 6(f), la cantidad de movimiento combinada s_1 ($= \Delta L + \Delta a_1$) por unidad de tiempo Δt en el tiempo t_1 se suma a la posición P1 en el tiempo t_1 . La posición, obtenida mediante la suma de la cantidad de movimiento combinada s_1 a esta posición P1 de forma que pase a través de un camino de movimiento, es una posición objetivo P2. Cuando el método de interpolación y la cantidad de movimiento son conocidos, la posición objetivo se puede calcular.
- 35
- A continuación, según la presente posición P1 en el camino de movimiento y el método de interpolación, la unidad 484 de descomposición de cantidad de movimiento combinada asigna la cantidad de movimiento combinada s_1 por unidad de tiempo a cantidades de movimiento s_{1Z} y s_{1X} que son componentes de los ejes de control Z y X, como se ilustra en el tiempo t_1 en la FIG. 7 (Paso S15). La unidad 50 de salida de datos axiales instruye a la cantidad de movimiento s_{1X} a la unidad 13X de control servo del eje X, e instruye a la cantidad de movimiento s_{1Z} a la unidad 13Z de control servo del eje Z (Paso S16). Las cantidades de movimiento s_{1Z} y s_{1X} , instruidas en este tiempo, han sido sujetas al procesamiento de aceleración-deceleración por la unidad 49 de aceleración-deceleración.
- 40
- Después de eso, se determina si el valor total de las cantidades de movimiento instruidas es menor que una cantidad de movimiento objetivo (Paso S17). En este caso, porque el valor total de las cantidades de movimiento instruidas es menor que la cantidad de movimiento objetivo, se realiza el siguiente procesamiento en el tiempo t_2 .
- 45
- En el tiempo t_2 , la cantidad de movimiento de comando por unidad de tiempo es representada como ΔL , y la cantidad de movimiento vibracional es representada como Δa_2 . Por lo tanto, desde estas cantidades ΔL y Δa_2 , se adquiere una cantidad de movimiento combinada s_2 por unidad de tiempo ($= \Delta L + \Delta a_2$). Además, basándose en esta cantidad de movimiento combinada s_2 , se define una posición P3 objetivo tras la unidad de tiempo. Esta posición P3 se obtiene mediante la suma de la cantidad de movimiento s_2 con la posición P2 a lo largo del camino de movimiento. Como se ilustra en el tiempo t_2 en la FIG. 7, de esta cantidad de movimiento s_2 , se adquieren las cantidades de movimiento axiales s_{2Z} y s_{2X} en las direcciones del eje de control respectivas.
- 50
- En el tiempo t_3 , la cantidad de movimiento de comando por unidad de tiempo es representada como ΔL , y la cantidad de movimiento vibracional es representada como Δa_3 . Por lo tanto, desde estas cantidades ΔL y Δa_3 , se adquiere una cantidad de movimiento combinada s_3 por unidad de tiempo ($= \Delta L + \Delta a_3$). Además, basándose en esta cantidad de movimiento combinada s_3 , se define una posición P4 objetivo tras la unidad de tiempo. Esta posición P4 se obtiene mediante la suma de la cantidad de movimiento s_3 ($= \Delta L + \Delta a_3$) con la posición P3 a lo largo del camino de movimiento. Como se ilustra en la FIG. 6(f), esta cantidad de movimiento combinada s_3 es dirigida inversamente a la cantidad de movimiento combinada s_1 en el tiempo t_1 y la cantidad de movimiento s_2 en el tiempo t_2 . Como se
- 55

ilustra en el tiempo t_3 en la FIG. 7, de esta cantidad de movimiento s_3 , se adquieren las cantidades de movimiento axiales s_{3Z} y s_{3X} en las direcciones del eje de control respectivas. El mismo procesamiento se realiza también en los puntos posteriores.

5 En el tiempo t_6 , la cantidad de movimiento de comando por unidad de tiempo es representada como ΔL , y la cantidad de movimiento vibracional es representada como Δa_6 . Por lo tanto, a partir de estas cantidades ΔL y Δa_6 , se adquiere una cantidad de movimiento combinada s_6 por unidad de tiempo ($= \Delta L + \Delta a_6$). Además, basándose en esta cantidad de movimiento combinada s_6 , se define una posición P_7 objetivo tras la unidad de tiempo. Esta posición P_7 se obtiene mediante la suma de la cantidad de movimiento s_6 con la posición P_6 a lo largo del camino de movimiento. Como se ilustra en el tiempo t_6 en la FIG. 7, de esta cantidad de movimiento s_6 , se adquieren las cantidades de movimiento axiales s_{6Z} y s_{6X} en las direcciones del eje de control respectivas. En este ejemplo, la posición P_7 coincide con la posición en el tiempo t_7 en el camino de movimiento en el caso donde las vibraciones no se aplican. De la forma descrita anteriormente, se realiza un procesamiento en el cual una herramienta se mueve relativamente a una pieza de trabajo, mientras que se le aplica vibraciones a lo largo de un camino de movimiento.

15 Las FIGS. 8 son diagramas que ilustran una posición de comando en el eje X y una posición de comando en el eje Z en un caso de un camino de movimiento circular. Como se ilustra en la FIG. 8(a), el eje Z y el eje X se definen en la hoja de dibujo; y la posición de la herramienta 62 o una pieza de trabajo se mueve de forma que la herramienta 62 dibuja un camino de movimiento circular relativo a la pieza de trabajo en el plano Z-X. Durante este mecanizado, las vibraciones se aplican de forma que la posición de las vibraciones dibuje una curva seno trazada contra el tiempo. La dirección de movimiento de la herramienta 62 relativa a la pieza de trabajo en un punto de inicio de mecanizado P_0 es en la dirección del eje Z. La dirección de movimiento de la herramienta 62 relativa a la pieza de trabajo en un punto de fin de mecanizado P_1 es en la dirección del eje X. Por lo tanto, cuando el mecanizado comienza, hay solo un componente de vibración en la dirección del eje Z, y no hay componente de vibración en la dirección del eje X. A medida que la herramienta 62 avanza en el camino de movimiento, los componentes de vibración en las direcciones del eje de control respectivas cambian de forma que el componente de vibración en la dirección del eje Z disminuye gradualmente, mientras que el componente de vibración en la dirección del eje X aumenta gradualmente. En el punto de fin de mecanizado, solo hay el componente de vibración en la dirección del eje X y no hay componente de vibración en la dirección del eje Z. Como se describió anteriormente, la FIG. 8(b) y la FIG. 8(c) ilustran un estado donde el ángulo de vibración cambia según la dirección de movimiento de la herramienta 62.

20 En la primera realización, se proporciona un programa de mecanizado con un comando para realizar corte de vibración con una frecuencia y amplitud específicas de vibraciones a ser aplicadas a lo largo de un camino de movimiento durante el mecanizado. También, la unidad 48 de procesamiento de interpolación calcula una cantidad de movimiento combinada mediante la suma de una cantidad de movimiento vibracional por unidad de tiempo con una cantidad de movimiento de comando por unidad de tiempo, y calcula las cantidades de movimiento axial mediante la descomposición de la cantidad de movimiento combinada en componentes en las direcciones del eje de control respectivas para pasar a través del camino de movimiento. Debido a esta operación, la unidad 40 de computación de control hace posible aplicar vibraciones a lo largo del camino de mecanizado. Porque las vibraciones se aplican a lo largo del camino de mecanizado, esto puede evitar cortar en una posición fuera del camino de mecanizado, y evitar que un objeto de mecanizado sea cortado excesivamente.

25 En un caso donde la cantidad de movimiento combinada está posicionada en el lado opuesto de la posición de inicio del mecanizado en la dirección de mecanizado, la cantidad de movimiento combinada es corregida tal que la posición terminal de la cantidad de movimiento se limita al punto de inicio del mecanizado; y en un caso donde la cantidad de movimiento pase la posición de fin de mecanizado en la dirección de mecanizado, la cantidad de movimiento combinada es corregida tal que la posición terminal de la cantidad de movimiento combinada se limite al punto de fin de mecanizado. Con esta configuración, el mecanizado no se realiza extendiéndose de las posiciones de inicio y fin de mecanizado.

30 Además, porque un comando para realizar el corte de vibración se describe en un programa de mecanizado, no es necesario para la unidad 40 de computación de control mantener una tabla sobre las vibraciones a aplicar cuando se mecaniza. También, se puede ahorrar el tiempo y esfuerzo de introducir las condiciones de mecanizado respecto a las vibraciones en la tabla. Además, porque las vibraciones se aplican en el tiempo del procesamiento de interpolación, se pueden generar vibraciones de más alta frecuencia para realizar el mecanizado, comparando con el caso donde las condiciones de vibración son instruidas directamente (se instruyen movimiento hacia delante y movimiento hacia detrás repetitivos) por un programa de mecanizado en el cual se diseña un intervalo más largo que el proceso de interpolación.

35 En la primera realización, el mismo mecanizado de vibración puede también realizarse perforando. La FIG. 9 es un diagrama que ilustra esquemáticamente un método de mecanizado con una perforadora según la primera realización. En el caso de perforar usando una perforadora 63, un control de contorno se ejecuta siempre linealmente. Un control de vibración también se ejecuta en el camino de mecanizado de forma lineal. El control de vibración se puede ejecutar en este camino de mecanizado de forma lineal también en una dirección 101 inclinada. En la perforación, cortar en una posición fuera del camino 101 de mecanizado como se ha descrito anteriormente no puede ocurrir. La perforación tiene el efecto de no extenderse sobre las posiciones de inicio y fin de mecanizado, y el efecto de generar vibraciones de más alta frecuencia, similarmente a las descripciones anteriores.

Segunda realización

- La FIG. 10 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración ejemplar de un dispositivo de control numérico según una segunda realización. En este dispositivo 1 de control numérico, la unidad 48 de procesamiento de interpolación se configura de manera diferente a la de la primera realización. Esto es, la unidad 48 de procesamiento de interpolación incluye una unidad 481 de cálculo de cantidad de movimiento de comando que usa el comando de movimiento analizado por la unidad 45 de procesamiento de análisis para calcular una cantidad de movimiento de comando que es una cantidad de movimiento por unidad de tiempo (un ciclo de interpolación), la unidad 482 que calcula una cantidad de movimiento vibracional que es una cantidad de movimiento por unidad de tiempo para hacer vibrar una herramienta o un objeto de mecanizado, una unidad 485 de descomposición de cantidad de movimiento de comando que calcula cantidades de movimiento de comando axiales que son cantidades de movimiento de la cantidad de movimiento de comando en las respectivas direcciones del eje de control, una unidad 486 de descomposición de cantidad de movimiento vibracional que calcula las cantidades de movimiento vibratoriales axiales que son cantidades de movimiento de la cantidad de movimiento vibracional en las respectivas direcciones del eje de control según la tasa entre las cantidades de movimiento de comando axial para las direcciones respectivas de los ejes de control, y una unidad 487 de combinación de cantidad de movimiento axial que calcula una cantidad de movimiento combinada axial para cada uno de los ejes de control mediante la suma de la cantidad de movimiento de comando axial en cada una de las direcciones del eje de control con la cantidad de movimiento vibracional en cada una de las direcciones del eje de control. Elementos constituyentes idénticos a los de la primera realización son denotados por las mismas señales de referencia y las explicaciones de los mismos se omiten.
- A continuación, se describe un método de mecanizado realizado por el dispositivo de control numérico según la segunda realización. La FIG. 11 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento ejemplar de procesamiento de interpolación con vibraciones según la segunda realización.
- Primero, de forma similar a los Pasos S11 a S13 en la FIG. 5 en la primera realización, la unidad 48 de procesamiento de interpolación obtiene un comando de movimiento y condiciones de vibración que son salidas ambas de la unidad 45 de procesamiento de análisis, entonces la unidad 481 de cálculo de cantidad de movimiento de comando calcula una cantidad de movimiento de comando por unidad de tiempo desde el comando de movimiento, y la unidad 482 de cálculo de cantidad de movimiento vibracional calcula una cantidad de movimiento vibracional por unidad de tiempo desde las condiciones de vibración (Pasos S31 a S33).
- A continuación, la unidad 485 de descomposición de cantidad de movimiento de comando divide la cantidad de movimiento de comando en componentes en las respectivas direcciones del eje de control para calcular las cantidades de movimiento de comando axial (Paso S34). Debido a esta operación, se obtiene la tasa entre las cantidades de movimiento axiales y las respectivas direcciones del eje de control.
- Después de eso, la unidad 486 de descomposición de cantidad de movimiento vibracional calcula las cantidades de movimiento vibratoriales mediante la descomposición de la cantidad de movimiento vibracional en componentes en las direcciones del eje de control respectivas usando la tasa entre las cantidades de movimiento de comando dividida en las respectivas direcciones respectivas del eje de control (Paso S35).
- A continuación, la unidad 487 de combinación de cantidad de movimiento axial suma la cantidad de movimiento de comando axial para cada eje de control adquirida en el paso S34 con la cantidad de movimiento vibracional axial para cada eje de control adquirida en el paso S35 para calcular una cantidad de movimiento combinada axial para cada eje de control (Paso S36). La unidad 50 de salida de datos axiales entonces saca la cantidad de movimiento combinada axial a la unidad 13 de control servo en cada eje de control (Paso S37).
- En el Paso S36, en el caso donde el punto terminal de la cantidad de movimiento combinada axial para cada eje de control esté ubicado en el otro lado de la posición de inicio de mecanizado en la dirección de mecanizado, o en el caso donde el punto terminal de la cantidad de movimiento combinada axial para cada eje de control pase sobre la posición final de mecanizado en la dirección de mecanizado, también se mecaniza una región involuntariamente. Por lo tanto, en el caso donde el punto terminal de la cantidad de movimiento combinada axial para cada eje de control esté ubicada el otro lado de la posición de inicio de mecanizado en la dirección del mecanizado, la cantidad de movimiento combinada axial se puede corregir tal que el punto terminal de la cantidad de movimiento combinada axial se limite al punto de inicio del mecanizado, o en el caso donde el punto terminal de la cantidad de movimiento combinada para cada eje de control pase sobre la posición final del mecanizado en la dirección de mecanizado, la cantidad de movimiento combinada axial se puede corregir tal que el punto terminal de la cantidad de movimiento combinada axial se limite al punto final de mecanizado.
- Después de eso, la unidad 481 de cálculo de cantidad de movimiento de comando determina si el valor total de las cantidades de movimiento de comando instruidas anteriormente es menor que una cantidad de movimiento objetivo (Paso S38). Cuando el valor total de las cantidades de movimiento de comando es menor que la cantidad de movimiento objetivo (SÍ en el Paso S38), el procesamiento vuelve al paso S32, y el procesamiento anterior se realiza de manera repetida. En contraste, cuando el valor total de las cantidades de movimiento de comando alcanza la cantidad de movimiento objetivo (NO en el paso S38), el procesamiento termina porque el mecanizado ha avanzado hasta una posición objetivo.

La FIG.12 es un diagrama que ilustra esquemáticamente un método de mecanizado según la segunda realización. La FIG. 12 ilustra un caso donde el eje Z y el eje X que son perpendiculares entre sí se proporcionan en la hoja de dibujo, y el mecanizado se realiza mientras se mueve la herramienta 62 y un objeto de mecanizado relativamente entre ellos a lo largo de un camino 101 de movimiento en este plano Z-X. En la segunda realización, cuando la herramienta 62 se mueve relativa al objeto de mecanizado a lo largo del camino 101 de movimiento, la herramienta 62 se hace vibrar en la dirección tangencial a la posición correspondiente al ciclo de interpolación en el camino 101 de movimiento. Esto es, en una sección de línea recta, la herramienta 62 se hace vibrar para moverse hacia atrás y hacia delante a lo largo de la línea recta, y en una sección de línea curva, la herramienta 62 se hace vibrar para moverse hacia atrás y hacia delante a lo largo de la dirección tangencial en la posición correspondiente al ciclo de interpolación.

Las FIGS. 13 son diagramas conceptuales que ilustran la aplicación de las vibraciones a un camino de movimiento según la segunda realización. La FIG. 13(a) ilustra cambios en la cantidad de movimiento de comando en el tiempo. En la FIG. 13(a), el eje horizontal representa el tiempo, y el eje vertical representa un valor del comando de la posición del eje de alimentación. A medida que transcurre el tiempo, el valor del comando de posición del eje de alimentación aumenta linealmente.

La FIG. 13(b) ilustra cambios en la cantidad de movimiento vibracional con el tiempo, en el cual el eje horizontal representa el tiempo, y el eje vertical representa un valor del comando de la posición del eje de alimentación. A medida que transcurre el tiempo, el valor del comando de posición del eje de alimentación aumenta y disminuye periódicamente. En este ejemplo, el valor del comando de posición del eje de alimentación se representa como una onda seno con respecto al tiempo. De la FIG. 13(b), se obtienen la amplitud y frecuencia (1/longitud de onda) de las vibraciones a ser aplicadas. A la inversa, tanto la amplitud como la frecuencia se configuran a cualquier valor dado, y por lo tanto se puede obtener cualquier cantidad de movimiento vibracional dada.

La FIG. 13(c) ilustra una combinación de las FIGS. 13(a) y 13(b). También en la FIG. 13(c), el eje horizontal representa el tiempo, y el eje vertical representa un valor del comando de la posición del eje de alimentación. En la FIG. 13(c), una cantidad de movimiento según un comando de movimiento y una cantidad de movimiento debida a las vibraciones son indicadas por líneas discontinuas antes de ser combinadas, y una cantidad de movimiento combinada obtenida mediante la combinación de esas dos cantidades de movimiento es indicada por la línea continua. Como se ha descrito anteriormente, en la segunda realización, el mecanizado se realiza mientras aumenta y disminuye la cantidad de movimiento relativa a la cantidad de movimiento según un comando de movimiento.

Las FIGS. 14 son diagramas que ilustran un ejemplo de cambios en los valores de los comandos de posiciones del eje Z y del eje X con un transcurso del tiempo para realizar procesamiento de mecanizado según la segunda realización. La FIG. 14(a) ilustra un ejemplo de un camino de mecanizado de herramienta. La FIG. 14(a) ilustra un ejemplo de mecanizado de dos segmentos de línea consecutivos, con diferente ángulo entre ellos y que intersectan en el plano Z-X, como un camino de movimiento. En el caso de un comando I, la cantidad de movimiento en la dirección del eje X es menor que la cantidad de movimiento en la dirección del eje Z. En el caso de un comando II, la cantidad de movimiento en la dirección del eje X es igual que la cantidad de movimiento en la dirección del eje Z.

La FIG. 14(b) es un diagrama que ilustra los cambios en el valor de comando de posición del eje Z con respecto al tiempo. La FIG. 14(c) es un diagrama que ilustra los cambios en el valor de comando de posición del eje X con respecto al tiempo. En la FIG. 14(b), una línea AZ recta indica cambios en la posición en la dirección del eje Z desde el punto de inicio del camino de movimiento según un comando de movimiento, y una línea BZ curvada indica cambios en la posición en la dirección del eje Z debido a las vibraciones. Una línea CZ curvada indica una combinación de la línea AZ recta y la línea BZ curvada. En la FIG. 14(c), una línea AX recta indica cambios en la posición en la dirección del eje X desde el punto de inicio del camino de movimiento según un comando de movimiento, y una línea BX curvada indica cambios en la posición en la dirección del eje X debido a las vibraciones. Una línea CX curvada indica una combinación de la línea AX recta y la línea BX curvada. En el comando I, la cantidad de movimiento en la dirección del eje Z es mayor que la cantidad de movimiento en la dirección del eje X. En el comando II, la cantidad de movimiento en la dirección del eje Z es igual que la cantidad de movimiento en la dirección del eje X.

Durante el periodo en el cual cada comando se ejecuta, una cantidad de movimiento vibracional por unidad de tiempo se divide en las direcciones del eje Z y del eje X según la tasa entre las cantidades de movimiento de comando axiales obtenidas mediante la descomposición de la cantidad de movimiento en una dirección especificada por cada comando en las direcciones del eje Z y del eje X. Como resultado, durante el periodo en el cual se ejecuta el comando I, el componente de vibración en la dirección del eje Z es mayor, y durante el periodo en el cual se ejecuta el comando II, el componente de vibración en la dirección del eje Z es igual al componente de vibración en la dirección del eje X.

En la segunda realización, se pueden obtener efectos idénticos a los de la primera realización. Además, comparando con la primera realización, la segunda realización tiene un efecto tal que la carga de procesamiento aritmético del mismo se reduce.

Tercera realización

La FIG. 15 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración ejemplar de un dispositivo de control numérico según una tercera realización. En la segunda realización, las vibraciones eran aplicadas a un camino de movimiento según un comando de movimiento. Sin embargo, el dispositivo 1 de control numérico según la tercera realización se configura para causar que las unidades 13X, 13Z, ... de control servo realicen la aplicación de las vibraciones. La unidad 48 de procesamiento de interpolación y las unidades 13X, 13Z, ... de control servo se configuran de manera diferente de las del dispositivo de control numérico en la segunda realización.

La unidad 48 de procesamiento de interpolación incluye una unidad 481 de cálculo de cantidad de movimiento de comando que usa el comando de movimiento analizado por la unidad 45 de procesamiento de análisis para calcular una cantidad de movimiento de comando que es una cantidad de movimiento por unidad de tiempo (un ciclo de interpolación), la unidad 485 de descomposición de la cantidad de movimiento de comando que calcula cantidades de movimiento de comando axiales que son cantidades de movimiento de la cantidad de movimiento en las direcciones del eje de control respectivas, una unidad 488 de cálculo de condición de vibración que calcula condiciones de vibración para cada eje de control por unidad de tiempo desde las condiciones de vibración obtenidas, y una unidad 489 de comando de modo de vibración que notifica a las unidades 13X, 13Z, ... de control servo en los ejes de control respectivos de un comando de apagado/encendido (ejecución/final) para el mecanizado en el modo de vibración. La unidad 488 de cálculo de condición de vibración asigna la amplitud en las condiciones de vibración según la tasa entre las cantidades de movimiento de comando axiales para los respectivos ejes de control calculados por la unidad 485 de descomposición de cantidad de movimiento de comando. Las cantidades de movimiento de comando para los respectivos ejes de control, generadas por la unidad 485 de descomposición de cantidad de movimiento de comando, se sacan a las unidades 13X, 13Z, ... de control servo que controlan los respectivos ejes de control a través de la unidad 49 de procesamiento de aceleración-deceleración y la unidad 50 de salida de datos axiales.

La unidad 13 de control servo en cada eje de control (la unidad 13X de control servo del eje X y la unidad 13Z de control servo del eje Z) incluye una unidad 131 de recepción de condición de vibración que recibe un comando de encendido/apagado para ejecutar el mecanizado en el modo de vibración desde la unidad 40 de computación de control, y que recibe una cantidad de movimiento de comando axial y condiciones de vibración para cada eje de control por unidad de tiempo desde la unidad 40 de computación de control, una unidad 132 de cálculo de cantidad de movimiento vibracional axial que usa las condiciones de vibración recibidas para calcular una cantidad de movimiento vibracional axial por unidad de tiempo, y una unidad 133 de combinación de cantidad de movimiento que calcula una cantidad de movimiento mediante la combinación de la cantidad de movimiento de comando axial recibida desde la unidad 50 de salida de datos axiales con la cantidad de movimiento vibracional axial calculada por la unidad 132 de cálculo de cantidad de movimiento vibracional axial, y que aplica un comando actual según la cantidad de movimiento combinada al motor 11 servo.

A continuación, se describe un método de mecanizado realizado por el dispositivo de control numérico según la tercera realización. La FIG. 16 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento ejemplar de procesamiento de interpolación con vibraciones en una unidad de computación de control según la tercera realización. La FIG. 17 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento ejemplar de procesamiento para generar vibraciones en una unidad de control según la tercera realización.

El procesamiento en la unidad 40 de computación de control se describe primero con referencia a la FIG. 16. La unidad 451 de generación de comando de movimiento en la unidad 45 de procesamiento de análisis saca un comando de movimiento que incluye una posición objetivo, velocidad y un camino de movimiento de una herramienta y/u objeto de mecanizado desde un programa de mecanizado a la unidad 48 de procesamiento de interpolación. La unidad 452 de análisis de comando de vibración saca las condiciones de vibración, incluyendo frecuencia y amplitud, a la unidad 48 de procesamiento de interpolación. La unidad 48 de procesamiento de interpolación obtiene el comando de movimiento y las condiciones de vibración, que son sacadas ambas desde la unidad 45 de procesamiento de análisis (Paso S51).

A continuación, tras recibir las condiciones de vibración desde la unidad 45 de procesamiento de análisis, la unidad 489 de comando de modo de vibración transmite un comando para habilitar el modo de vibración a las unidades 13X, 13Z, ... de control servo en los ejes de control respectivos (Paso S52). Después de eso, basándose en el comando de movimiento, la unidad 481 de cálculo de cantidad de movimiento de comando calcula una cantidad de movimiento de comando que es una cantidad de movimiento según el comando de movimiento por unidad de tiempo (un ciclo de interpolación) (Paso S53). Esto es adquirido por un método configurado previamente dependiendo del tipo de interpolación tal como interpolación lineal o interpolación circular.

Después de eso, la unidad 485 de descomposición de cantidad de movimiento de comando divide la cantidad de movimiento de comando en direcciones del eje de control respectivas para calcular las cantidades de movimiento de comando axiales (Paso S54). Debido a esta operación, se obtiene la tasa entre las cantidades de movimiento axiales en las respectivas direcciones del eje de control.

A continuación, la unidad 488 de cálculo de condición de vibración asigna la amplitud en las condiciones de vibración obtenidas basándose en la tasa entre las cantidades de movimiento axiales en las direcciones del eje de

control respectivas, obtenidas en el Paso S54, y calcula condiciones de vibración en las direcciones del eje de control respectivas (Paso S55).

5 Después de eso, la unidad 50 de salida de datos axiales saca la cantidad de movimiento de comando axial calculada para cada eje de control por unidad de tiempo, y las condiciones de vibración para cada eje de control a las unidades 13X, 13Z, ... de control servo en los correspondientes ejes de control (Paso S56).

10 Después de eso, la unidad 481 de cálculo de cantidad de movimiento de comando determina si el valor total de las cantidades de movimiento de comando instruidas anteriormente es menor que una cantidad de movimiento objetivo (Paso S57). Cuando el valor total de las cantidades de movimiento de comando es menor que la cantidad de movimiento objetivo (SÍ en el Paso S57), el procesamiento vuelve al Paso S53, y el procesamiento anterior se realiza de forma repetida. En contraste, cuando el valor total de las cantidades de movimiento de comando alcanza la cantidad de movimiento objetivo (NO en el Paso S57), el mecanizado ha avanzado a una posición objetivo. Por lo tanto, la unidad 489 de comando de modo de vibración saca un comando para deshabilitar (parar) el modo de vibración a las unidades 13X, 13Z, ... de control servo en los ejes de control respectivos (Paso S58). El procesamiento entonces termina.

15 A continuación, el procesamiento en la unidad 10 de control se describe con referencia a la FIG. 17. Primero, tras recibir el modo de vibración desde la unidad 40 de computación de control (Paso S71), la unidad 131 de recepción de condición de vibración en cada una de las unidades 13X, 13Z, ... de control servo en los ejes de control respectivos determina si el modo de vibración está habilitado (Paso S72).

20 Cuando el modo de vibración está habilitado (SÍ en el Paso S72), la unidad 131 de recepción de condición de vibración recibe la cantidad de movimiento de comando axial por unidad de tiempo y las condiciones de vibración por unidad de tiempo, que son ambas transmitidas desde la unidad 40 de computación de control (Paso S73).

25 A continuación, la unidad 132 de cálculo de la cantidad de movimiento vibracional axial usa las condiciones de vibración obtenidas por unidad de tiempo para calcular una cantidad de movimiento vibracional por unidad de tiempo (Paso S74). Después de eso, la unidad 133 de combinación de cantidad de movimiento suma la cantidad de movimiento de comando axial obtenida por unidad a la cantidad de movimiento combinada (Paso S75). Entonces, un comando actual según la cantidad de movimiento combinada se aplica al motor 11 servo (Paso S76). El procesamiento entonces termina.

30 En contraste, cuando el modo de vibración no está habilitado en el paso S72 (No en el Paso S72), la unidad 131 de recepción de condición de vibración aplica un comando actual según cantidad de movimiento de comando axial por unidad de tiempo al motor 11 servo (Paso S77). El procesamiento entonces termina.

Debido a las configuraciones y procedimientos anteriores, se puede realizar un procesamiento idéntico al de la segunda realización.

35 En la tercera realización, las vibraciones según un comando de vibración instruido en un programa de mecanizado son generadas por las unidades 13X, 13Z, ... de control servo en los respectivos ejes de control. Es posible ejecutar el control en las unidades 13X, 13Z, ... de control servo en un ciclo más corto que el ciclo de interpolación. Por lo tanto, se puede obtener el efecto de generar vibraciones de frecuencia más alta además de los efectos de la segunda realización.

40 En las descripciones anteriores, un objeto de mecanizado y/o una herramienta se mueven en dos direcciones axiales. Sin embargo, también hay un caso donde un objeto de mecanizado y/o herramienta se mueven en tres o más direcciones axiales para realizar el mecanizado.

45 Se describen las diferencias entre el Documento de Patente 2 y de la primera a la tercer realizaciones. El Documento de Patente 2 se relaciona con un dispositivo de control numérico usado para ejecutar un control de torneado, mientras realiza el troceado. La operación de troceado descrita en el Documento de Patente 2 está destinada a una operación de molido. Mientras se ejecuta el control a lo largo de la forma a ser molida usando la herramienta de molido, el mecanizado se realiza con la vibración de la herramienta en una dirección básicamente perpendicular a la dirección del control (o en una dirección que intersecta la dirección del control en un ángulo predeterminado). Por lo tanto, el mecanizado descrito en el Documento de Patente 2 es esencialmente diferente en el control de vibración del mecanizado de la presente aplicación en el cual mientras se realiza el mecanizado de torneado usando un bocado (una máquina para mecanizado de torneado), esto es, mientras se ejecuta el control en la forma de torneado, el bocado se hace vibrar en la dirección del control. En consecuencia, la técnica de control de vibración descrita en el Documento de Patente 2 no es aplicable a la técnica de control de vibración de la presente aplicación. Cuando la amplitud y el ciclo de vibración usados en la práctica se comparan entre las vibraciones del troceado y las vibraciones de la presente aplicación, en contraste con las vibraciones del troceado con una amplitud del orden de los milímetros, y un ciclo del orden de varios Hz, las vibraciones de la presente aplicación tienen una amplitud del orden de varias decenas de micras o menos, y un ciclo del orden de varias decenas a varias centenas de Hz.

Aplicabilidad industrial

Como se ha descrito anteriormente, el dispositivo de control numérico según la presente invención es adecuado para el control numérico de una herramienta de máquina que usa un programa de mecanizado.

Lista de señales de referencia

- 5 1 dispositivo de control numérico, 10 unidad de control, 11 motor servo, 12 detector, 13 unidad de control servo, 13X unidad de control servo axial X-, 13Z unidad de control servo axial Z-, 14 motor de eje principal, 15 detector, 16 unidad de control servo del eje principal, 20 unidad de operación de entrada, 30 unidad de representación, 40 unidad de computación de control, 41 unidad de control de entrada, 42 unidad de configuración de datos, 43 unidad de almacenamiento, 44 unidad de procesamiento de pantalla, 45 unidad de procesamiento de análisis, 46 unidad de procesamiento de señal de control mecánica, 47 unidad de circuito PLC, 48 unidad de procesamiento de interpolación, 49 unidad de procesamiento de aceleración-deceleración, 50 unidad de salida de datos axiales, 61 objeto de mecanizado, 62 herramienta, 131 unidad de recepción de condición de vibración, 132 unidad de cálculo de cantidad de movimiento vibracional axial, 133 unidad de combinación de cantidad de movimiento, 451 unidad de generación de comando de movimiento, 452 unidad de análisis de comando de vibración, 481 unidad de cálculo de cantidad de movimiento de comando, 482 unidad de cálculo de cantidad de movimiento vibracional, 483 unidad de combinación de cantidad de movimiento, 484 unidad de descomposición de cantidad de movimiento combinado, 485 15 unidad de descomposición de cantidad de movimiento de comando, 486 unidad de descomposición de cantidad de movimiento vibracional, 487 unidad de combinación de cantidad de movimiento axial, 488 unidad de cálculo de condición de vibración, 489 unidad de comando de vibración.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (1) de control numérico mediante el cual se realiza el mecanizado en un objeto (61) de mecanizado mientras se mueve una herramienta (62) y el objeto (61) de mecanizado relativo a cada uno por dos o más ejes de control proporcionados en al menos una entre la herramienta (62) y el objeto (61) de mecanizado, comprendiendo el dispositivo (1) de control numérico:
- 5 una unidad (45) de procesamiento de análisis que obtiene un comando de movimiento para mover en un camino (101) de movimiento curvado en un programa de mecanizado, y condiciones de vibración para vibrar a lo largo del camino (101) de movimiento curvado;
- 10 una unidad (481) de cálculo de cantidad de movimiento de comando que calcula una cantidad (ΔL) de movimiento de comando que es una cantidad de movimiento por unidad de tiempo (Δt) según el comando de movimiento;
- 15 una unidad (482) de cálculo de cantidad de movimiento vibracional que usa las condiciones de vibración para calcular una cantidad de movimiento vibracional (Δa_1 ; Δa_2 ; Δa_3 ; Δa_4 ; Δa_5 ; Δa_6) que es una cantidad de movimiento debida a las vibraciones por unidad de tiempo (Δt) en un tiempo (t_1 ; t_2 ; t_3 ; t_4 ; t_5 ; t_6) correspondiente al comando de movimiento; y
- 20 una unidad (483) de combinación de cantidad de movimiento que combina la cantidad de movimiento de comando (ΔL) con la cantidad de movimiento vibracional (Δa_1 ; Δa_2 ; Δa_3 ; Δa_4 ; Δa_5 ; Δa_6) para calcular una cantidad de movimiento combinada (s_1 ; s_2 ; s_3 ; s_4 ; s_5 ; s_6), por unidad de tiempo (Δt) tal que una posición (P2; P3; P4; P5; P6; P7), que ha sido movido por la cantidad de movimiento combinada (s_1 ; s_2 ; s_3 ; s_4 ; s_5 ; s_6), desde una posición de referencia (P1; P2; P3; P4; P5; P6) para calcular la cantidad de movimiento combinada (s_1 ; s_2 ; s_3 ; s_4 ; s_5 ; s_6), está ubicada en el camino (101) de movimiento curvado.
2. El dispositivo (1) de control numérico según la reivindicación 1, donde
- las condiciones de vibración incluyen frecuencia y amplitud, y
- 25 la unidad (482) de cálculo de cantidad de movimiento vibracional genera una onda seno desde las condiciones de vibración, y usa la onda seno para calcular la cantidad de movimiento vibracional (Δa_1 ; Δa_2 ; Δa_3 ; Δa_4 ; Δa_5 ; Δa_6) en un tiempo (t_1 ; t_2 ; t_3 ; t_4 ; t_5 ; t_6) correspondiente al comando de movimiento.
3. Un dispositivo (1) de control numérico que comprende:
- 30 una unidad (13X; 13Z) de control del eje de control que controla cada uno de los motores (11) conectados respectivamente a dos o más ejes de control proporcionados en al menos una entre una herramienta (62) y un objeto (61) de mecanizado, y que se proporciona para cada uno de los motores (11); y
- una unidad (40) de computación de control que instruye la unidad (13X; 13Z) de control del eje de control para realizar el mecanizado en el objeto (61) de mecanizado, mientras mueve la herramienta (62) y el objeto (61) de mecanizado relativamente a cada uno, donde
- la unidad (40) de computación de control incluye
- 35 una unidad (45) de procesamiento de análisis que obtiene un comando de movimiento para mover en un camino (101) de movimiento en un programa de mecanizado, y condiciones de vibración para vibra a lo largo del camino (101) de movimiento,
- 40 una unidad (481) de cálculo de cantidad de movimiento de comando que calcula una cantidad de movimiento de comando (ΔL) que es una cantidad de movimiento por unidad de tiempo (Δt) según el comando de movimiento, y
- una unidad (488) de cálculo de condición de vibración que calcula, a partir de las condiciones de vibración y una tasa entre las cantidades de movimiento de comando axiales obtenidas mediante la descomposición de la cantidad de movimiento de comando (ΔL) en las direcciones de los dos o más ejes de control, condiciones de vibración para cada uno de los ejes de control, y
- 45 la unidad (13X; 13Z) de control del eje de control incluye
- una unidad (132) de cálculo de cantidad de movimiento vibracional axial que calcula una cantidad de movimiento vibracional axial que es una cantidad de movimiento debida a las vibraciones por unidad de tiempo (Δt) a partir de las condiciones de vibración para cada uno de los ejes de control recibidos desde la unidad (40) de computación de control, y

una unidad (133) de combinación de cantidad de movimiento que calcula una cantidad de movimiento combinada mediante la combinación de la cantidad de movimiento de comando axial con la cantidad de movimiento vibracional axial.

4. El dispositivo (1) de control numérico según la reivindicación 3, donde

5 las condiciones de vibración incluyen frecuencia y amplitud, y

la unidad (488) de cálculo de condición de vibración en la unidad (40) de computación de control genera una onda seno a partir de las condiciones de vibración, y usa la onda seno para calcular las condiciones de vibración para cada uno de los ejes de control en un tiempo (t1; t2; t3; t4; t5; t6) correspondiente al comando de movimiento.

10

FIG.1

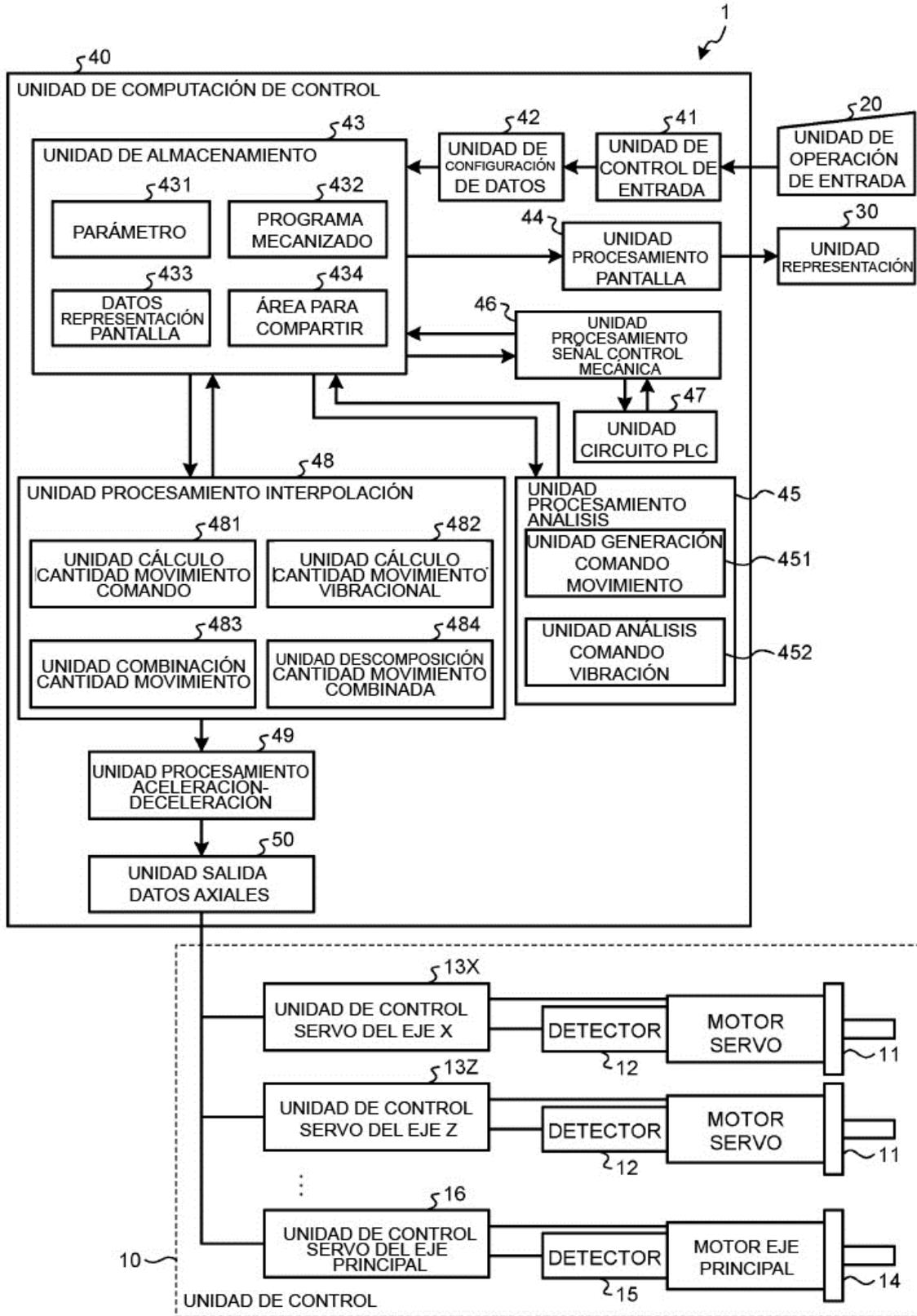


FIG.2

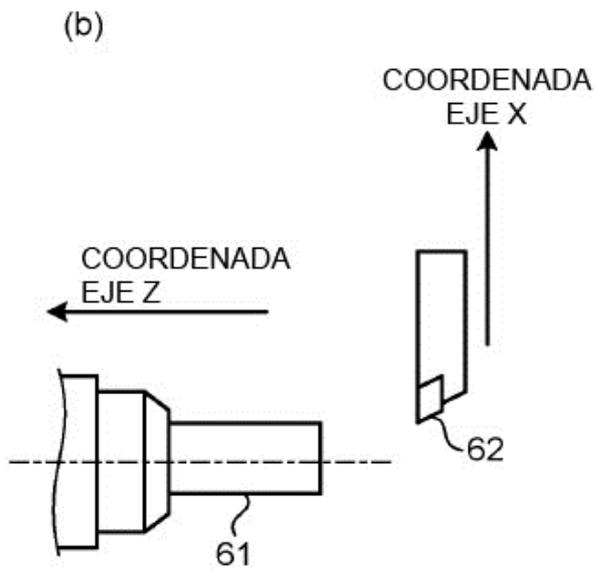
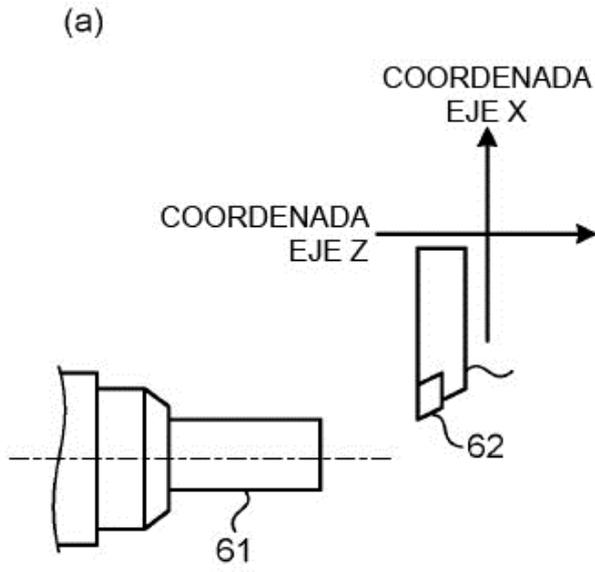


FIG.3

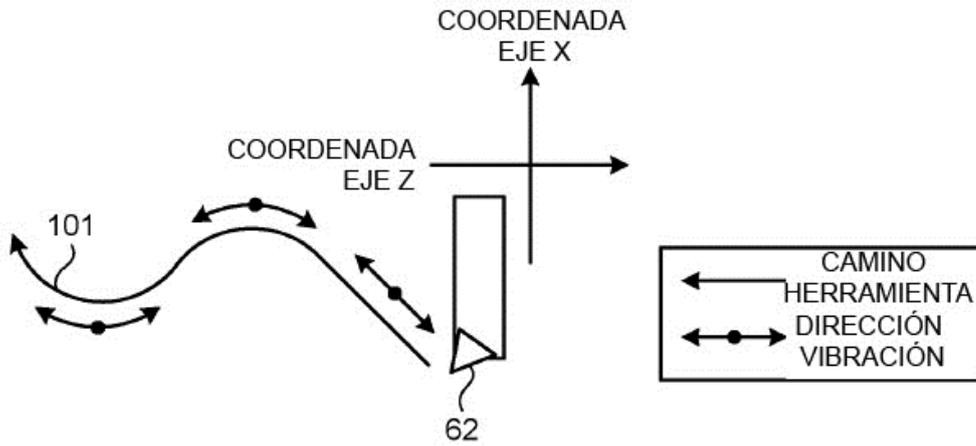


FIG.4

401	M3 S1000;	(COMANDO ROTACIÓN EJE PRINCIPAL)
402	G200 F50 A0.03;	(INICIO DE CORTE DE VIBRACIÓN F: FRECUENCIA, A: AMPLITUD)
403	G01 X10.0 Z20.0 F0.01;	(INTERPOLACIÓN LINEAL)
404	G02 X14.0 Z23.5 R4.0;	(INTERPOLACIÓN CIRCULAR)
405	G201;	(FIN DEL CORTE DE VIBRACIÓN)

FIG.5

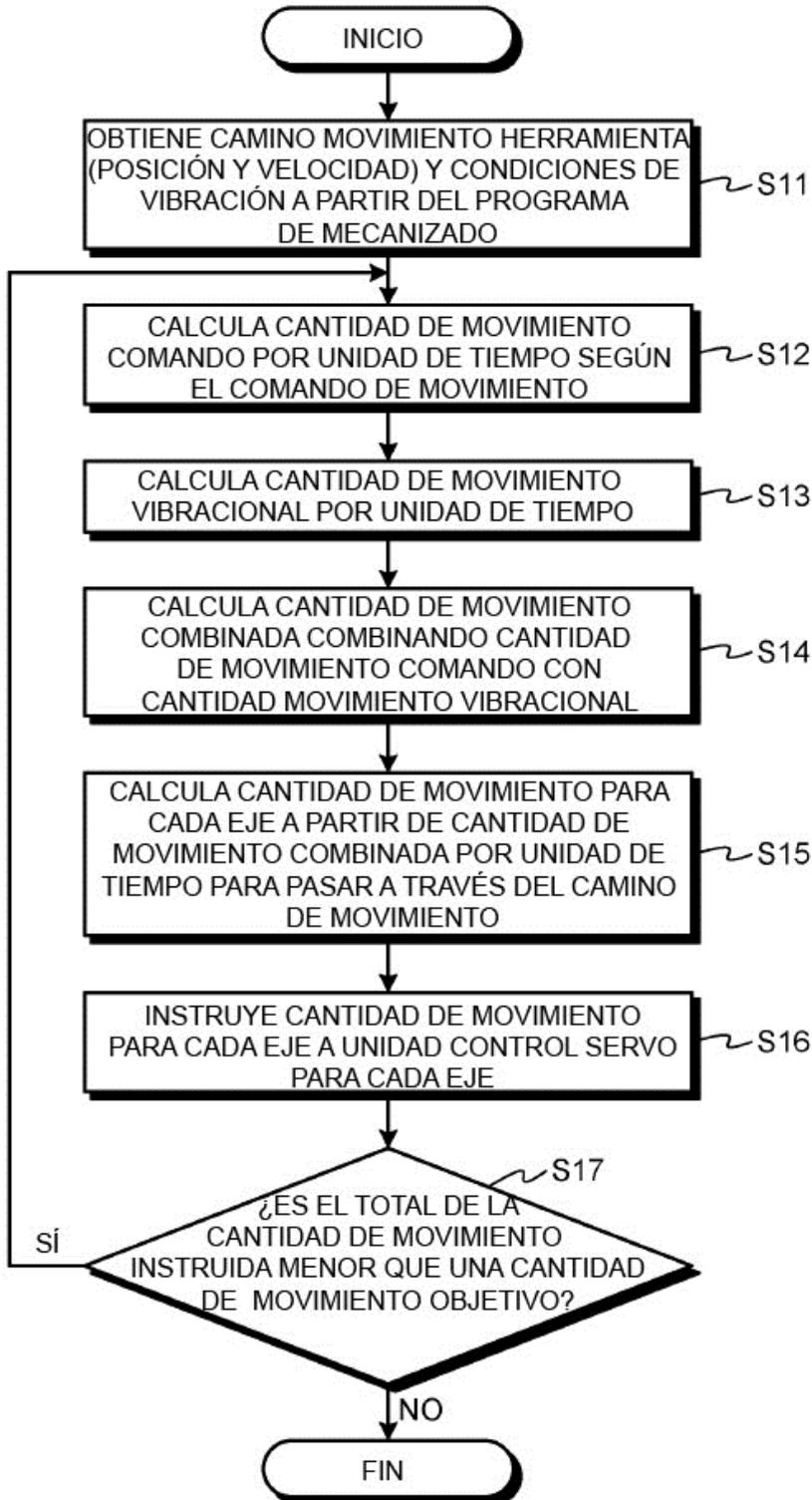


FIG.6

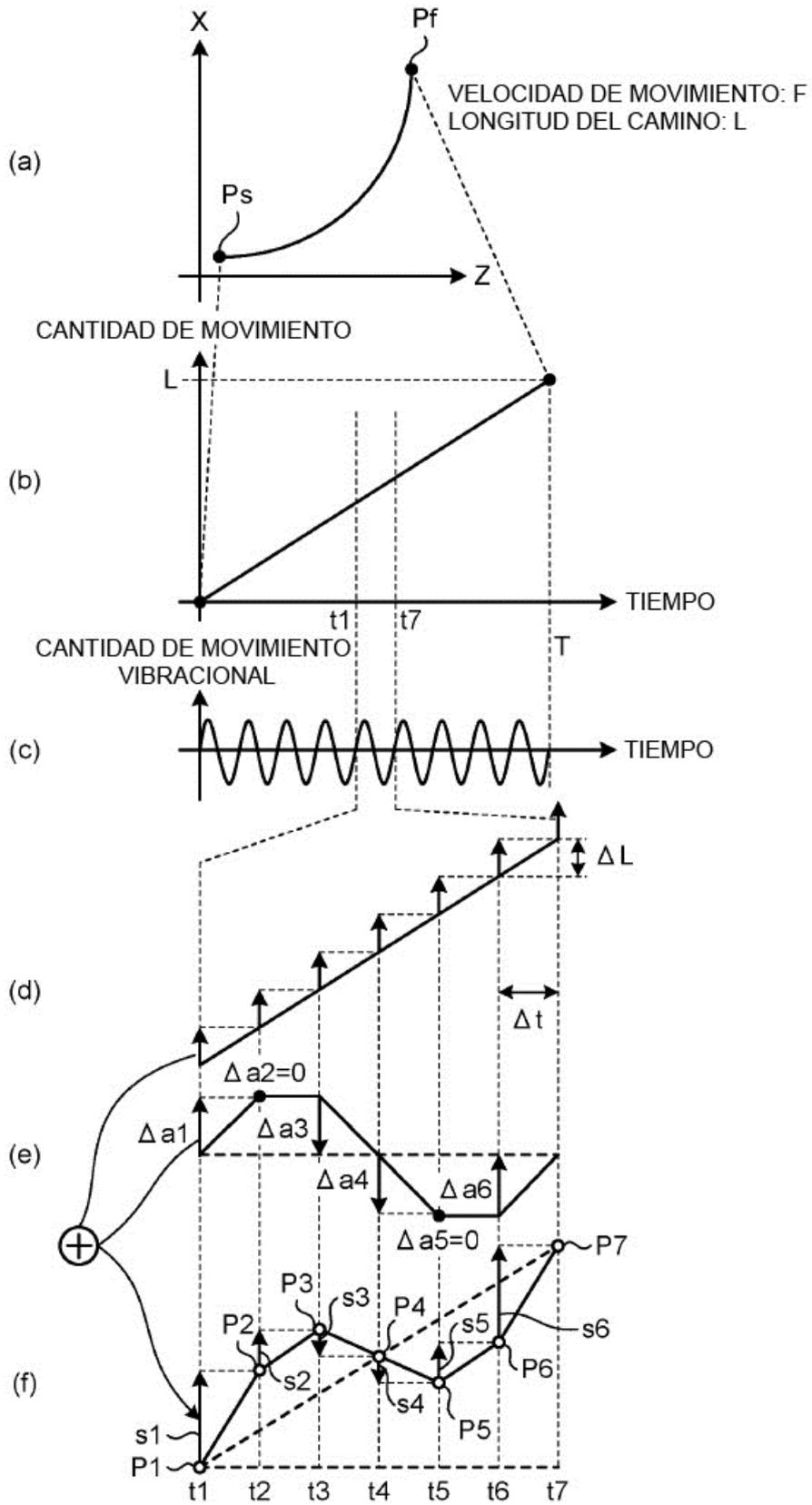


FIG.7

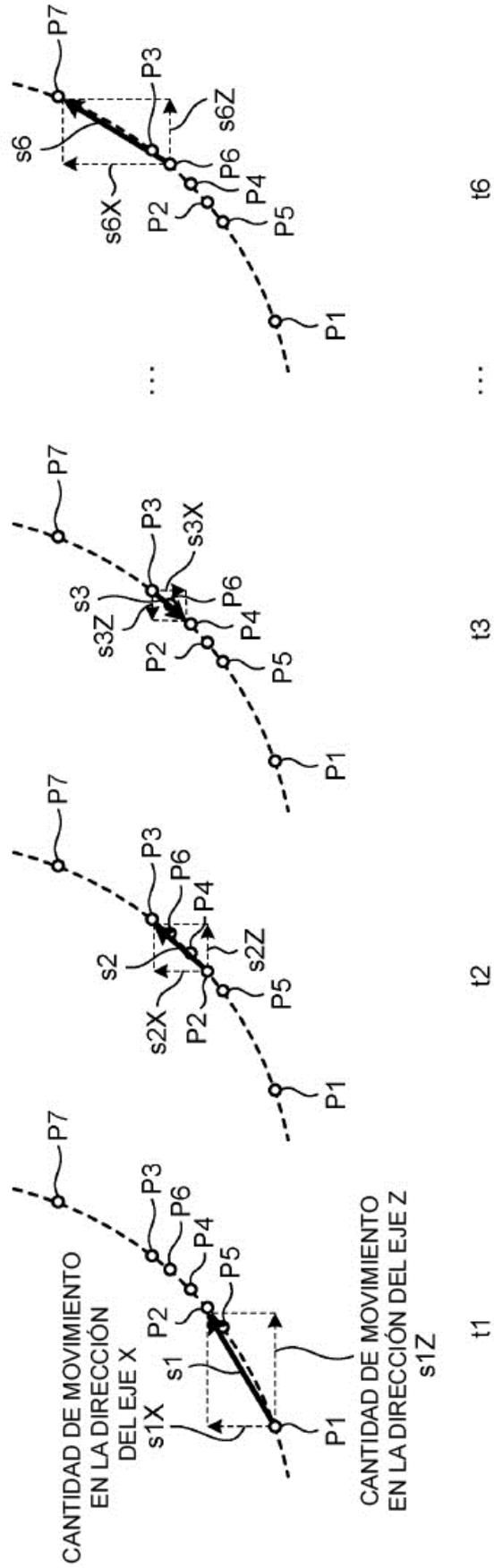


FIG.8

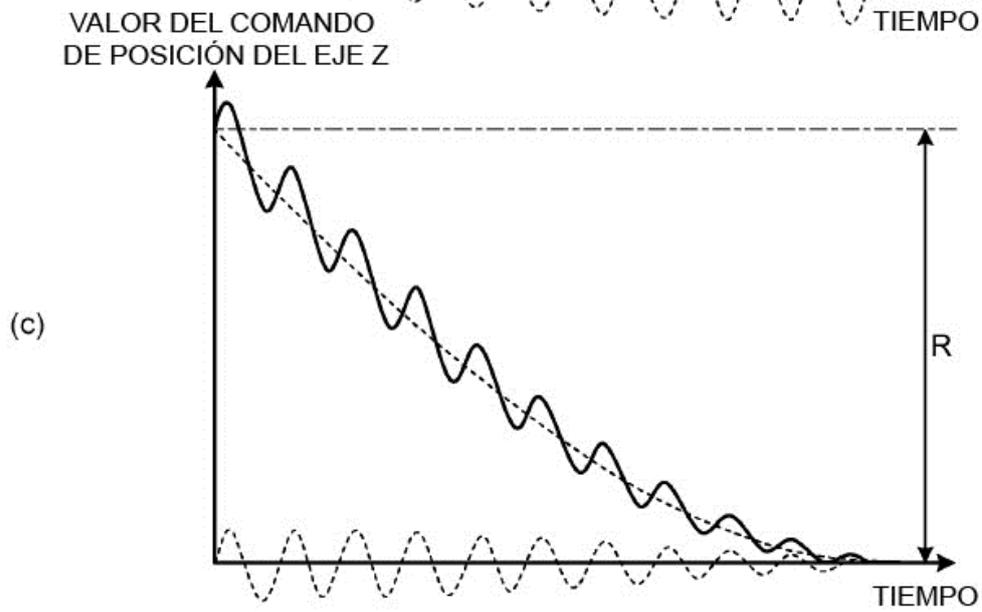
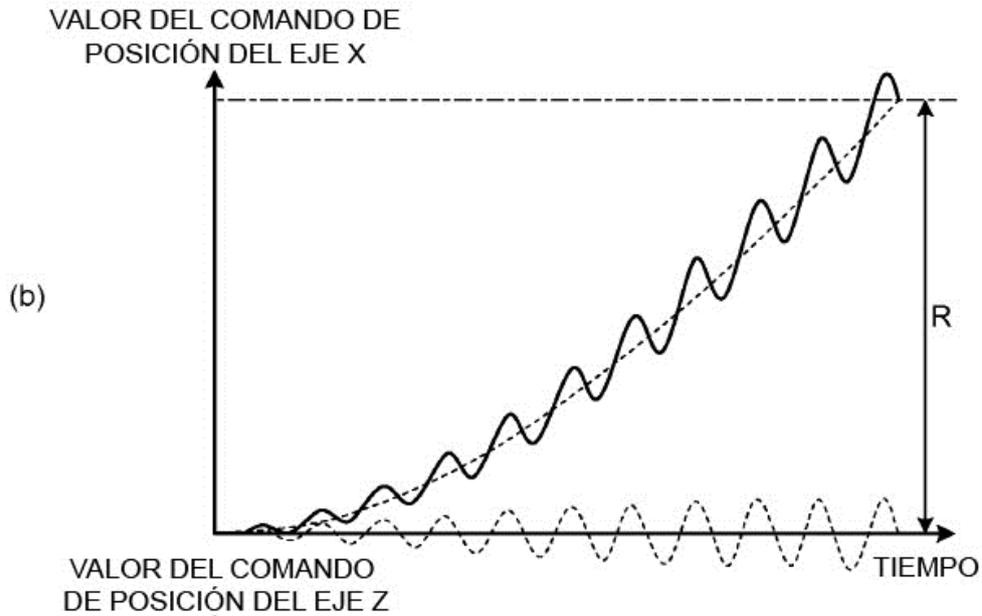
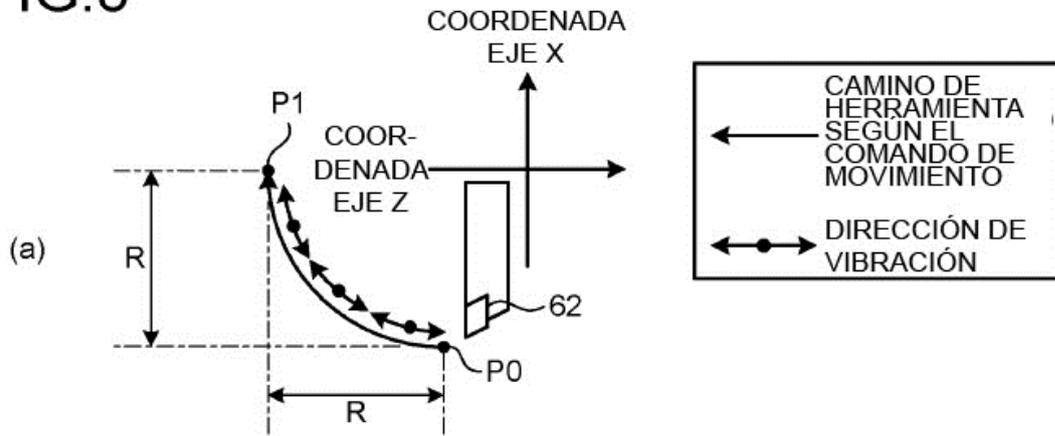


FIG.9

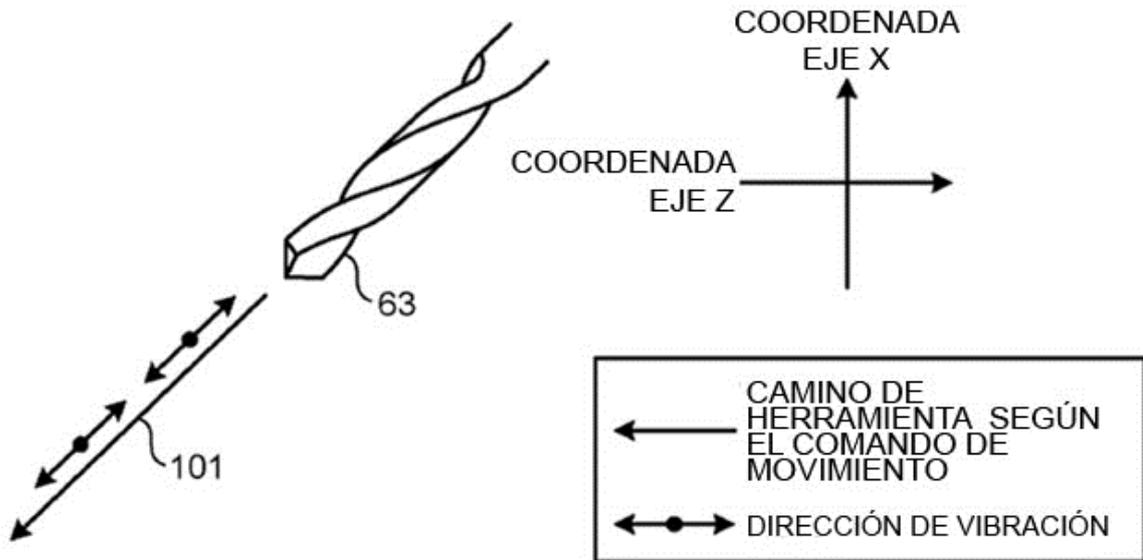


FIG.10

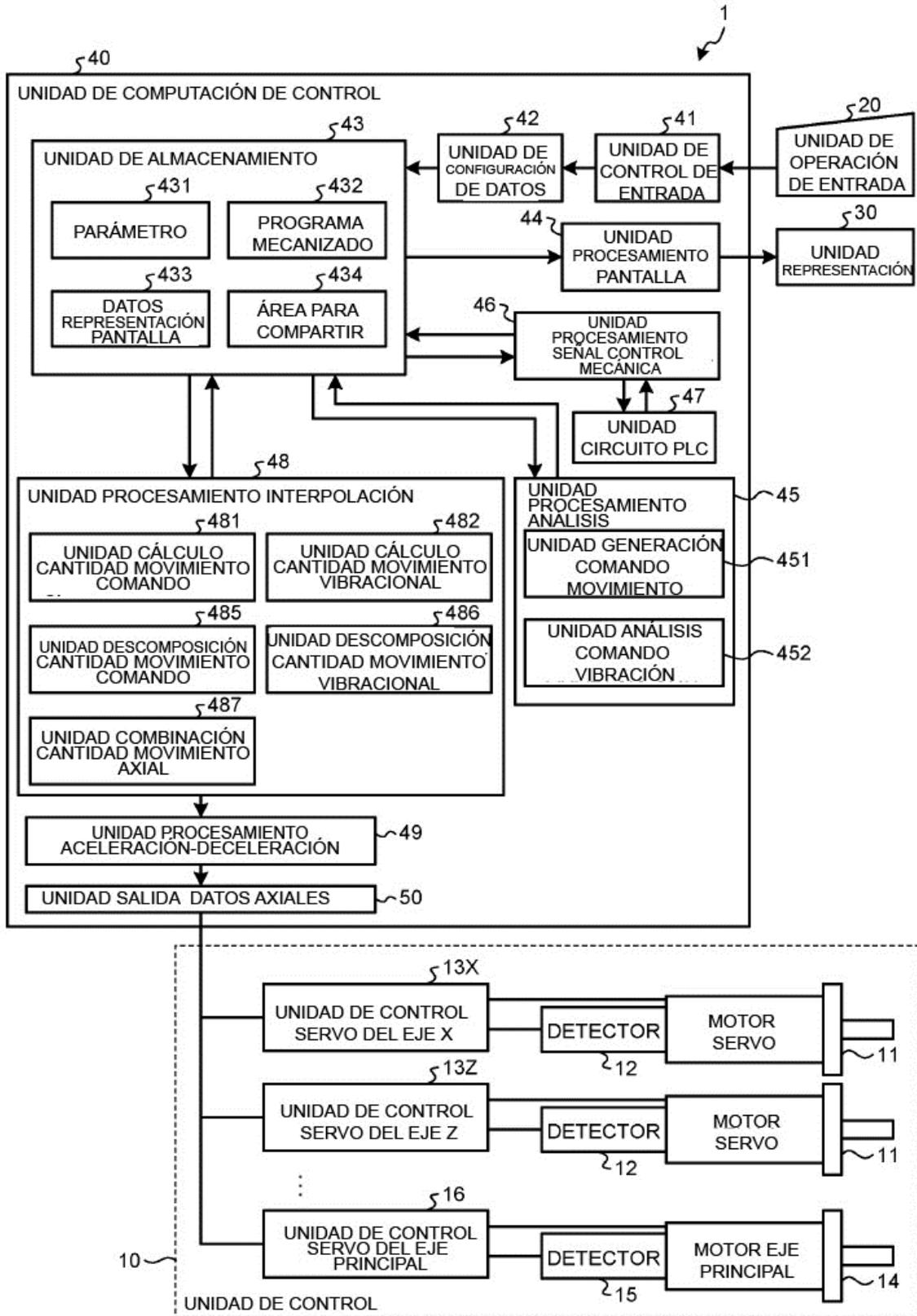


FIG.11

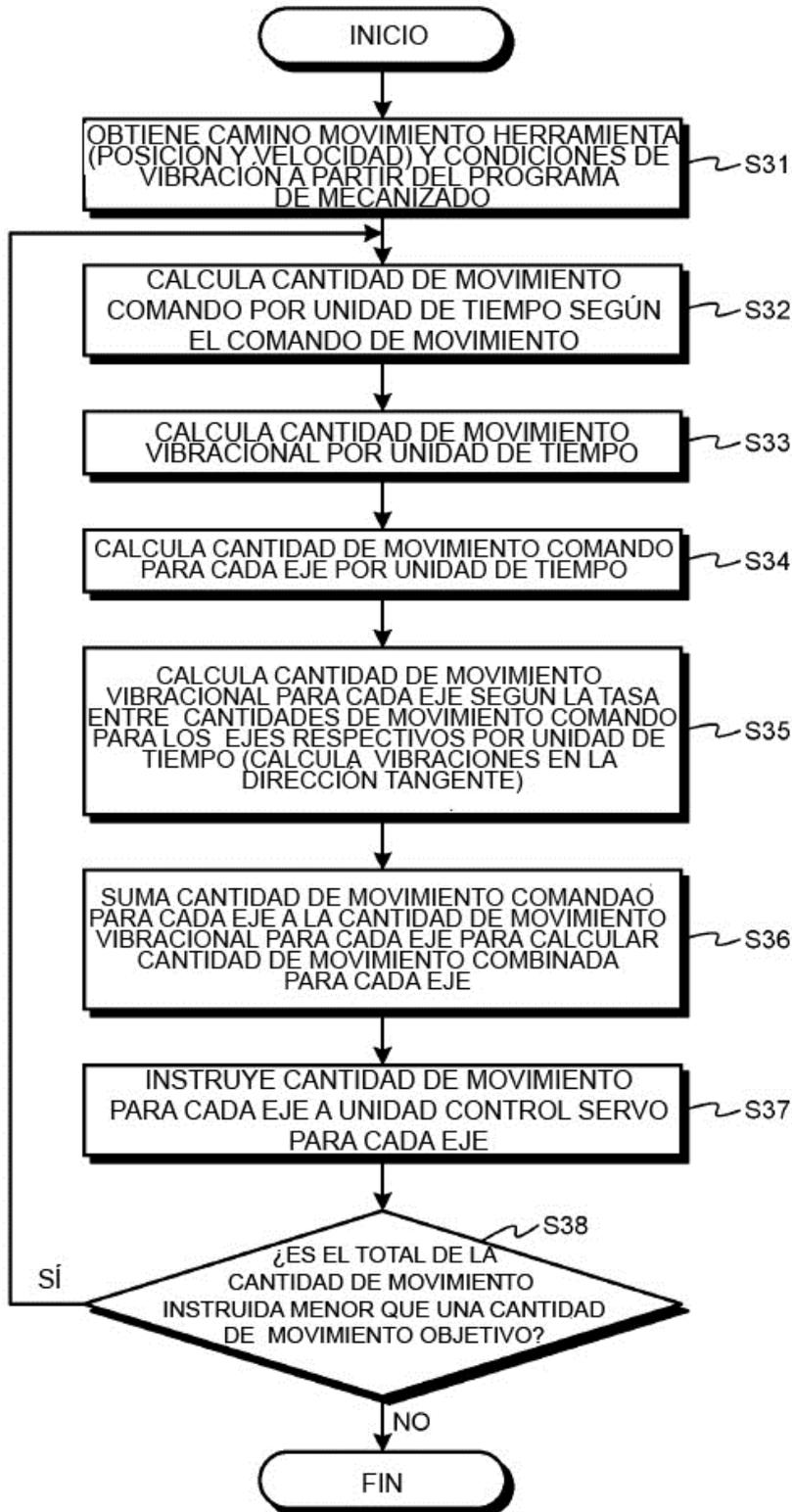


FIG.12

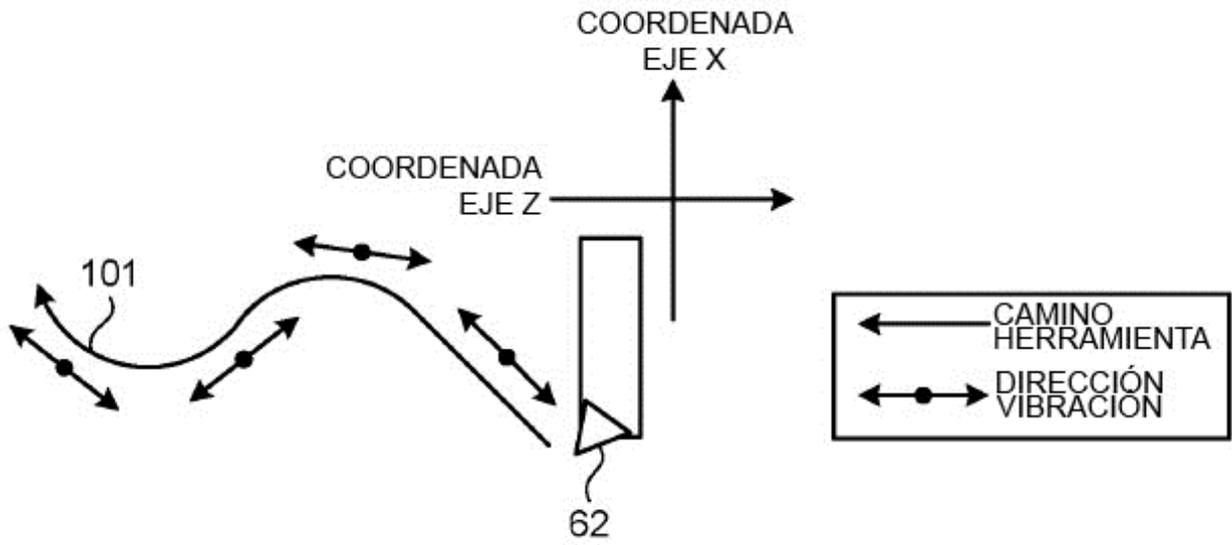


FIG.13

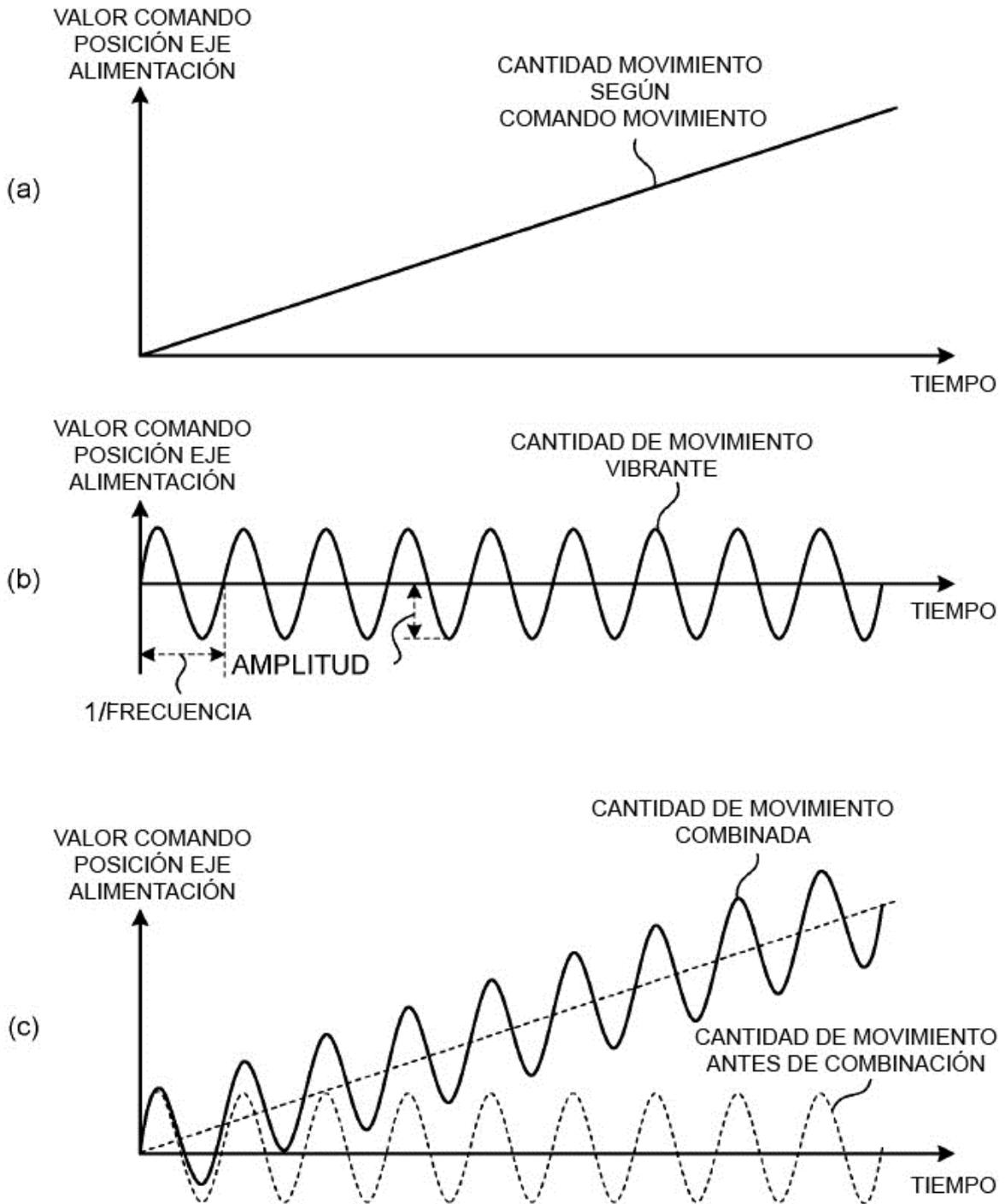


FIG.14

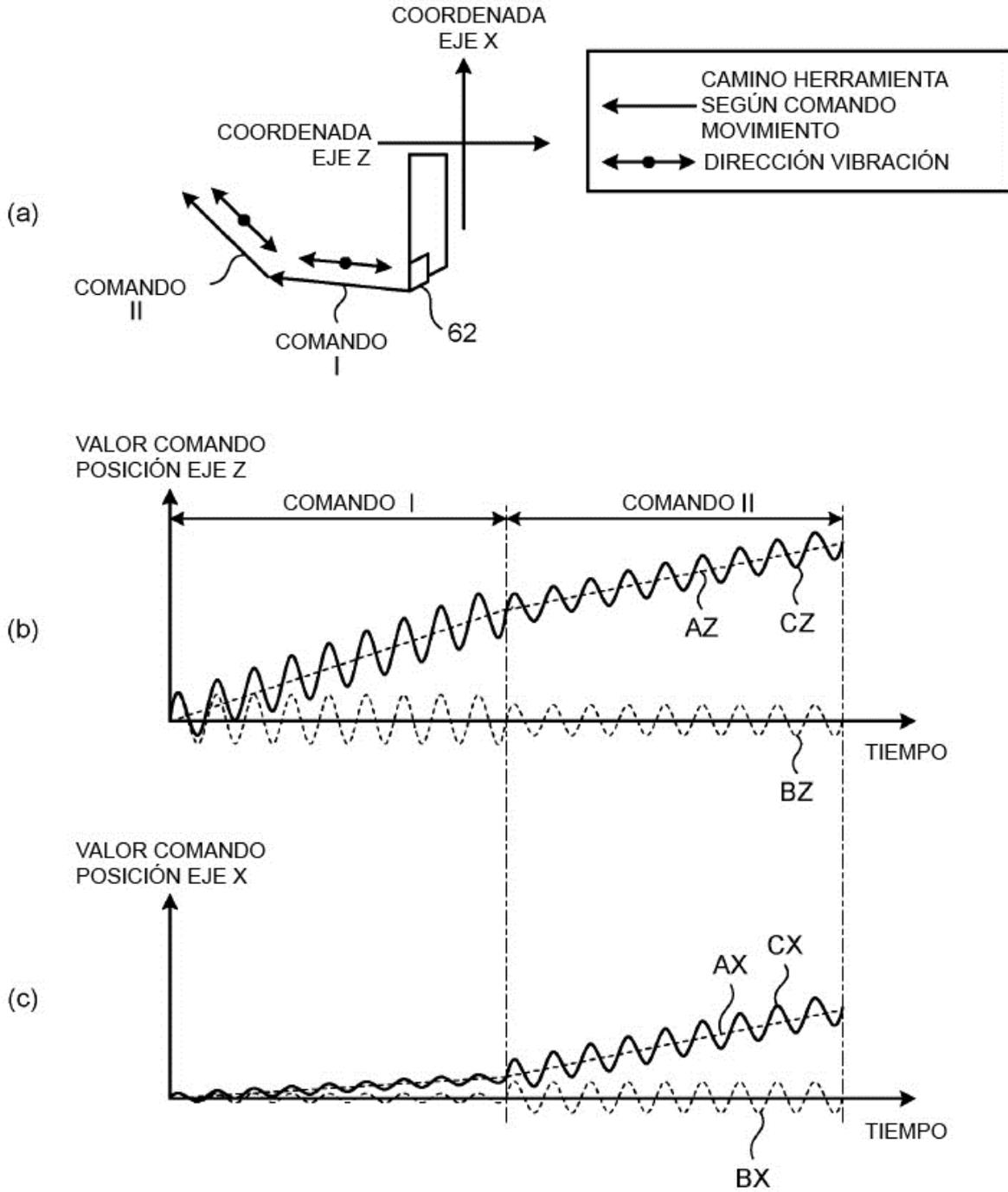


FIG.15

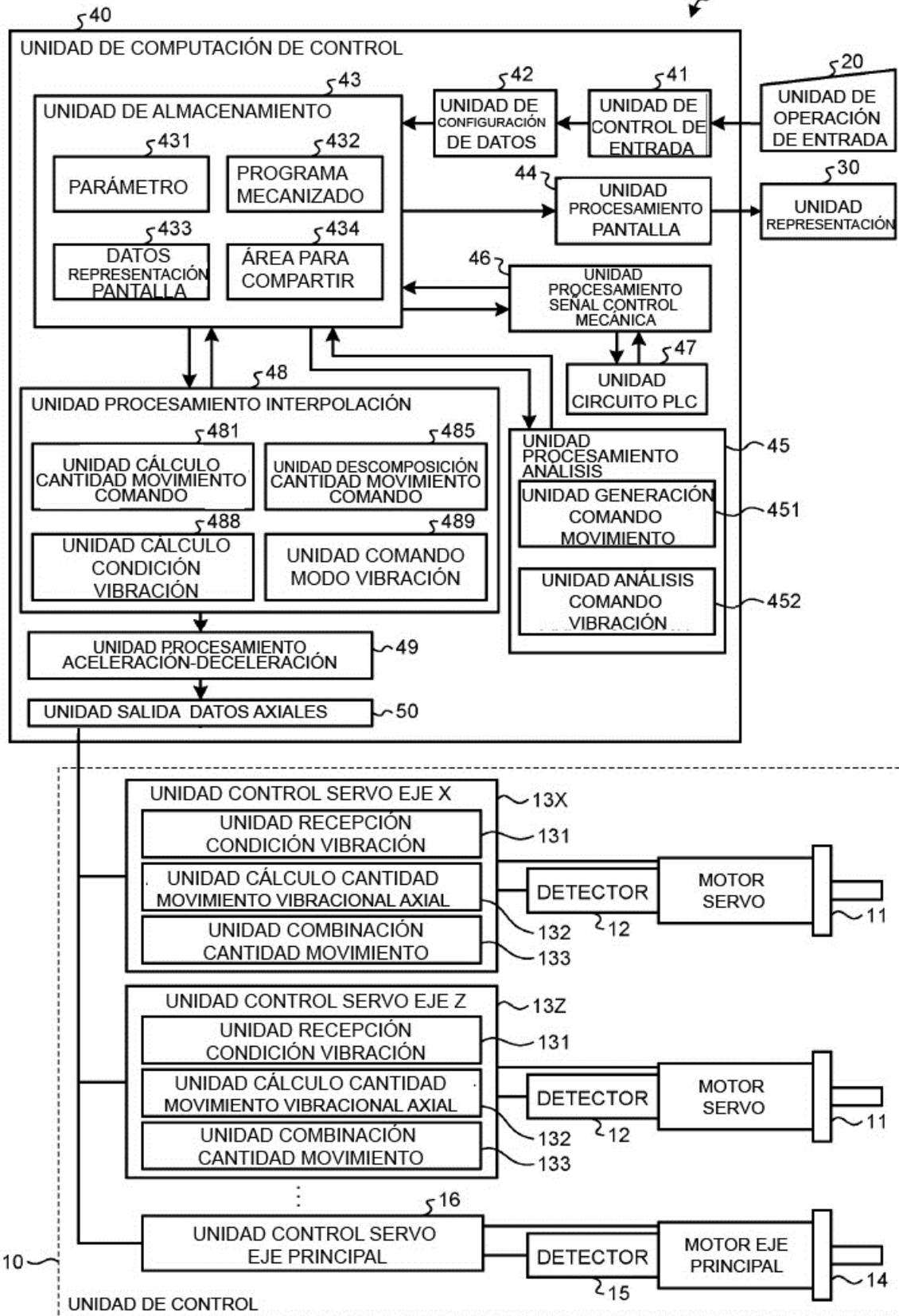


FIG.16

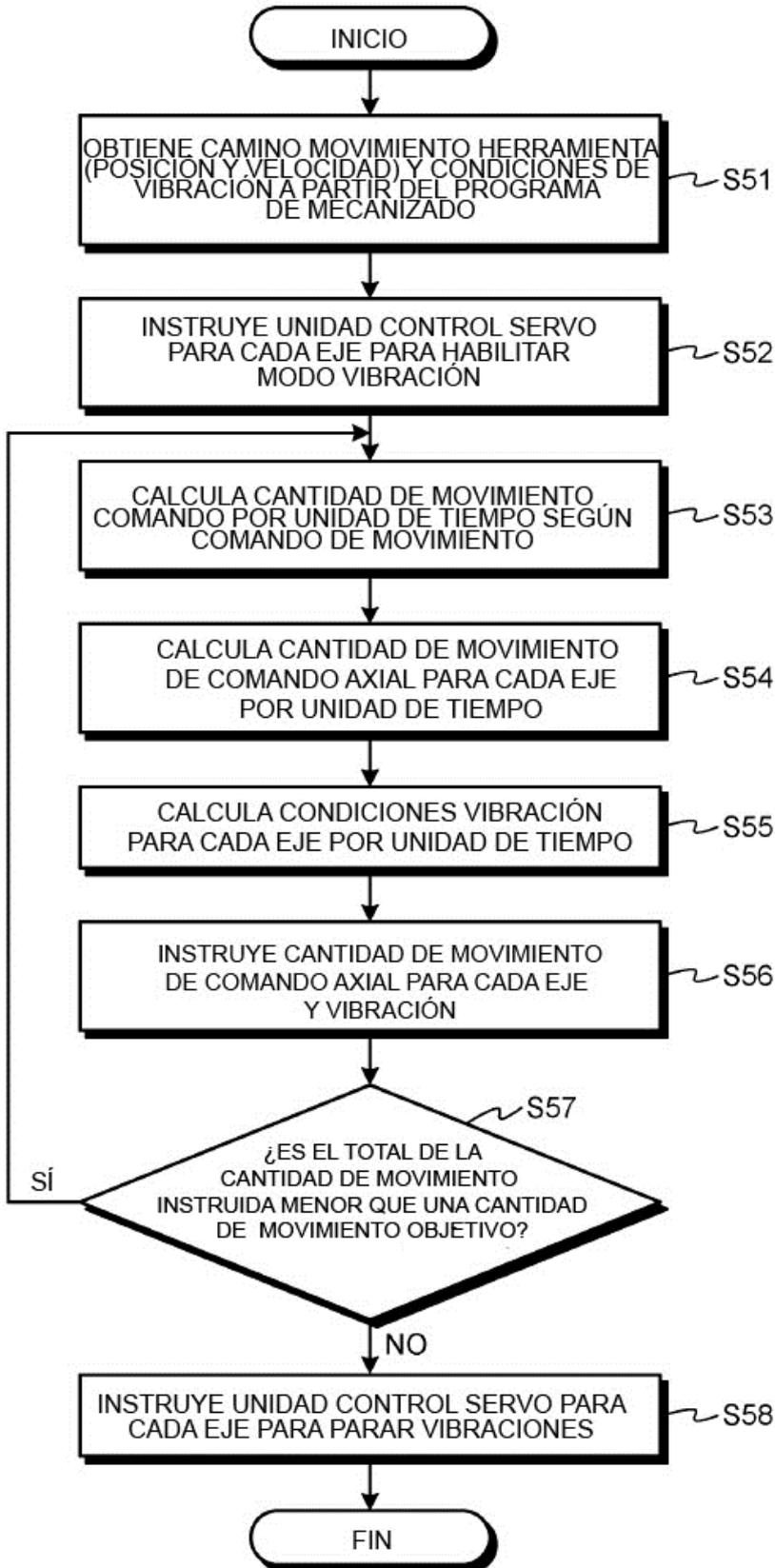


FIG.17

