

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 680 349**

51 Int. Cl.:

**G05B 19/4093** (2006.01)

**B23Q 15/013** (2006.01)

**G05B 19/4103** (2006.01)

**G05B 19/19** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.04.2014 PCT/JP2014/061488**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.10.2015 WO15162739**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2014 E 14861174 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.06.2018 EP 2957972**

54 Título: **Aparato de control numérico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**06.09.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**WATANABE, MITSUO;**  
**SAGASAKI, MASAKAZU;**  
**HIRATA, YUKI y**  
**MATSUMOTO, HITOSHI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 680 349 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Aparato de control numérico

La presente invención se refiere a un dispositivo de control numérico.

### Antecedentes

5 Se ha propuesto un dispositivo de control numérico para torneado. El dispositivo de control numérico incluye un mecanismo de alimentación de una herramienta de corte, que alimenta una herramienta de corte con respecto a una pieza de trabajo, y un mecanismo de control que controla el motor accionador de la alimentación de la herramienta de corte de tal modo que la herramienta de corte vibra a baja frecuencia (véase, por ejemplo, las Literaturas de Patentes 1 a 3). En este dispositivo de control numérico, el mecanismo de control incluye una unidad operativa que realiza diversos ajustes, una unidad de almacenaje de información de corte por vibración que tiene almacenada en la misma, por anticipado, al menos la cantidad de movimiento hacia adelante, la cantidad de movimiento hacia atrás, la velocidad de movimiento hacia adelante, y la velocidad de movimiento hacia atrás del mecanismo de alimentación de la herramienta de corte conforme a características mecánicas tales como la inercia del eje de alimentación o las características del motor, a modo de una tabla de datos para sincronizar y alimentar la herramienta de corte de modo que sea operable a una frecuencia baja de 25 hertzios o más alta conforme a la velocidad rotacional de la pieza de trabajo o a la cantidad de alimentación de la herramienta de corte por revolución de la herramienta de corte, la cual se establece por medio de la unidad operativa, y una unidad de control de motor que controla el motor accionador de la alimentación de la herramienta de corte en base a los datos almacenados en la unidad de almacenaje de información de corte por vibración. Con esta configuración, el movimiento hacia adelante y el movimiento hacia atrás se repiten a lo largo de una ruta de interpolación, generando con ello vibraciones de baja frecuencia.

### Lista de citaciones

#### Literaturas de Patentes

Literatura de Patente 1: Patente japonesa núm. 5033929

25 Literatura de Patente 2: Patente japonesa núm. 5139591

Literatura de Patente 3: Patente japonesa núm. 5139592

El documento EP-A2-1 762 305 divulga un aparato de mecanización por vibración y un método de uso. El aparato de mecanización por vibración incluye una herramienta de corte y una fase de movimiento acoplada a una de entre la herramienta de corte o la pieza de trabajo para mover la herramienta de corte con relación a la pieza de trabajo. Una tangente a la trayectoria de la máquina y una normal a la superficie de la pieza de trabajo, definen un plano de vibración. El aparato de mecanización por vibración incluye además una primera unidad vibrante acoplada a una de entre la herramienta de corte o la pieza de trabajo, para hacerla vibrar a lo largo de una primera dirección vibratoria, sustancialmente en el plano de vibración, y una segunda unidad vibrante acoplada a una de entre la herramienta de corte o la pieza de trabajo para hacer que vibre esa una de entre la herramienta de corte o pieza de trabajo acoplada a la segunda unidad vibrante a lo largo de una segunda dirección vibratoria, diferente de la primera dirección y sustancialmente en el plano de vibración.

### Sumario

#### Problema técnico

En las Literaturas de Patentes 1 a 3 mencionadas con anterioridad, un control de vibración se divide en control de vibración de movimiento hacia adelante y control de vibración de movimiento hacia atrás, y la distancia y la velocidad del movimiento hacia adelante y la distancia y la velocidad del movimiento hacia atrás se definen como condiciones de vibración individuales en una tabla de condiciones de vibración a efectos de relacionar la velocidad de alimentación de corte con la amplitud en el corte por vibración a baja frecuencia. Esto da como resultado el problema de que las vibraciones de baja frecuencia no pueden ser aplicadas a una velocidad distinta de la velocidad de alimentación de corte que cumpla las condiciones de vibración definidas en esta tabla de condiciones de vibración.

La presente invención ha sido alcanzada en vista de lo anterior, y un objeto de la presente invención consiste en proporcionar un dispositivo de control numérico que realice el corte mientras se aplican vibraciones de baja frecuencia y se pueda seleccionar cualquier velocidad de alimentación de corte.

#### Solución al problema

50 La presente invención proporciona un dispositivo de control numérico dispuesto para realizar mecanización sobre una pieza de trabajo mientras se mueve una herramienta y la pieza de trabajo, cada una con relación a la otra, a lo largo de una trayectoria de movimiento con vibraciones por medio de ejes excitadores con los que se ha dotado a la

herramienta o a la pieza de trabajo conforme a la reivindicación 1.

La presente invención proporciona también un dispositivo de control numérico dispuesto para realizar mecanización sobre una pieza de trabajo mientras se mueve una herramienta y la pieza de trabajo, cada una con relación a la otra, a lo largo de una trayectoria de movimiento con vibraciones por medio de ejes excitadores con los que se ha dotado la herramienta o la pieza de trabajo conforme a la reivindicación 5.

### Efectos ventajosos de la invención

Según realizaciones de la presente invención, el dispositivo de control numérico genera una trayectoria de movimiento usando un programa de mecanización y una diferencia de fase que es un lapso de tiempo en la posición de movimiento vibratorio hacia atrás con relación a una posición de movimiento vibratorio hacia adelante. Por lo tanto, se obtiene un efecto en el que, en corte por vibración a baja frecuencia, un usuario puede seleccionar cualquier velocidad de alimentación de corte. La diferencia de fase puede ser calculada a partir de la relación entre la amplitud de la vibración y la velocidad de alimentación de la herramienta hasta la pieza de trabajo, y además, la diferencia de fase puede ser designada por medio de un parámetro o por el programa de mecanización para el movimiento relativo de la herramienta y de la pieza de trabajo con vibraciones.

### Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de configuración de un dispositivo de control numérico según una primera realización;

La Figura 2 es un diagrama que muestra esquemáticamente configuraciones de ejes del dispositivo de control numérico según la primera realización, que realiza el torneado

La Figura 3 es un diagrama que muestra esquemáticamente un método de mecanización mientras se aplican vibraciones de baja frecuencia;

La Figura 4 es un diagrama que muestra esquemáticamente un ejemplo de procedimiento de procesamiento de cálculo de la cantidad de movimiento en una unidad de procesamiento de interpolación conforme a la primera realización (parte 1);

La Figura 5 es un diagrama que muestra esquemáticamente un ejemplo de procedimiento de procesamiento de cálculo de la cantidad de movimiento en la unidad de procesamiento de interpolación conforme a la primera realización (parte 2);

La Figura 6 es un diagrama que muestra un ejemplo de programa de mecanización y un ejemplo de parámetro en un caso en que se almacena una relación de amplitud de vibración respecto a alimentación, como parámetro, en una unidad de almacenaje;

La Figura 7 es un diagrama que muestra un ejemplo de programa de mecanización con una relación designada de amplitud de vibración respecto a alimentación;

La Figura 8 es un diagrama que muestra una trayectoria de movimiento con relación al tiempo en la dirección del eje X;

La Figura 9 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de configuración de un dispositivo de control numérico conforme a una segunda realización;

La Figura 10 es un diagrama que muestra un ejemplo de programa de mecanización y un ejemplo de parámetro en un caso en el que se almacena una diferencia de fase como parámetro en una unidad de almacenaje;

La Figura 11 es un diagrama que muestra un ejemplo de programa de mecanización con una diferencia de fase designada;

La Figura 12 es un diagrama que muestra una trayectoria de movimiento con relación al tiempo en la dirección del eje X.

### Descripción de realizaciones

Un dispositivo de control numérico según realizaciones de la presente invención, va a ser explicado con detalle en lo que sigue, con referencia a los dibujos que se acompañan. La presente invención no está limitada a las realizaciones.

#### Primera realización

La Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una configuración de dispositivo de control numérico conforme a una primera realización. Un dispositivo de control numérico 1 incluye una unidad de

accionamiento 10, una unidad operativa de entrada 20, una unidad de visualización 30, y una unidad de cálculo de control 40.

5 La unidad de accionamiento 10 es un mecanismo que acciona una o ambas de entre la pieza de trabajo y la herramienta en al menos dos direcciones axiales. La unidad de accionamiento 10 incluye un servomotor 11 que mueve la pieza de trabajo o la herramienta en cada una de las direcciones axiales especificadas en el dispositivo de control numérico 1, un detector 12 que detecta la posición y la velocidad del servomotor 11, y una unidad de servocontrol 13 para cada una de las direcciones axiales (una unidad de servocontrol del eje X 13X, una unidad de servocontrol del eje Z 13Z, ..., (en lo que sigue, expresada simplemente como "unidad de servocontrol 13" cuando no sea necesario distinguir las direcciones del eje de accionamiento entre sí)), donde la unidad de servocontrol 13 controla la posición y la velocidad de la pieza de trabajo o de la herramienta en base a la posición y la velocidad detectadas por el detector 12. La unidad de accionamiento 10 incluye además un motor de eje principal 14 que hace que gire el eje principal que sujeta la pieza de trabajo, un detector 15 que detecta la posición y la velocidad rotacional del motor de eje principal 14, y una unidad de control de eje principal 16 que controla las rotaciones del eje principal en base a la posición y la velocidad rotacional detectadas por el detector 15.

15 La unidad operativa de entrada 20 está configurada a partir de una unidad de entrada tal como un teclado, un botón o un ratón, a través de la cual un usuario introduce un comando y similar para el dispositivo de control numérico 1 o introduce un programa de mecanización, un parámetro o similar. La unidad operativa de entrada 20 incluye una unidad de cambio de velocidad de alimentación de corte 201 que puede cambiar la velocidad de alimentación de corte. La unidad de cambio de velocidad de alimentación de corte 201 está configurada a partir de, por ejemplo, un dial. La velocidad de alimentación de corte actual puede ser cambiada girando el dial. Un cambio en la velocidad de alimentación de corte por medio de la unidad de cambio de velocidad de alimentación de corte 201 consiste, por ejemplo, en introducir un parámetro 431 incluido en la unidad de cálculo de control 40. La unidad de visualización 30 está configurada a partir de un dispositivo de visualización de cristal líquido o de otras unidades de visualización, y presenta sobre la misma la información procesada por la unidad de cálculo de control 40.

25 La unidad de cálculo de control 40 incluye una unidad de control de entrada 41, una unidad de ajuste de datos 42, una unidad de almacenaje 43, una unidad de procesamiento de pantalla 44, una unidad de procesamiento de análisis 45, una unidad de procesamiento de señal de control mecánico 46, una unidad de circuito PLC (Controlador Lógico Programable) 47, una unidad de procesamiento de interpolación 48, una unidad de procesamiento de aceleración-deceleración 49, y una unidad de salida de datos axiales 50.

30 La unidad de control de entrada 41 recibe información que se introduce desde la unidad operativa de entrada 20. La unidad de ajuste de datos 42 almacena la información recibida por la unidad de control de entrada 41 en la unidad de almacenaje 43. Por ejemplo, cuando el contenido de la entrada se refiere a la edición de un programa de mecanización 432, el programa de mecanización 432 almacenado en la unidad de almacenaje 43 se ve afectado por el contenido editado, o cuando se introduce un parámetro, este parámetro de entrada se almacena en un área de almacenaje del parámetro 431 en la unidad de almacenaje 43.

35 La unidad de almacenaje 43 almacena en la misma información tal como el parámetro 431 que va a ser usado para el procesamiento en la unidad de cálculo de control 40, el programa de mecanización 432 que va a ser ejecutado, y datos de visualización de pantalla 433 que van a ser presentados sobre la unidad de visualización 30. La unidad de almacenaje 43 está dotada de un área de intercambio 434 que almacena en la misma datos usados temporalmente distintos del parámetro 431 y del programa de mecanización 432. El parámetro 431 puede incluir una relación de amplitud de vibración respecto a alimentación 4311 que especifique la relación entre la amplitud de la vibración y la velocidad de alimentación para crear una trayectoria de movimiento. La relación de amplitud de vibración respecto a alimentación 4311 se almacena cuando la misma es designada por el parámetro 431, no por el programa de mecanización 432. En el parámetro 431, pueden estar almacenadas condiciones de vibración. La unidad de procesamiento de pantalla 44 ejecuta un control de visualización de los datos de visualización de pantalla 433 en la unidad de almacenaje 43 sobre la unidad de visualización 30.

40 La unidad de procesamiento de análisis 45 incluye una unidad de generación de comando de movimiento 451, una unidad de análisis de comando de vibración 452, y una unidad de análisis de la relación de amplitud de vibración respecto a alimentación 453. La unidad de generación de comando de movimiento 451 lee un programa de mecanización que incluye uno o más bloques, analiza bloque a bloque el programa de mecanización leído, y genera un comando de movimiento para el movimiento en cada bloque. La unidad de análisis de comando de vibración 452 analiza si un comando de vibración está incluido en el programa de mecanización y genera, cuando el comando de vibración está incluido en el programa de mecanización, información de vibración, tal como la frecuencia y la amplitud incluidas en el comando de vibración. En la descripción de la presente invención, resulta deseable que la amplitud de un comando de vibración incluido en un programa de mecanización sea igual a, o mayor que, 1 micrón, e igual a, o menor que, 300 micrones. Esto se debe a que si la amplitud es menor de 1 micrón, la eficacia del corte se degrada y el servosistema no puede responder a las vibraciones, y si la amplitud es mayor de 300 micrones, esto puede conducir a vibraciones mecánicas. También resulta deseable que la frecuencia sea igual a, o mayor que, 10 hertzios, e igual a, o menor que, 300 hertzios. Esto se debe a que si la frecuencia es inferior a 10 hertzios, no existe ningún efecto de corte por vibración, y si la frecuencia es superior a 300 hertzios, el servosistema no puede responder a las vibraciones. La unidad de análisis de relación de amplitud de vibración respecto a alimentación 453

analiza si una relación de amplitud de vibración respecto a alimentación está incluida en un programa de mecanización, y obtiene la relación de amplitud de vibración respecto a alimentación cuando está incluida en el programa de mecanización.

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

10 La unidad de procesamiento de interpolación 48 incluye una unidad de cálculo de diferencia de fase 481, una unidad de generación de trayectoria de movimiento 482, una unidad de generación de forma de onda de la vibración 483, una unidad de generación de cantidad de movimiento vibratorio 484, y una unidad de combinación de cantidad de movimiento 485.

15 La unidad de cálculo de diferencia de fase 481 calcula una diferencia de fase a partir de la relación de amplitud de movimiento respecto a alimentación obtenida desde la unidad de procesamiento de análisis 45 o la unidad de almacenaje 43. La diferencia de fase muestra un lapso de tiempo en la posición de movimiento vibratorio hacia atrás con relación a la posición de movimiento vibratorio hacia adelante creado en base a un comando.

20 La unidad de generación de trayectoria de movimiento 482 usa la diferencia de fase calculada por la unidad de cálculo de diferencia de fase 481 para generar una trayectoria de movimiento con relación al tiempo en cada dirección axial por unidad de tiempo (un ciclo de interpolación). En este ejemplo, se adquiere una trayectoria de movimiento con relación al tiempo en base a un bloque de comando específico, como posición de movimiento vibratorio hacia adelante, y la trayectoria de movimiento, obtenida por desplazamiento de la posición de movimiento vibratorio hacia adelante en paralelo, en una dirección que retarda el tiempo mediante la diferencia de fase, se adquiere como posición de movimiento vibratorio hacia atrás.

25 En base al comando de vibración obtenido desde la unidad de procesamiento de análisis 45 o la unidad de almacenaje 43, la unidad de generación de forma de onda de vibración 483 genera, para cada eje, una forma de onda de vibración que es una referencia para hacer que vibre la herramienta o la pieza de trabajo (en lo que sigue, "forma de onda de vibración de referencia"). La forma de onda de vibración de referencia muestra la posición con relación al tiempo en cada dirección axial. Mientras que se puede usar cualquier forma de onda de vibración como  
30 forma de onda de vibración de referencia, la forma de onda de vibración es una onda triangular en este ejemplo. Esta onda triangular tiene una amplitud de 1,0 y un valor cíclico designado en las condiciones de vibración.

35 La unidad de generación de cantidad de movimiento vibratorio 484 adquiere una diferencia entre la posición de movimiento vibratorio hacia adelante y la posición de movimiento vibratorio hacia atrás en cada instante, y multiplica esta diferencia por la forma de onda de la vibración para calcular una cantidad de movimiento vibratorio para cada eje.

La unidad de combinación de cantidad de movimiento 485 suma la posición de movimiento vibratorio hacia atrás, generada por la unidad de generación de trayectoria de movimiento 482, a la cantidad de movimiento vibratorio, generada por la unidad de generación de cantidad de movimiento vibratorio 484, a efectos de calcular una cantidad de movimiento combinado para cada eje por unidad de tiempo (un ciclo de interpolación).

40 La unidad de procesamiento de aceleración-deceleración 49 convierte la cantidad de movimiento combinado para cada eje de accionamiento, presente a la salida de la unidad de procesamiento de interpolación 48, en un comando de movimiento por unidad de tiempo que tiene en cuenta la aceleración y la deceleración según un patrón de aceleración-deceleración designado por anticipado. La unidad de salida de datos axiales 50 presenta a la salida el comando de movimiento por unidad de tiempo procesado por la unidad de procesamiento de aceleración-deceleración 49, para las unidades de servocontrol 13X, 13Z, ..., las cuales controlan los ejes de accionamiento,  
45 respectivamente, y para la unidad de control de eje principal 16.

50 Con el fin de llevar a cabo la mecanización mientras vibra la herramienta o la pieza de trabajo, es suficiente que la herramienta y la pieza de trabajo se muevan una con relación a la otra cuando se realiza la mecanización, según se ha descrito con anterioridad. La Figura 2 es un diagrama que muestra esquemáticamente configuraciones de ejes del dispositivo de control numérico según la primera realización, la cual realiza el torneado. En la Figura 2, el eje Z y el eje X, que son perpendiculares entre sí, han sido proporcionados sobre la hoja de dibujos. La Figura 2(a) muestra un caso en que una pieza de trabajo 61 está fija y una herramienta 62 que es, por ejemplo, una herramienta giratoria para realizar el torneado, se mueve solamente en las direcciones del eje Z y del eje X. La Figura 2(b) muestra un caso en que la pieza de trabajo 61 se mueve en la dirección del eje Z y la herramienta 62 se mueve en la dirección  
55 del eje X. En cualquiera de estos casos, proporcionando un objeto que se mueva (la pieza de trabajo 61 y/o la herramienta 62) con el servomotor 11, es posible llevar a cabo el procesamiento que se explica en lo que sigue.

La Figura 3 es un diagrama que muestra esquemáticamente un método de mecanización mientras se aplican

vibraciones de baja frecuencia. La Figura 3 muestra un caso en que el eje Z y el eje X, que son perpendiculares entre sí, han sido proporcionados sobre la hoja de dibujos y la mecanización se realiza mientras se mueve la herramienta 62 y una pieza de trabajo, una con relación a la otra, a lo largo de una trayectoria de movimiento 101 sobre este plano Z-X. En la primera realización, cuando la herramienta 62 se mueve con relación a la pieza de trabajo a lo largo de la trayectoria de movimiento 101, la herramienta 62 se hace vibrar de modo que siga la trayectoria de movimiento 101. Es decir, en una sección en línea recta, la herramienta 62 se hace vibrar de modo que se mueva adelante y atrás a lo largo de la línea recta, y en una sección en línea curva, la herramienta 62 se hace vibrar de modo que se mueva adelante y atrás a lo largo de la línea curva. La descripción de "la herramienta 62 se hace vibrar" se refiere al movimiento de la herramienta 62 con relación a la pieza de trabajo 61. En la práctica, cualquiera de entre la herramienta 62 o la pieza de trabajo 61 puede ser movida según se ha mostrado en la Figura 2. Lo mismo se aplica a las explicaciones que siguen.

A continuación se explica un método de cálculo de trayectoria de movimiento llevado a cabo por el dispositivo de control numérico 1 conforme a la primera realización. Las Figuras 4 y 5 son diagramas que muestran esquemáticamente un ejemplo de procedimiento de procesamiento de cálculo de cantidad de movimiento en una unidad de procesamiento de interpolación según la primera realización.

En primer lugar, la unidad de generación de comando de movimiento 451 en la unidad de procesamiento de análisis 45 genera un comando de movimiento, que incluye el punto de inicio y el punto terminal, desde un bloque de comando en un programa de mecanización y presenta a la salida el comando de movimiento para la unidad de procesamiento de interpolación 48. La unidad de análisis de comando de vibración 452 presenta a la salida condiciones de vibración, incluyendo la frecuencia y la amplitud incluidas en el programa de mecanización o establecidas por un parámetro, para la unidad de procesamiento de interpolación 48. La unidad de análisis de relación de amplitud de vibración respecto a alimentación 453 presenta a la salida una relación de amplitud de vibración respecto a alimentación incluida en el programa de mecanización o una relación de amplitud de vibración respecto a alimentación establecida por un parámetro para la unidad de procesamiento de interpolación 48.

A continuación, la unidad de cálculo de diferencia de fase 481 adquiere una diferencia de fase W a partir de la relación de amplitud de vibración respecto a alimentación obtenida a partir de la unidad de procesamiento de análisis 45 o de la unidad de almacenaje 43. Una relación de amplitud de vibración respecto a alimentación Q se expresa mediante la ecuación (1) que sigue, donde la amplitud sobre una trayectoria de movimiento con relación al tiempo se ha representado como A, y la cantidad de alimentación por revolución (velocidad de alimentación) se ha representado como F:

$$Q = A/F \quad (1)$$

El tiempo requerido por revolución del eje principal ha sido representado como T y la cantidad de alimentación durante T ha sido representada como F. Por lo tanto, una trayectoria de movimiento en el caso de avance mediante la cantidad de alimentación F por revolución mientras vibra con la amplitud A desde un cierto instante de tiempo t<sub>1</sub>, ha sido mostrado mediante R<sub>3</sub> en la Figura 4(a). La línea recta que conecta posiciones de pico sobre esta trayectoria de movimiento R<sub>3</sub> es una posición de movimiento vibratorio hacia adelante R<sub>1</sub>. La línea recta que conecta posiciones de valle sobre esta trayectoria de movimiento R<sub>3</sub> es una posición de movimiento vibratorio hacia atrás R<sub>2</sub>. En este ejemplo, la posición de movimiento vibratorio hacia adelante R<sub>1</sub> corresponde a una trayectoria de movimiento generada por un comando. Cuando el tiempo en que la posición de movimiento vibratorio hacia adelante R<sub>1</sub> es 0, se representa como t<sub>0</sub>, la diferencia de fase W se expresa por medio de la ecuación (2) que sigue:

$$W = t_1 - t_0 \quad (2)$$

Según se desprende del diagrama mostrado en la Figura 4(a), existe una relación expresada según la ecuación (3) que sigue, entre la diferencia de fase W, la amplitud A, la cantidad de alimentación F por revolución, y el tiempo T requerido por revolución del eje principal. En base a la ecuación (3), la diferencia de fase W se expresa mediante la ecuación (4) siguiente:

$$A/W = F/T \quad (3)$$

$$W = AT/F = QT \quad (4)$$

La unidad de cálculo de diferencia de fase 481 calcula la diferencia de fase W usando la relación de amplitud de vibración respecto a alimentación y la ecuación (4) según se ha descrito con anterioridad.

A continuación, la unidad de generación de trayectoria de movimiento 482 genera una trayectoria de movimiento con relación al tiempo en cada dirección axial a partir de un comando específico. En este tiempo, en caso de que el tipo de mecanización sea vibración de corte, la unidad de generación de trayectoria de movimiento 482 usa una diferencia de fase calculada por la unidad de cálculo de diferencia de fase 481 para crear dos tipos de trayectoria, es decir, uno para la posición de movimiento vibratorio hacia adelante R<sub>1</sub> y uno para la posición de movimiento vibratorio hacia atrás R<sub>2</sub>.

Específicamente, la posición de movimiento vibratorio hacia adelante R<sub>1</sub> es una trayectoria generada en base al

comando de movimiento obtenido a partir de la unidad de generación de comando de movimiento 451, y se genera de modo que permanezca en la misma posición tras alcanzar el punto terminal del movimiento hasta que la posición de movimiento vibratorio hacia atrás  $R_2$  alcanza el punto terminal del movimiento. Después de que la posición de movimiento vibratorio hacia adelante  $R_1$  empieza a moverse, la posición de movimiento vibratorio hacia atrás  $R_2$  espera a la diferencia de fase  $W$  y a continuación empieza a moverse. La posición de movimiento vibratorio hacia adelante  $R_1$  y la posición de movimiento vibratorio hacia atrás  $R_2$  en una dirección axial, las cuales se crean conforme a las reglas que se han descrito con anterioridad, han sido mostradas en la Figura 4(b).

A continuación, la unidad de generación de forma de onda de vibración 483 usa las condiciones de vibración obtenidas desde la unidad de análisis de comando de vibración 452 para generar una forma de onda de vibración de referencia que va a ser superpuesta sobre una trayectoria de movimiento. Específicamente, la unidad de generación de forma de onda de vibración 483 genera una forma de onda de vibración con la frecuencia en las condiciones de vibración y con la amplitud (una altura de pico respecto a valle) de 1. En este caso, se usa una forma de onda preestablecida (por ejemplo, una onda triangular) como forma de onda de vibración. Las formas de onda de vibración de referencia en la dirección del eje  $X$  y en la dirección del eje  $Z$ , generadas conforme a las reglas descritas con anterioridad, han sido representadas en la Figura 4(c). Las formas de onda de vibración de referencia son funciones del tiempo.

Posteriormente, la unidad de generación de cantidad de movimiento vibratorio 484 adquiere una diferencia entre la posición de movimiento vibratorio hacia adelante y la posición de movimiento vibratorio hacia atrás en cada instante. La diferencia entre la posición de movimiento vibratorio hacia adelante y la posición de movimiento vibratorio hacia atrás en dirección axial, ha sido representada en la Figura 4(d). Además, la unidad de generación de cantidad de movimiento vibratorio 484 multiplica la diferencia entre la posición de movimiento vibratorio hacia adelante y la posición de movimiento vibratorio hacia atrás por la forma de onda de vibración de referencia generada por la unidad de generación de forma de onda de vibración 483 para calcular una cantidad de movimiento vibratorio. Es decir, en cada dirección axial, la cantidad de movimiento vibratorio se calcula multiplicando el gráfico de la Figura 4(c) por el gráfico de la Figura 4(d). La cantidad de movimiento vibratorio en dirección axial, calculada según se ha descrito con anterioridad, ha sido representada en la Figura 4(e).

La unidad de combinación de cantidad de movimiento 485 genera a continuación una trayectoria de movimiento con relación al tiempo para cada eje superponiendo (sumando) la posición de movimiento vibratorio hacia atrás, generada por la unidad de generación de trayectoria de movimiento 482, y la cantidad de movimiento vibratorio, generada por la unidad de generación de cantidad de movimiento vibratorio 484, cada una sobre la otra. La trayectoria de movimiento  $R_3$  en una dirección axial, generada según se ha descrito con anterioridad, ha sido mostrada en la Figura 5.

Según se muestra en la Figura 5, incluso cuando la trayectoria de movimiento  $R_3$  correspondiente a un comando específico alcanza la posición objetiva, la trayectoria de movimiento  $R_3$  no excede la posición objetiva hasta que la posición de movimiento vibratorio hacia atrás sobre la trayectoria de movimiento  $R_3$  alcanza la posición objetiva. A continuación, mientras que la amplitud se reduce gradualmente, la posición de movimiento vibratorio hacia atrás sobre las trayectorias de movimiento  $R_3$  alcanza la posición objetiva. Cuando la posición de movimiento vibratorio hacia atrás sobre la trayectoria de movimiento  $R_3$  alcanza la posición objetivo y las vibraciones convergen, el siguiente comando con vibraciones se ejecuta de modo que tenga una relación de amplitud de vibración respecto a alimentación establecida. Con el procedimiento según se ha descrito con anterioridad, se acaba el procesamiento de cálculo de la cantidad de movimiento.

En las explicaciones descritas con anterioridad, se calcula una forma de onda por bloque de un programa de mecanización para facilidad de la explicación del contenido de la realización. Sin embargo, en la práctica, la unidad de procesamiento de interpolación 48 realiza el cálculo por unidad de tiempo (un ciclo de interpolación).

Según se ha descrito con anterioridad, la relación de amplitud de vibración respecto a alimentación puede ser almacenada en la unidad de almacenaje 43 como parámetro 431, o puede ser establecida en un programa de mecanización. La Figura 6 es un diagrama que muestra un ejemplo de programa de mecanización y un ejemplo de parámetro en un caso en que la relación de amplitud de vibración respecto a alimentación se almacena como parámetro en una unidad de almacenaje. El programa de mecanización 432 se lee fila a fila (bloque por bloque) mostrado en la Figura 6(a) para ser ejecutado. Un comando "G0 X0.0;" representado por el número de secuencia "N01" en este programa de mecanización 432, es un comando de posicionamiento. Un comando "G165 P1;" representado mediante el número de secuencia "N02" significa el comienzo de un modo de control de corte por vibración.

Un comando "G99 G1 X10.0 F0.05;" representado por el número de secuencia "N03" indica la ejecución de alimentación de corte para moverse desde  $X=0,0$  hasta  $X=10,0$  mediante interpolación lineal. "F" y su valor numérico consiguiente significan la cantidad de alimentación de corte por revolución del eje principal (milímetros, por ejemplo). En este ejemplo, un comando de alimentación de corte es de  $0,05$  mm/r. Al igual que la velocidad de alimentación de corte, se puede usar también la cantidad de alimentación de corte por minuto.

Un comando "X20.0 F0.10;" representado por el número de secuencia "N04" indica la ejecución de alimentación de

5 corte para moverse desde  $X=10,0$  hasta  $X=20,0$  por interpolación lineal. En este ejemplo, un comando de alimentación de corte es de  $0.10$  mm/r. Un comando "G165 P0;" representado por el número de secuencia "N05" significa el fin del modo de control de corte por vibración. Según se ha representado en la Figura 6(b), la relación de amplitud de vibración respecto a alimentación de "2,0" se almacena en el parámetro 431 como un valor establecido del parámetro.

10 La Figura 7 es un diagrama que muestra un ejemplo de un programa de mecanización con una relación de amplitud de vibración respecto a alimentación designada. El contenido de la Figura 7 es básicamente el mismo que el de la Figura 6(a). Sin embargo, el contenido de la Figura 7 es diferente del contenido de la Figura 6(a) en que la relación de amplitud de vibración respecto a alimentación se establece como "Q" en un comando para iniciar el modo de control de corte por vibración representado por el número de secuencia "N02".

La Figura 8 es un diagrama que muestra una trayectoria de movimiento con relación al tiempo en la dirección del eje X. La Figura 8(a) es un diagrama que muestra una trayectoria de movimiento con relación al tiempo en la dirección del eje X, generada conforme a la Figura 6 o la Figura 7. La Figura 8(b) es un diagrama a mayor escala de una porción A de la Figura 8(a). La Figura 8(c) es un diagrama a mayor escala de una porción B de la Figura 8(a).

15 Según se muestra en la Figura 8(a), la relación de la amplitud de vibración respecto a alimentación es 2,0 tanto en la mecanización desde  $X=0,0$  hasta  $X=10,0$  como en la mecanización desde  $X=10,0$  hasta  $X=20,0$ . La velocidad de alimentación de corte desde  $X=10,0$  hasta  $X=20,0$  es dos veces mayor que la velocidad de alimentación de corte desde  $X=0,0$  hasta  $X=10,0$ .

20 En la Figura 8(b), el eje horizontal representa el tiempo T requerido por revolución del eje principal, y el eje vertical representa la posición del eje X. El gradiente de la posición de movimiento vibratorio hacia adelante  $R_1$  y de la posición de movimiento vibratorio hacia atrás  $R_2$  es igual a la cantidad de alimentación F por revolución, es decir  $0,05$  milímetros. La ecuación (1) se modifica para obtener la amplitud A que es de  $0,10$  milímetros.

25 Mientras tanto, en la Figura 8(c), el eje horizontal representa el tiempo T requerido por revolución del eje principal y el eje vertical representa la posición del eje X. El gradiente de la posición de movimiento vibratorio hacia adelante  $R_1$  y de la posición de movimiento vibratorio hacia atrás  $R_2$  es igual a la cantidad de alimentación F por revolución, es decir, de  $0,10$  milímetros. La ecuación (1) se modifica para obtener la amplitud A que es de  $0,20$  milímetros. Es decir, en el procesamiento de mecanización desde  $X=10,0$  hasta  $X=20,0$ , en comparación con el caso de procesamiento de mecanización desde  $X=0,0$  hasta  $X=10,0$ , la velocidad de alimentación de corte se dobla, y por consiguiente la amplitud también se dobla.

30 Cuando se opera en la unidad de cambio de velocidad de alimentación de corte 201 en la unidad operativa de entrada 20 a efectos de cambiar la velocidad de alimentación de corte, la velocidad de alimentación de corte se cambia dinámicamente mientras la relación de la amplitud de vibración respecto a alimentación sigue siendo un valor establecido, según se ha explicado con anterioridad. Por ejemplo, en la Figura 8, mientras que la relación de la amplitud de la vibración respecto a la alimentación se mantiene sin cambio, se cambia el gradiente de una trayectoria de movimiento. También, en el caso en que se cambie la velocidad de alimentación de corte por parte de la unidad de cambio de velocidad de alimentación de corte 201 según se ha descrito con anterioridad, se lleva a cabo un procesamiento idéntico al procesamiento que antecede.

35 En la primera realización, la relación de la amplitud de vibración respecto a alimentación se establece en un parámetro o la relación de la amplitud de vibración respecto a alimentación se establece en un programa de mecanización, y sobre la base de la relación de amplitud de vibración respecto a alimentación establecida, se genera una trayectoria de movimiento con vibraciones en cada dirección axial. Con esta configuración, en corte por vibración de baja frecuencia, se obtiene un efecto donde un usuario puede seleccionar cualquier velocidad de alimentación de corte.

40 Con la provisión de la unidad de cambio de velocidad de alimentación de corte 201, se puede cambiar la velocidad de alimentación de corte durante el corte por vibración de baja frecuencia y de ese modo se cambia una trayectoria de movimiento en un estado en el que la relación de la amplitud de vibración respecto a alimentación se mantiene, es decir, de modo que tiene una amplitud obtenida al multiplicar la velocidad de alimentación de corte cambiada por la relación de la amplitud de vibración respecto a alimentación. Con esta configuración, se obtiene un efecto donde la velocidad de alimentación de corte puede ser cambiada libremente (en tiempo real o de forma continua) incluso durante el corte por vibración de baja frecuencia.

45 Además, la relación de la amplitud de vibración respecto a alimentación se establece de tal modo que, cuando una primera posición axial sobre una trayectoria de movimiento en el instante en que el eje principal está en una cierta fase de rotación y una segunda posición axial sobre una trayectoria de movimiento en el instante en que el eje principal está en la fase de rotación anterior tras la rotación mediante una o más revoluciones, se comparan cada una con la otra, la fase de rotación en la que la primera posición axial está situada más cerca del punto de inicio del movimiento que la segunda posición axial en una dirección de avance y una fase de rotación en la que la segunda posición axial está situada más cerca del punto de inicio de movimiento que la primera posición en una dirección de avance están presentes. Por lo tanto, las virutas resultantes del corte con una herramienta de corte se pueden

romper en piezas más pequeñas. Como resultado, se obtiene un efecto en que la vida útil de la herramienta de corte se amplía y también las virutas pueden ser fácilmente manipuladas.

**Segunda realización**

5 En la primera realización, se hace que la relación de la amplitud de vibración respecto a alimentación sea constante cuando se lleva a cabo la mecanización de corte con vibraciones de baja frecuencia. En una segunda realización, se explica un caso en el que, en vez de la relación de la amplitud de vibración respecto a alimentación, se hace que sea constante una diferencia de fase con el fin de llevar a cabo la mecanización.

10 En la Figura 4(a) y en la ecuación (4), cuando el tiempo T requerido por revolución del eje principal se define como 1, la diferencia de fase W es igual a la relación de la amplitud de vibración respecto a alimentación Q. Es decir, incluso cuando se designa la diferencia de fase W en vez de la relación de la amplitud de vibración respecto a alimentación Q, todavía es posible realizar un procesamiento idéntico al de la primera realización.

15 La Figura 9 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una configuración de un dispositivo de control numérico conforme a la segunda realización. En este dispositivo de control numérico 1, la unidad de almacenaje 43, la unidad de procesamiento de análisis 45 y la unidad de procesamiento de interpolación 48 están configuradas de forma diferente a las de la primera realización.

20 El parámetro 431 en la unidad de almacenaje 43 puede incluir una diferencia de fase 4312 en vez de la relación de amplitud de vibración respecto a alimentación 4311. La diferencia de fase 4312 se almacena cuando ésta es designada por el parámetro 431, no por el programa de mecanización 432. Según se ha descrito con anterioridad, la diferencia de fase 4312 se obtiene (un período de tiempo) restando la amplitud en las condiciones de vibración de una trayectoria creada en base a un comando de movimiento en una cierta posición pasada según el comando de movimiento.

25 La unidad de procesamiento de análisis 45 incluye una unidad de análisis de diferencia de fase 454 en vez de la unidad de análisis de relación de amplitud de vibración respecto a alimentación 453. La unidad de análisis de diferencia de fase 454 analiza si una diferencia de fase está incluida en el programa de mecanización 432, y obtiene la diferencia de fase cuando está incluida en el programa de mecanización 432.

30 La unidad de procesamiento de interpolación 48 está configurada de tal modo que no se ha incluido la unidad de cálculo de diferencia de fase 481. La unidad de generación de trayectoria de movimiento 482 no hace uso de ninguna diferencia de fase calculada por la unidad de cálculo de diferencia de fase 481, sino que hace uso de una diferencia de fase obtenida desde la unidad de procesamiento de análisis 45 o la unidad de almacenaje 43 para generar una trayectoria de movimiento con relación al tiempo en cada dirección axial por unidad de tiempo (un ciclo de interpolación). Los elementos constitutivos idénticos a los de la primera realización han sido indicados mediante signos de referencia iguales y se van a omitir explicaciones redundantes de los mismos.

35 Un método de mecanización llevado a cabo por el dispositivo de control numérico 1 conforme a la segunda realización, es el mismo que el de la Figura 4, salvo en que no se lleva a cabo el procesamiento para calcular una diferencia de fase en la Figura 4(a). Por lo tanto, se omitirán las explicaciones del método de mecanización.

40 Según se ha descrito con anterioridad, la diferencia de fase puede ser almacenada en la unidad de almacenaje 43 como parámetro 431 o puede ser establecida en el programa de mecanización 432. La Figura 10 es un diagrama que muestra un ejemplo de programa de mecanización y un ejemplo de parámetro en un caso en que la diferencia de fase está almacenada como parámetro en una unidad de almacenaje. El programa de mecanización 432 mostrado en la Figura 10(a) es el mismo que el mostrado en la Figura 6(a) en la primera realización. Según se ha mostrado en la Figura 10(b), la diferencia de fase de "2,0" está almacenada en el parámetro 431 como valor establecido del parámetro. La diferencia de fase es una diferencia entre una posición de movimiento vibratorio hacia adelante y una posición de movimiento vibratorio hacia atrás. Se establece el factor de multiplicación cuando el tiempo requerido por revolución del eje principal ha sido definido como 1.

45 La Figura 11 es un diagrama que muestra un ejemplo de un programa de mecanización con una diferencia de fase designada. El contenido de la Figura 11 es básicamente el mismo que el mostrado en la Figura 7 en la primera realización. Sin embargo, el contenido de la Figura 11 es diferente al de la Figura 7 en que la diferencia de fase está establecida como "W" en un comando para el inicio del modo de control de corte por vibración representado mediante el número de secuencia "N02". Al igual que en la diferencia de fase designada como "W", se establece el factor de multiplicación cuando el tiempo requerido por revolución del eje principal se ha definido como 1.

50 La Figura 12 es un diagrama que muestra una trayectoria de movimiento con relación al tiempo en la dirección del eje X. La Figura 12(a) es un diagrama a mayor escala de la porción A de la Figura 8. La Figura 12(b) es un diagrama a mayor escala de la porción B de la Figura 8. En las Figuras 12(a) y 12(b), el eje horizontal representa el tiempo T requerido por revolución del eje principal, y el eje vertical representa la posición del eje X.

55 En la Figura 12(a), el gradiente de la posición de movimiento vibratorio hacia adelante  $R_1$  y de la posición de movimiento vibratorio hacia atrás  $R_2$  es igual a la cantidad de alimentación F por revolución, es decir, 0,05

milímetros. La ecuación (1) se modifica para obtener la amplitud A que es de 0,10 milímetros. Por lo tanto, la relación de amplitud de vibración respecto a alimentación es 2,0. Además, como se comprenderá a partir de la Figura 12(a), la diferencia de fase W es una diferencia  $t_{12}-t_{11}$  entre un tiempo  $t_{12}$  en el que la posición de movimiento vibratorio hacia atrás  $R_2$  es 0 y un tiempo  $t_{11}$  en el que la posición de movimiento vibratorio hacia adelante  $R_1$  es 0. Esta diferencia de fase W se deduce como  $2T$  a partir de la ecuación (4).

Mientras tanto, en la Figura 12(b), el gradiente de la posición de movimiento vibratorio hacia adelante  $R_1$  y la posición de movimiento vibratorio hacia atrás  $R_2$  es igual a la cantidad de alimentación (la velocidad de alimentación) F por revolución, es decir 0,10 milímetros. La ecuación (1) se modifica para obtener la amplitud A que es 0,20 milímetros. Por lo tanto, la relación de la amplitud de vibración respecto a alimentación es 2,0. Además, la diferencia de fase W es una diferencia  $t_{22}-t_{21}$  entre un tiempo  $t_{22}$  en el que la posición de movimiento vibratorio hacia atrás  $R_2$  es 0 y un tiempo  $t_{21}$  en el que la posición de movimiento vibratorio hacia adelante  $R_1$  es 0. Esta diferencia de fase W se calcula como  $2T$  a partir de la ecuación (4).

Es decir, en el procesamiento de mecanización desde  $X=10,0$  hasta  $X=20,0$ , en comparación con el caso del procesamiento de mecanización desde  $X=0,0$  hasta  $X=10,0$ , la velocidad de alimentación de corte es el doble, y en consecuencia la amplitud es también el doble. Sin embargo, la diferencia de fase W es constante en el caso del procesamiento de mecanización desde  $X=10,0$  hasta  $X=20,0$  y en el caso del procesamiento de mecanización desde  $X=0,0$  hasta  $X=10,0$ . Además, se entiende que cuando la diferencia de fase W es constante, la relación de la amplitud de vibración respecto a alimentación Q es también constante. Como resultado, se halla que incluso cuando se designa la diferencia de fase W en vez de la relación de amplitud de vibración respecto a alimentación Q, se puede realizar aún un procesamiento idéntico al de la primera realización.

Según se ha descrito con anterioridad, en la segunda realización, en vez de la relación de la amplitud de vibración respecto a alimentación Q, se designa la diferencia de fase W en el parámetro 431 o en el programa de mecanización 432, para llevar a cabo la mecanización. Cuando la diferencia de fase W es constante, la relación de la amplitud de vibración respecto a alimentación Q es también constante. Por lo tanto, incluso en el caso como el que se ha descrito con anterioridad, se pueden obtener aún efectos idénticos a los de la primera realización.

En las descripciones descritas con anterioridad, se ha explicado una trayectoria de movimiento en un programa de mecanización. La trayectoria de movimiento en un programa de mecanización muestra generalmente el lugar geométrico del contorno de una pieza de trabajo cuando ésta se mecaniza mediante el comando del programa de mecanización. La pieza de trabajo se corta mediante una herramienta con el fin de obtener su contorno según se ha descrito con anterioridad. Sin embargo, el lugar geométrico de la posición de referencia de una herramienta (por ejemplo, la posición del centro de la herramienta) durante el movimiento de la herramienta con relación a la pieza de trabajo, es diferente de la trayectoria de movimiento mencionada anteriormente. Esto se debe a que la posición de referencia de la herramienta no se empareja con la posición de su borde cortante. Por lo tanto, se puede generar una trayectoria corregida mediante la corrección de la trayectoria de movimiento anterior en el programa de mecanización de modo que se sitúe en la posición de referencia de la herramienta, y las vibraciones pueden ser aplicadas a esta trayectoria corregida. Como ejemplos de la corrección que se ha descrito con anterioridad, se puede ilustrar una corrección por longitud de herramienta, una corrección por desgaste, una corrección por el morro R, una corrección por la dirección de rotación, una corrección tridimensional y una corrección por error mecánico.

La primera y la segunda realizaciones descritas con anterioridad pueden ser aplicadas también para taladrar.

#### 40 **Aplicabilidad industrial**

Según se ha descrito en lo que antecede, el dispositivo de control numérico conforme a la presente invención resulta adecuado para el control numérico de una máquina herramienta usando un programa de mecanización.

#### **Lista de signos de referencia**

1 dispositivo de control numérico, 10 unidad de accionamiento, 11 servomotor, 12 detector, 13 unidad de servocontrol, 13X unidad de servocontrol del eje X, 13Z unidad de servocontrol del eje Z, 14 motor de eje principal, 15 detector, 16 unidad de control de eje principal, 20 unidad operativa de entrada, 30 unidad de visualización, 40 unidad de cálculo de control, 41 unidad de control de entrada, 42 unidad de ajuste de datos, 43 unidad de almacenaje, 44 unidad de procesamiento de pantalla, 45 unidad de procesamiento de análisis, 46 unidad de procesamiento de señal de control mecánico, 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 pieza de trabajo, 62 herramienta, 201 unidad de cambio de velocidad de alimentación de corte, 431 parámetro, 432 programa de mecanización, 433 datos de visualización de pantalla, 434 zona de intercambio, 451 unidad de generación de comando de movimiento, 452 unidad de análisis de comando de vibración, 453 unidad de análisis de la relación de amplitud de la vibración respecto a alimentación, 454 unidad de análisis de diferencia de fase, 481 unidad de cálculo de diferencia de fase, 482 unidad de generación de trayectoria de movimiento, 483 unidad de generación de forma de onda de vibración, 484 unidad de generación de cantidad de movimiento vibratorio, 485 unidad de combinación de cantidad de movimiento, 4311 relación de amplitud de la vibración respecto a alimentación, 4312 diferencia de fase.

**REIVINDICACIONES**

5 1.- Un dispositivo de control numérico (1) dispuesto para llevar a cabo una mecanización sobre una pieza de trabajo mientras se mueve una herramienta y la pieza de trabajo, cada una con relación a la otra, a lo largo de una trayectoria de movimiento con vibraciones por medio de ejes de accionamiento con los que se ha dotado la herramienta o la pieza de trabajo, comprendiendo el dispositivo:

10 una unidad de análisis de relación de la amplitud de vibración respecto a alimentación (453), dispuesta para analizar si una relación entre una amplitud de las vibraciones y una velocidad de alimentación de la herramienta respecto a la pieza de trabajo está incluida en un programa de mecanización (432), y dispuesta para obtener la relación entre una amplitud de las vibraciones y una velocidad de alimentación de la herramienta respecto a la pieza de trabajo cuando está incluida en el programa de mecanización (432);

15 una unidad de cálculo de diferencia de fase (481) dispuesta para calcular, como diferencia de fase, un lapso de tiempo en una posición de movimiento vibratorio hacia atrás con relación a una posición de movimiento vibratorio hacia adelante generada en base a un bloque de comando en el programa de mecanización (432) a partir de la relación entre una amplitud de las vibraciones y una velocidad de alimentación de la herramienta respecto a la pieza de trabajo, estando la relación designada para el movimiento y haciendo que la relación sea constante;

una unidad de generación de trayectoria de movimiento (482) dispuesta para generar la posición de movimiento vibratorio hacia adelante y la posición de movimiento vibratorio hacia atrás como trayectoria de movimiento para cada uno de los ejes de accionamiento en base a la diferencia de fase;

20 una unidad de generación de cantidad de movimiento vibratorio (484) dispuesta para calcular una cantidad de movimiento vibratorio sobre la trayectoria de movimiento para cada uno de los ejes de accionamiento en base a una forma de onda de vibración de referencia que se va a superponer sobre la trayectoria de movimiento, y

una unidad de combinación de cantidad de movimiento (485) dispuesta para generar una cantidad de movimiento combinado para cada uno de los ejes de accionamiento añadiendo la cantidad de movimiento vibratorio a la trayectoria de movimiento,

25 en donde la relación entre una amplitud de las vibraciones y una velocidad de alimentación de la herramienta respecto hasta la pieza de trabajo, Q, está representada por:

$$Q = A/F$$

en donde A es la amplitud sobre una trayectoria de movimiento con relación al tiempo y F es la velocidad de alimentación, la cantidad de alimentación por revolución,

30 en donde la unidad de cálculo de diferencia de fase (481) está dispuesta para calcular, como diferencia de fase, un lapso de tiempo en una posición de movimiento vibratorio hacia atrás con relación a una posición de movimiento vibratorio hacia adelante generada en base a un bloque de comando en el programa de mecanización (432) en base a la ecuación:

$$A/W = F/T, \text{ que puede ser reordenada como:}$$

35  $W = AT/F = QT,$

en donde W es la diferencia de fase calculada, A es la amplitud, F es la cantidad de alimentación por revolución, y T es el tiempo requerido por revolución de un eje principal,

en donde la diferencia de fase es una diferencia entre una posición de movimiento vibratorio hacia adelante y una posición de movimiento vibratorio hacia atrás.

40 2.- El dispositivo de control numérico (1) según la reivindicación 1, en donde, cuando la unidad de generación de trayectoria de movimiento (482) genera trayectorias de movimiento en bloques de comando diferentes entre sí en un programa de mecanización (432), la unidad de generación de trayectoria de movimiento está dispuesta para generar cada una de las trayectorias de movimiento usando la relación.

45 3.- El dispositivo de control numérico (1) según la reivindicación 1, que comprende además una unidad de cambio de velocidad de alimentación (201) dispuesta para cambiar la velocidad de alimentación, en donde,

la unidad de generación de trayectoria de movimiento (482) está dispuesta para generar la trayectoria de movimiento usando la relación y la velocidad de alimentación cambiada mediante la unidad de cambio de velocidad de alimentación.

50 4.- El dispositivo de control numérico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la relación se establece de tal modo que, cuando una primera posición axial sobre una trayectoria de movimiento en un instante en que un eje principal hace que gire la pieza de trabajo está en una fase de rotación predeterminada, y una segunda

- posición axial sobre una trayectoria de movimiento en un instante en que el eje principal está en la fase de rotación después de la rotación en una o más revoluciones en comparación de una con la otra, están presentes una fase de rotación en la que está la primera posición axial situada más cerca de un punto de inicio del movimiento que la segunda posición axial según una dirección de avance y una fase de rotación en la que está la segunda posición axial más cerca del punto de inicio de movimiento que la primera posición axial según una dirección de avance.
- 5
- 5.- Un dispositivo de control numérico (1) dispuesto para llevar a cabo mecanización sobre una pieza de trabajo mientras se mueve una herramienta y la pieza de trabajo, cada una con relación a la otra, a lo largo de una trayectoria de movimiento con vibraciones por medio de ejes de accionamiento con los que está provista la herramienta o la pieza de trabajo, comprendiendo el dispositivo:
- 10 una unidad de análisis de diferencia de fase (454) dispuesta para analizar si una diferencia de fase se encuentra incluida en un programa de mecanización (432), y dispuesta para obtener la diferencia de fase cuando está incluida en el programa de mecanización (432);
- una unidad de generación de trayectoria de movimiento (482) dispuesta para generar una posición de movimiento vibratorio hacia adelante, generada en base a un bloque de comando en el programa de mecanización (432), y una posición de movimiento vibratorio hacia atrás, obtenida mediante adición de la diferencia de fase designada para el movimiento hasta la posición de movimiento vibratorio hacia adelante, como trayectoria de movimiento para cada uno de los ejes de accionamiento y la diferencia de fase se hace que sea constante;
- 15
- una unidad de generación de cantidad de movimiento vibratorio (484) dispuesta para calcular una cantidad de movimiento vibratorio sobre la trayectoria de movimiento para cada uno de los ejes de accionamiento en base a una forma de onda de vibración de referencia que va a ser superpuesta sobre la trayectoria de movimiento, y
- 20
- una unidad de combinación de cantidad de movimiento (485) dispuesta para generar una cantidad de movimiento combinado para cada uno de los ejes de accionamiento sumando la cantidad de movimiento vibratorio a la trayectoria de movimiento,
- en donde la unidad de generación de trayectoria de movimiento (482) está dispuesta para generar una posición de movimiento vibratorio hacia adelante, generada en base a un bloque de comando en el programa de mecanización (432), y una posición de movimiento vibratorio hacia atrás, estableciendo el tiempo requerido, T, por revolución de un eje principal en 1, de modo que la diferencia de fase, W, sea igual a una relación entre la amplitud de las vibraciones y una velocidad de alimentación de la herramienta hasta la pieza de trabajo,
- 25
- en donde la diferencia de fase es una diferencia entre una posición de movimiento vibratorio hacia adelante y una posición de movimiento vibratorio hacia atrás.
- 30
- 6.- El dispositivo de control numérico (1) según la reivindicación 5, en donde, cuando la unidad de generación de trayectoria de movimiento (482) genera trayectorias de movimiento en bloques de comando diferentes entre sí en un programa de mecanización (432), la unidad de generación de trayectoria de movimiento está dispuesta para generar cada una de las trayectorias de movimiento usando la diferencia de fase.
- 35
- 7.- El dispositivo de control numérico (1) según la reivindicación 5, que comprende además una unidad de cambio de velocidad de alimentación (201) dispuesta para cambiar una velocidad de alimentación de la herramienta respecto a la pieza de trabajo, en donde,
- la unidad de generación de trayectoria de movimiento (482) está dispuesta para generar la trayectoria de movimiento usando la diferencia de fase y la velocidad de alimentación cambiada por medio de la unidad de cambio de velocidad de alimentación.
- 40
- 8.- El dispositivo de control numérico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en donde la diferencia de fase se establece de tal modo que, cuando una primera posición axial sobre una trayectoria de movimiento en un instante en que un eje principal que hace que gire la pieza de trabajo está en una fase de rotación predeterminada y una segunda posición axial sobre una trayectoria de movimiento en un instante en que el eje principal está en la fase de rotación después de la rotación en una o más revoluciones se comparan entre sí, están presentes una fase de rotación en la que está la primera posición axial situada más cerca de un punto de inicio del movimiento que la segunda posición axial en una dirección de avance y una fase de rotación en la que está la segunda posición axial situada más cerca del punto de inicio del movimiento que la primera posición axial en una dirección de avance.
- 45

FIG. 1

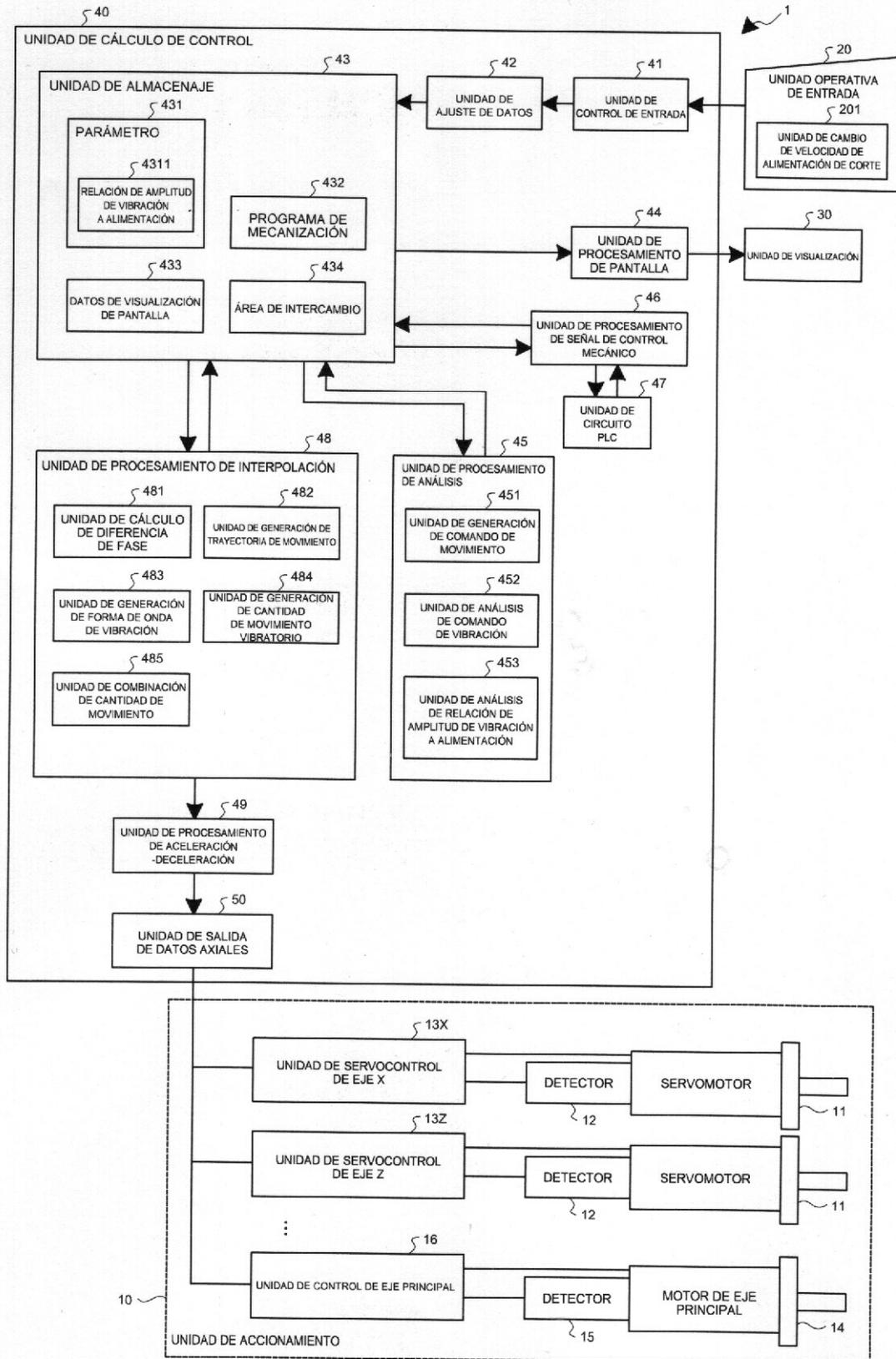
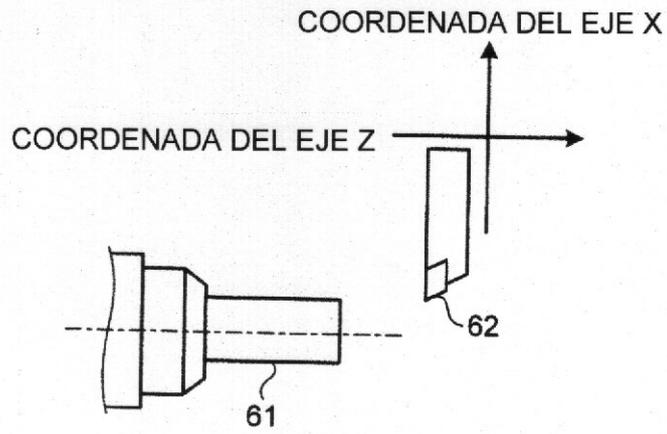


FIG.2

(a)



(b)

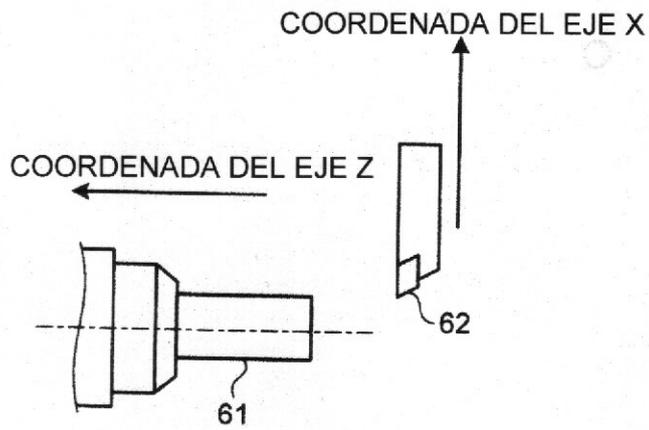


FIG.3

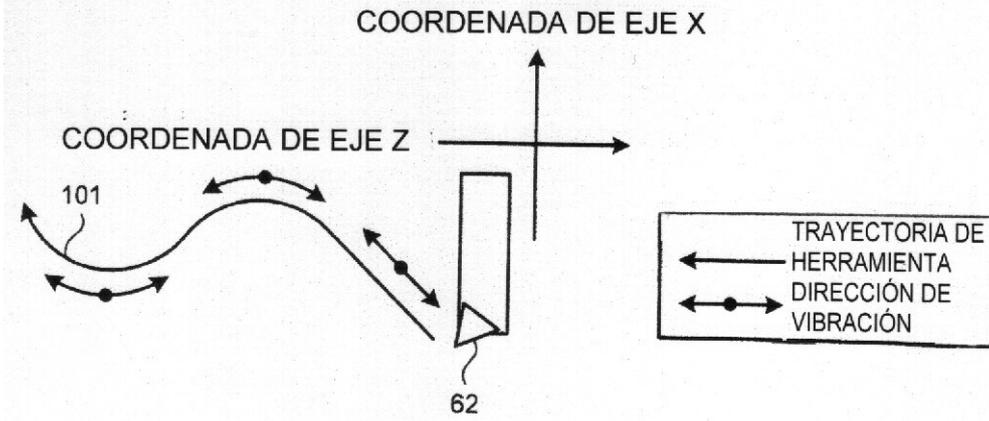


FIG. 4

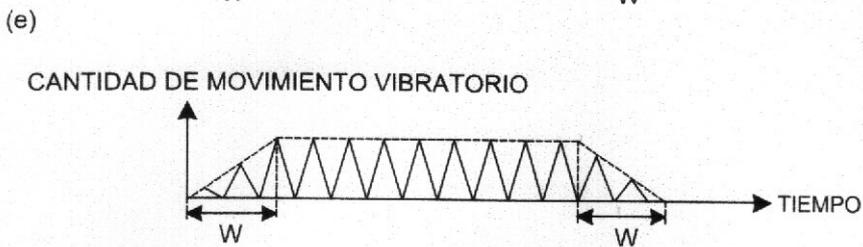
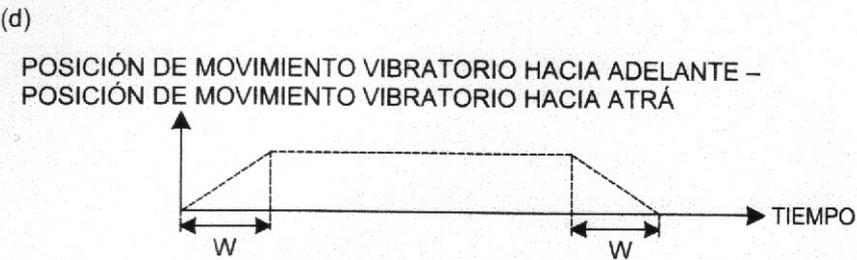
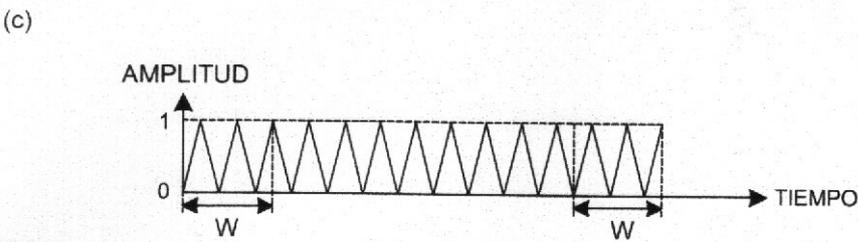
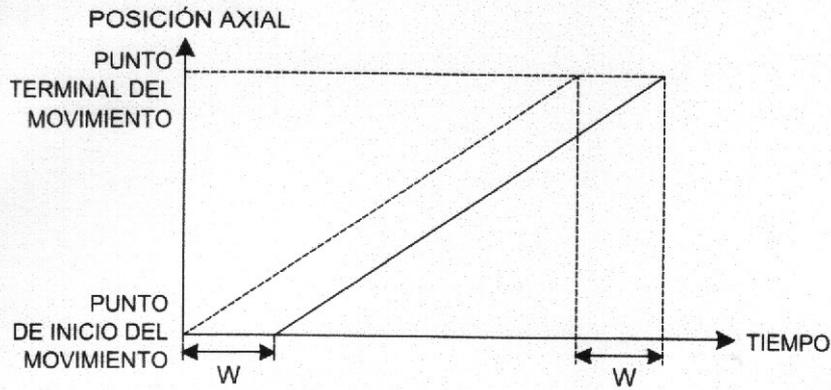
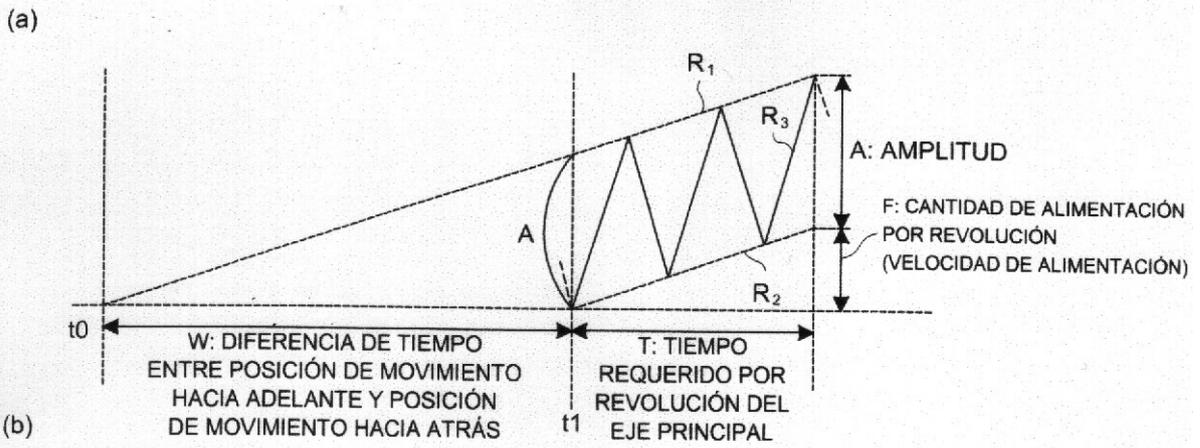


FIG. 5

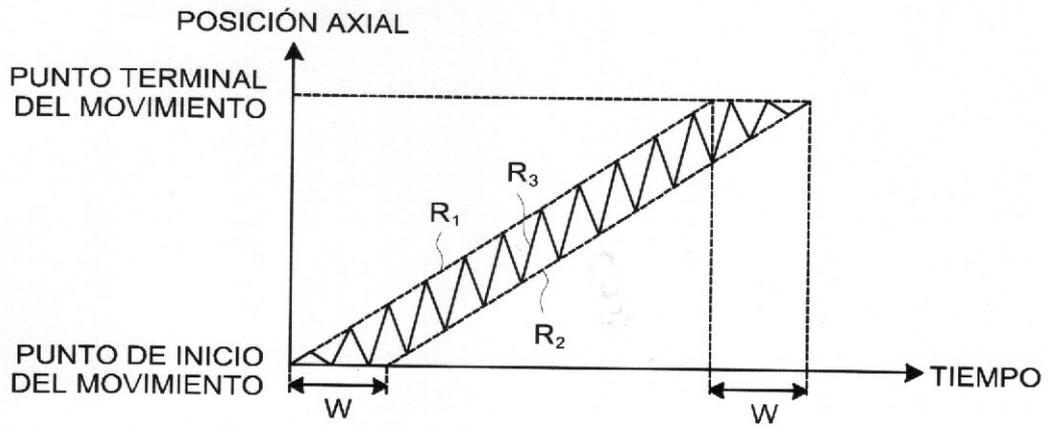


FIG.6

(a)

```
NO1 G0 X0,0;  
NO2 G165 P1;          (INICIO DE MODO DE CONTROL DE CORTE POR VIBRACIÓN)  
NO3 G99 G1 X10,0 F0,05; (COMANDO DE ALIMENTACIÓN DE CORTE 0,05 mm/r)  
NO4 X20,0 F0,10;     (COMANDO DE ALIMENTACIÓN DE CORTE 0,10 mm/r)  
NO5 G165 P0;        (FIN DEL MODO DE CONTROL DE CORTE POR VIBRACIÓN)  
:
```

432

(b)

VALOR ESTABLECIDO DE PARÁMETRO "RELACIÓN DE CORTE A ALIMENTACIÓN": 2,0

4311

FIG.7

N01 G0 X0,0;	(INICIO DE MODO DE CONTROL DE CORTE POR VIBRACIÓN Y RELACIÓN DE
N02 G165 P1 Q2,0;	AMPLITUD DE VIBRACIÓN A ALIMENTACIÓN: Q ARGUMENTO DESIGNADO)
N03 G99 G1 X10,0 F0,05;	(COMANDO DE ALIMENTACIÓN DE CORTE 0,05 mm/r)
N04 X20,0 F0,10;	(COMANDO DE ALIMENTACIÓN DE CORTE 0,10 mm/r)
N05 G165 P0;	(FIN DEL MODO DE CONTROL DE CORTE POR VIBRACIÓN)
...	

432

FIG. 8

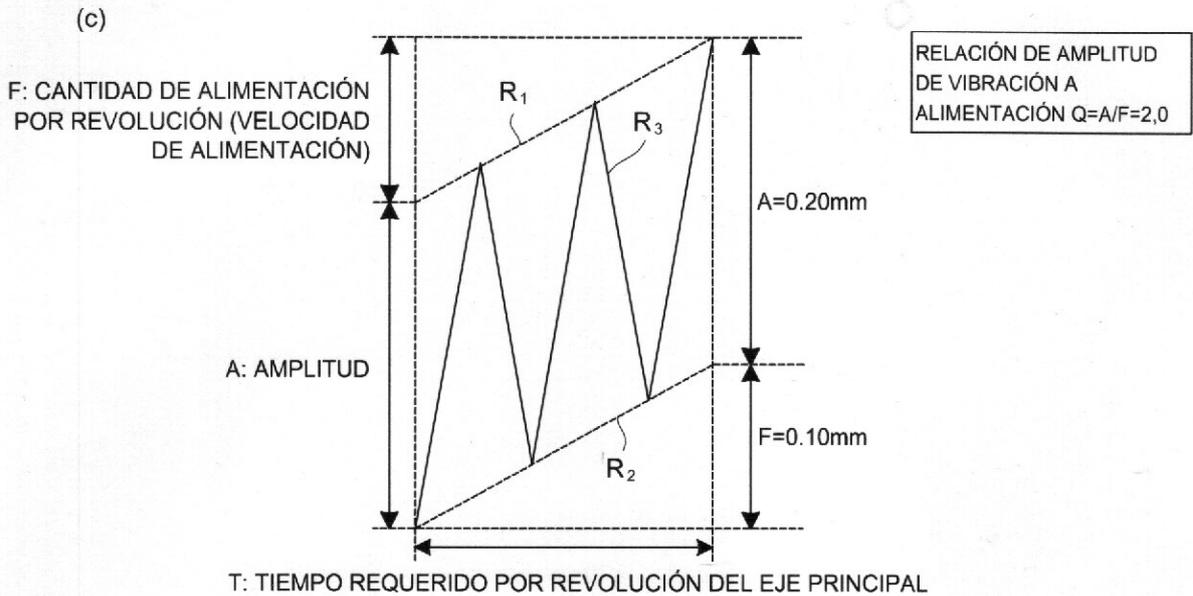
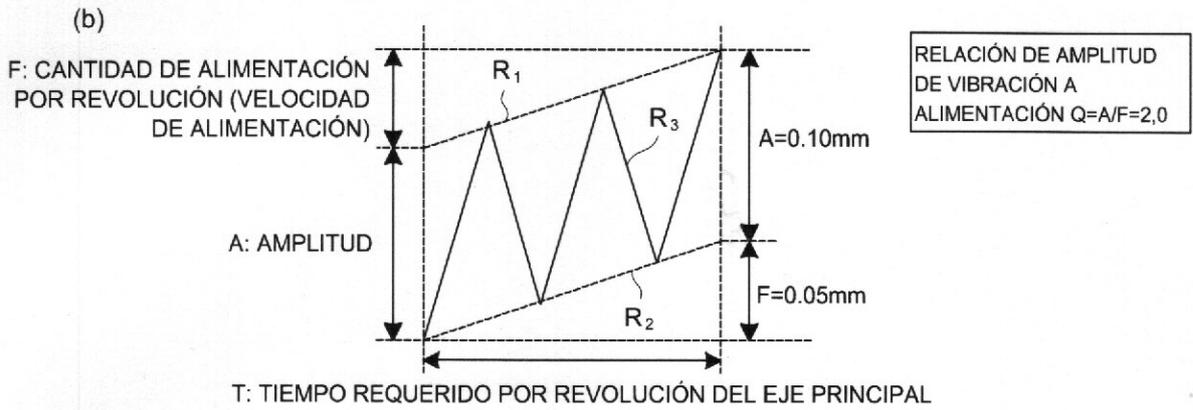
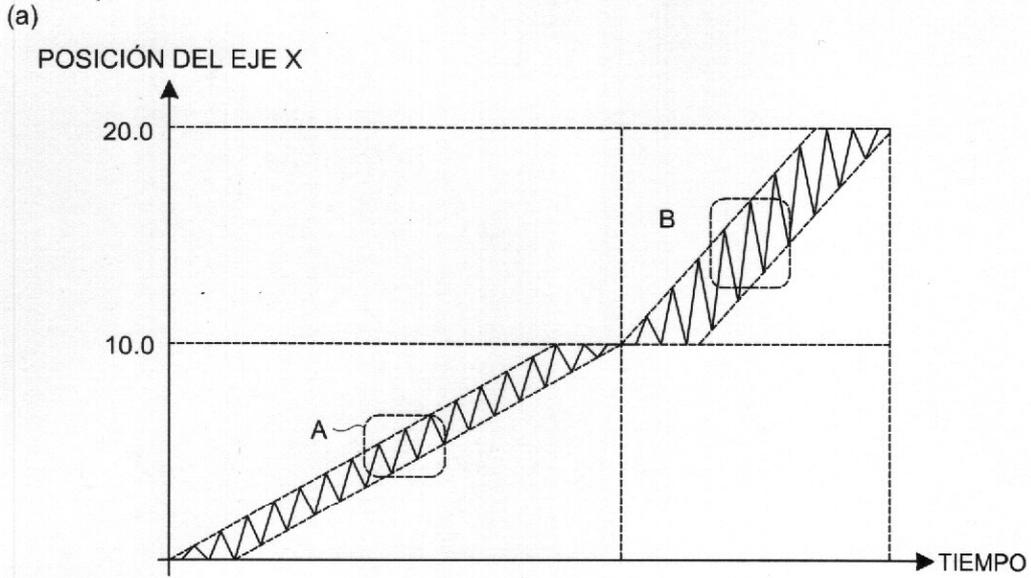


FIG. 9

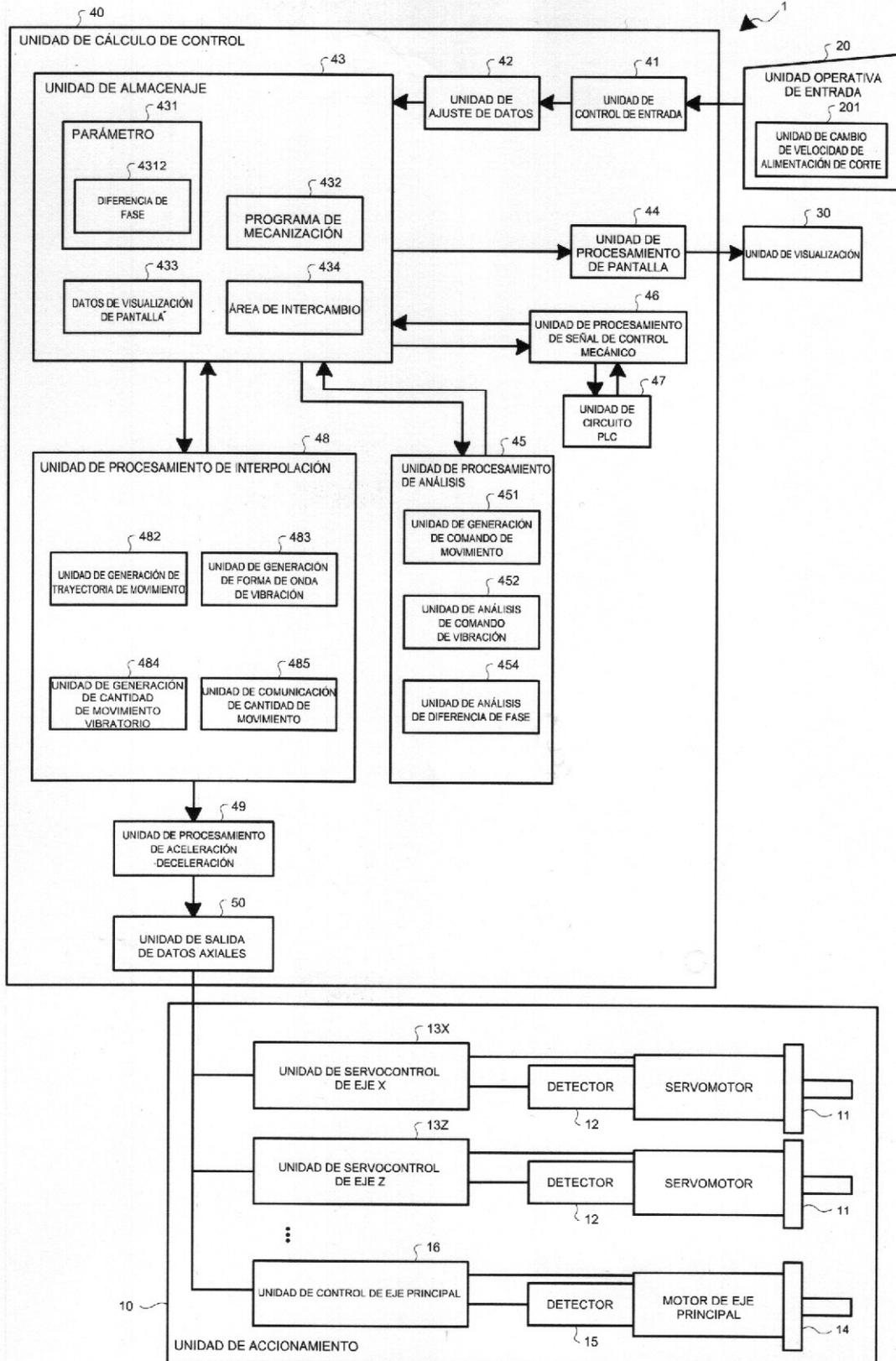


FIG.10

(a)

NO1 G0 X0,0;		
NO2 G165 P1;	(INICIO DE MODO DE CONTROL DE CORTE POR VIBRACIÓN)	432
NO3 G99 G1 X10,0 F0,05;	(COMANDO DE ALIMENTACIÓN DE CORTE 0,05 mm/r)	
NO4 X20,0 F0,10;	(COMANDO DE ALIMENTACIÓN DE CORTE 0,10 mm/r)	
NO5 G165 P0;	(FIN DEL MODO DE CONTROL DE CORTE POR VIBRACIÓN)	

(b)

VALOR ESTABLECIDO DE PARÁMETRO* DIFERENCIA DE FASE ENTRE POSICIONES DE MOVIMIENTO VIBRATORIO HACIA ADELANTE Y MOVIMIENTO VIBRATORIO HACIA ATRÁS: 2.0 (FACTOR DE MULTIPLICACIÓN CUANDO SE ESTABLECE QUE EL TIEMPO REQUERIDO POR REVOLUCIÓN DEL EJE PRINCIPAL SE DEFINE COMO 1)	4312
--	------

FIG.11

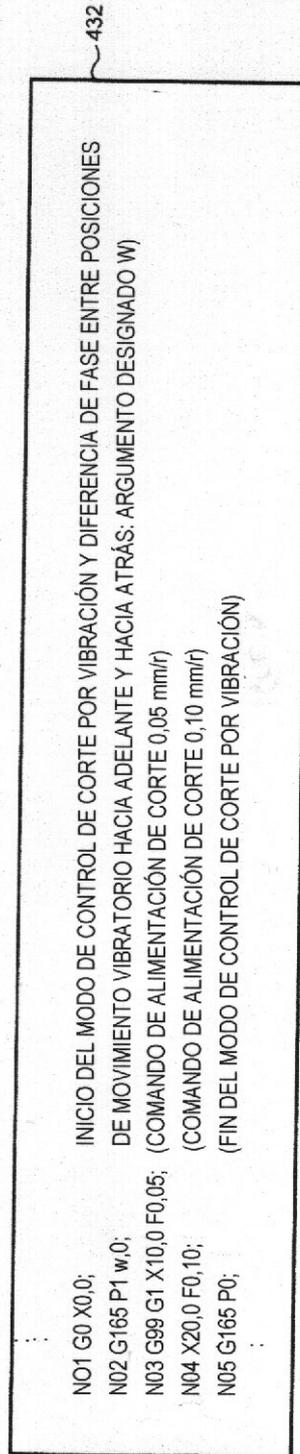


FIG. 12

