

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 724 984**

51 Int. Cl.:

**B23Q 15/007** (2006.01)

**G05B 19/19** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.03.2015 PCT/JP2015/058826**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **01.10.2015 WO15146946**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2015 E 15767986 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 3124173**

54 Título: **Dispositivo de control para una máquina herramienta y máquina herramienta provista de dicho dispositivo de control**

30 Prioridad:

**26.03.2014 JP 2014063602**

**26.03.2014 JP 2014063600**

**26.03.2014 JP 2014063601**

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

**18.09.2019**

73 Titular/es:

**CITIZEN WATCH CO., LTD. (50.0%)**

**1-12, Tanashicho 6-chome**

**Nishitokyo-shi, Tokyo 188-8511, JP y**

**CITIZEN MACHINERY CO., LTD. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**KITAKAZE, AYAKO;**

**MURAMATSU, MASAHIRO;**

**OYAMA, TOSHINARI y**

**SANNOMIYA, KAZUHIKO**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

ES 2 724 984 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 para una máquina herramienta y máquina herramienta provista de dicho dispositivo de control

### 5 [Campo técnico]

La presente invención se refiere a un dispositivo de control para una máquina herramienta que mecaniza una pieza de trabajo a la vez que segmenta secuencialmente las virutas generadas durante un trabajo de corte, y a una máquina herramienta que incluye el dispositivo de control.

10

### [Antecedentes de la técnica]

Se conoce una máquina herramienta convencional que incluye un medio de sujeción de la pieza de trabajo para sujetar una pieza de trabajo, un soporte de herramienta para sujetar una herramienta de corte para cortar la pieza de trabajo, un medio de alimentación para alimentar la herramienta de corte hacia la pieza de trabajo en una dirección de alimentación predeterminada moviendo relativamente el medio de sujeción de la pieza de trabajo y el soporte de la herramienta, un medio de vibración para hacer vibrar relativamente el medio de sujeción de la pieza de trabajo y el soporte de la herramienta para alimentar la herramienta de corte en la dirección de alimentación mientras vibra en vaivén lo largo de la dirección de alimentación, y un medio de rotación para hacer rotar relativamente la pieza de trabajo y la herramienta de corte (véase el documento de patente 1, por ejemplo).

15

20

Un dispositivo de control de esta máquina herramienta acciona y controla el medio de rotación, el medio de alimentación y el medio de vibración y hace que la máquina herramienta mecanice la pieza de trabajo a través de la rotación relativa de la pieza de trabajo y la herramienta de corte y a través de la alimentación de la herramienta de corte en la dirección de alimentación hacia la pieza de trabajo con la vibración en vaivén.

25

### [Lista de citas]

#### [Documentos de patente]

30

[Documento de patente 1] Patente japonesa n.º 5033929 (véase el párrafo 0049).

El documento US2009/107308 A1 divulga un método basado en control numérico computarizado (CNC) que conlleva superponer un oscilador en la dirección de alimentación sobre una trayectoria de la herramienta para crear un corte interrumpido y virutas rotas. Este incluye: acoplar una pieza de trabajo con una herramienta de corte en una dirección de alimentación a lo largo de una trayectoria de la herramienta, superponer una oscilación en la dirección de alimentación sobre la trayectoria de la herramienta y variar la oscilación superpuesta en la dirección de alimentación sobre la trayectoria de la herramienta de manera que se produzcan cortes interrumpidos y virutas de una longitud predeterminada o menor.

35

40

El documento US5911802 A describe un proceso de corte que usa una herramienta de corte vibratoria. La vibración de la herramienta de corte se controla según un periodo de rotación de una pieza de trabajo, un periodo de vibración de la herramienta de corte, el tiempo requerido para que el filo de corte se mueva desde la posición más lejana en la dirección de alimentación hasta la posición más lejana en la dirección opuesta, y el tiempo requerido para moverse desde la posición más lejana en la dirección opuesta a la dirección de alimentación hasta la siguiente posición más lejana en la dirección de alimentación.

45

### [Sumario de la invención]

#### [Problema técnico]

En la máquina herramienta convencional, el dispositivo de control puede ejecutar una instrucción de operación solamente en un periodo determinado.

50

De este modo, la frecuencia de vibración a la que vibran relativamente el medio de sujeción de la pieza de trabajo y el soporte de la herramienta está limitada a un valor específico que depende del periodo en el que el dispositivo de control puede ejecutar una instrucción de operación.

55

La máquina herramienta convencional, sin embargo, no tiene en cuenta la frecuencia de vibración. De este modo, se da el problema de que en ocasiones la vibración en vaivén no puede ejecutarse bajo una condición deseada por el usuario que se basa en un número de rotaciones de la rotación relativa y un número de vibraciones de la herramienta de corte hacia la pieza de trabajo por rotación de la pieza de trabajo.

60

Por lo tanto, el objeto de la presente invención, el cual se ha conseguido para abordar el problema anteriormente descrito de la técnica anterior, consiste en proporcionar un dispositivo de control para una máquina herramienta que permite que la máquina herramienta corte suavemente una pieza de trabajo a la vez que segmenta virutas alimentando una herramienta de corte en una dirección de alimentación mientras hace vibrar en vaivén la herramienta de corte a lo largo de la dirección de alimentación en función de una condición establecida por un usuario, y una máquina herramienta que incluya el dispositivo de control.

65

**[Solución al problema]**

La invención está definida por la reivindicación independiente 1. De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo de control para una máquina herramienta que se dispone en una máquina herramienta que tiene una herramienta de corte para cortar una pieza de trabajo, un medio de rotación para hacer rotar relativamente la herramienta de corte y la pieza de trabajo, un medio de alimentación para alimentar la herramienta de corte y la pieza de trabajo en una dirección de alimentación predeterminada y un medio de vibración para hacer vibrar en vaivén relativamente la herramienta de corte y la pieza de trabajo. El dispositivo de control tiene una sección de control para hacer que la máquina herramienta mecanice la pieza de trabajo a través de la rotación relativa de la herramienta de corte y la pieza de trabajo y a través de la alimentación de la herramienta de corte hacia la pieza de trabajo con la vibración en vaivén. El dispositivo de control incluye un medio de ajuste para utilizar como parámetros un número de rotaciones de la rotación relativa, un número de vibraciones de la vibración en vaivén por rotación de la rotación relativa y una frecuencia de vibración que depende de un periodo en el que el dispositivo de control puede ejecutar una instrucción de operación cuando se mecaniza la pieza de trabajo, y para ajustar valores de dos de los parámetros para la sección de control, en donde el número de rotaciones es inversamente proporcional al número de vibraciones siendo la frecuencia de vibración una constante, y un medio de corrección para ajustar el parámetro restante a un valor predeterminado en función de los valores de los dos parámetros ajustados por el medio de ajuste y corregir los valores de los dos parámetros ajustados por el medio de ajuste a valores predeterminados en función del valor del parámetro restante.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, el medio de vibración hace vibrar en vaivén relativamente la herramienta de corte y la pieza de trabajo a lo largo de la dirección de alimentación.

De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, el medio de vibración hace vibrar en vaivén relativamente la herramienta de corte y la pieza de trabajo para que una porción de la pieza de trabajo cortada con la herramienta de corte en el movimiento de avance de la vibración en vaivén se solape con una porción de la pieza de trabajo cortada con la herramienta de corte en el movimiento de retroceso de la vibración en vaivén.

De acuerdo con un cuarto aspecto de la presente invención, el medio de corrección ajusta el parámetro restante a un valor predeterminado y corrige los valores de los dos parámetros ajustados por el medio de ajuste para que número de rotaciones sea inversamente proporcional al número de vibraciones con una constante en función de la frecuencia de vibración.

De acuerdo con un quinto aspecto de la presente invención, los dos parámetros cuyos valores se ajustan mediante el medio de ajuste son el número de rotaciones y el número de vibraciones, y el medio de corrección determina la frecuencia de vibración en función de un valor calculado de acuerdo con el número de rotaciones y el número de vibraciones ajustados por el medio de ajuste y corrige el valor del número de rotaciones o el número de vibraciones ajustado por el medio de ajuste a un valor predeterminado en función de la frecuencia de vibración determinada por el medio de corrección.

De acuerdo con un sexto aspecto de la presente invención, el medio de corrección ajusta un intervalo admisible del número de vibraciones, calcula un valor del número de vibraciones en función del número de revoluciones ajustado por el medio de ajuste y la frecuencia de vibración determinada por el medio de corrección, corrige el valor calculado del número de vibraciones a un valor dentro del intervalo admisible y corrige el valor del número de vibraciones ajustado por el medio de ajuste al valor corregido.

De acuerdo con un séptimo aspecto de la presente invención, el medio de corrección calcula un valor del número de vibraciones en función del número de revoluciones ajustado por el medio de ajuste y la frecuencia de vibración determinada por el medio de corrección, corrige el valor del número de vibraciones ajustado por el medio de ajuste a un valor que se obtiene sumando 0,5 al número entero más cercano al valor calculado del número de vibraciones y corrige el valor del número de rotaciones ajustado por el medio de ajuste a un valor calculado a partir del valor corregido del número de vibraciones y la frecuencia de vibración determinada por el medio de corrección.

De acuerdo con un octavo aspecto de la presente invención, el dispositivo de control incluye un medio de control de la velocidad para ajustar la velocidad de movimiento del movimiento de avance de la vibración en vaivén de la herramienta de corte hacia la pieza de trabajo para que sea más lenta que la velocidad de movimiento del movimiento de retroceso de la vibración en vaivén de la herramienta de corte.

De acuerdo con un noveno aspecto de la presente invención, se determina de manera preliminar una amplitud de vibración predeterminada de la vibración en vaivén con la que puede ejecutarse la operación de mecanizado de la pieza de trabajo, el dispositivo de control comprende un medio de control de la amplitud para controlar la vibración en vaivén para que la amplitud de la vibración en vaivén aumente gradualmente hasta la amplitud de vibración predeterminada al comienzo de la operación de mecanizado, y el medio de control de la amplitud ajusta la amplitud de la vibración en vaivén en función de una relación de la amplitud respecto a la amplitud de vibración predeterminada, calculándose la relación elevando a una potencia de un número predeterminado una relación de un tiempo transcurrido respecto a un periodo de tiempo necesario para alcanzar la amplitud de vibración predeterminada.

De acuerdo con un décimo aspecto de la presente invención, se proporciona una máquina herramienta que incluye el dispositivo de control de acuerdo con uno cualquiera de los aspectos primero a noveno de la presente invención.

De acuerdo con un undécimo aspecto de la presente invención, la máquina herramienta incluye un mecanismo de movimiento del husillo para mover un husillo que sujeta la pieza de trabajo en una dirección axial y un mecanismo de movimiento del soporte de la herramienta para mover hacia el husillo un soporte de la herramienta que sujeta la herramienta de corte, y el medio de alimentación incluye el mecanismo de movimiento del husillo y el mecanismo de movimiento del soporte de la herramienta y alimenta la herramienta de corte hacia la pieza de trabajo a través de la cooperación del mecanismo de movimiento del husillo y el mecanismo de movimiento del soporte de la herramienta.

De acuerdo con un duodécimo aspecto de la presente invención, un husillo que sujeta la pieza de trabajo está fijo en la máquina herramienta, la máquina herramienta incluye un mecanismo de movimiento del soporte de la herramienta para mover un soporte de la herramienta que sujeta la herramienta de corte en múltiples direcciones, y el medio de alimentación incluye el mecanismo de movimiento del soporte de la herramienta y alimenta la herramienta de corte hacia la pieza de trabajo moviendo el soporte de la herramienta en una dirección de alimentación hacia el husillo posicionado en la dirección de alimentación.

De acuerdo con un decimotercer aspecto de la presente invención, un soporte de la herramienta está fijo en la máquina herramienta, la máquina herramienta incluye un mecanismo de movimiento del husillo para mover un husillo que sujeta la pieza de trabajo en múltiples direcciones, y el medio de alimentación incluye el mecanismo de movimiento del husillo y alimenta la herramienta de corte hacia la pieza de trabajo moviendo el husillo en una dirección de alimentación hacia el soporte de la herramienta posicionado en la dirección de alimentación.

**[Efectos ventajosos de la invención]**

El dispositivo de control para una máquina herramienta de acuerdo con los aspectos de la presente invención puede corregir, mediante el medio de corrección, un valor de un parámetro ajustado por el medio de ajuste a un valor aproximado del valor del parámetro. En consecuencia, el dispositivo de control puede hacer que una máquina herramienta mecanice una pieza de trabajo suavemente a la vez que segmenta virutas alimentando una herramienta de corte en la dirección de alimentación mientras hace vibrar en vaivén la herramienta de corte a lo largo de la dirección de alimentación bajo una condición que es relativamente cercana a una condición ajustada por el medio de ajuste.

Esto posibilita el mecanizado de la pieza de trabajo bajo una condición que es relativamente cercana a una condición que se basa en un valor de un parámetro pretendido por un usuario.

Debido a que el dispositivo de control para una máquina herramienta de acuerdo con un aspecto de la presente invención incluye el medio de control de la velocidad para ajustar la velocidad de movimiento del movimiento de avance de la vibración en vaivén de la herramienta de corte hacia la pieza de trabajo para que sea más lenta que la velocidad de movimiento del movimiento de retroceso de la vibración en vaivén, puede mitigarse una carga o un impacto que actúa sobre la herramienta de corte cuando la herramienta de corte corta la pieza de trabajo haciendo más lenta la velocidad de movimiento del movimiento de avance de la vibración en vaivén que la del movimiento de retroceso de la vibración en vaivén. Como resultado, puede impedirse el acortamiento de la vida útil de la herramienta de corte, por ejemplo.

De acuerdo con el dispositivo de control para una máquina herramienta de un aspecto de la presente invención, se determina de manera preliminar una amplitud de vibración predeterminada de la vibración en vaivén con la que puede ejecutarse la operación de mecanizado de la pieza de trabajo, el dispositivo de control comprende un medio de control de la amplitud para controlar la vibración en vaivén para que la amplitud de la vibración en vaivén aumente gradualmente hasta la amplitud de vibración predeterminada al comienzo de la operación de mecanizado, y el medio de control de la amplitud ajusta la amplitud de la vibración en vaivén en función de una relación de la amplitud respecto a la amplitud de vibración predeterminada, calculándose la relación elevando a una potencia de un número predeterminado una relación de un tiempo transcurrido respecto a un periodo de tiempo necesario para alcanzar la amplitud de vibración predeterminada. De este modo, puede crearse fácilmente un programa de control para aumentar gradualmente la amplitud de la vibración en vaivén de la herramienta de corte escribiendo simplemente una fórmula  $y = x^k$ .

También, la máquina herramienta de acuerdo con un aspecto de la presente invención puede cortar una pieza de trabajo suavemente a la vez que segmenta virutas gracias al dispositivo de control anteriormente descrito para una máquina herramienta.

**[Breve descripción de los dibujos]**

[Figura 1] La Figura 1 es un diagrama que ilustra esquemáticamente una máquina herramienta de una primera realización de la presente invención.

[Figura 2] La Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra la relación entre una herramienta de corte y una pieza de trabajo en la primera realización de la presente invención.

[Figura 3] La Figura 3 es un diagrama que ilustra la vibración en vaivén y una posición de la herramienta de corte en la primera realización de la presente invención.

[Figura 4] La Figura 4 es un diagrama que ilustra la relación entre la  $n$ -ésima rotación, la  $n+1$ -ésima rotación y la  $n+2$ -ésima rotación de un husillo en la primera realización de la presente invención.

5 [Figura 5] La Figura 5 es un diagrama que ilustra la relación entre un periodo de instrucción y una frecuencia de vibración en la primera realización de la presente invención.

[Figura 6] La Figura 6 es un diagrama que ilustra una relación entre un número de vibraciones, un número de rotaciones y una frecuencia de vibración en la primera realización de la presente invención.

10 [Figura 7] La Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra cómo determina una sección de control un argumento en la primera realización de la presente invención.

[Figura 8] La Figura 8 es un diagrama que ilustra la vibración en vaivén y una posición de la herramienta de corte en una segunda realización de la presente invención.

[Figura 9] La Figura 9 es un diagrama que ilustra la relación entre la  $n$ -ésima rotación, la  $n+1$ -ésima rotación y la  $n+2$ -ésima rotación de un husillo en la segunda realización de la presente invención.

15 [Figura 10A] La Figura 10A es un diagrama que ilustra una relación de amplitud expresada en una fórmula  $y = x^k$  en una tercera realización.

[Figura 10B] La Figura 10B es un diagrama que ilustra una relación de amplitud expresada en una fórmula  $y = x^k$  en la tercera realización.

20 [Figura 10C] La Figura 10C es un diagrama que ilustra una relación de amplitud expresada en una fórmula  $y = x^k$  en la tercera realización.

**[Descripción de realizaciones]**

25 Una realización de la presente invención no está restringida a ninguna forma particular, siempre y cuando la realización se refiera a un dispositivo de control para una máquina herramienta que se proporciona en una máquina herramienta que tiene una herramienta de corte para cortar una pieza de trabajo, un medio de rotación para hacer rotar relativamente la herramienta de corte y la pieza de trabajo, un medio de alimentación para alimentar la herramienta de corte y la pieza de trabajo en una dirección de alimentación predeterminada, y un medio de vibración para hacer vibrar en vaivén relativamente la herramienta de corte y la pieza de trabajo, teniendo el dispositivo de control una sección de control para hacer que la máquina herramienta mecanice la pieza de trabajo a través de la rotación relativa de la herramienta de corte y la pieza de trabajo y a través de la alimentación de la herramienta de corte hacia la pieza de trabajo con la vibración en vaivén, en donde el dispositivo de control comprende: un medio de ajuste para utilizar como parámetros un número de rotaciones de la rotación relativa, un número de vibraciones de la vibración en vaivén por rotación de la rotación relativa y una frecuencia de vibración que depende de un periodo en el que el dispositivo de control puede ejecutar una instrucción de operación cuando se mecaniza la pieza de trabajo, y para ajustar valores de dos de los parámetros para la sección de control, y un medio de corrección para ajustar el parámetro restante a un valor predeterminado y corregir los valores de los dos parámetros ajustados por el medio de ajuste a valores predeterminados en función del valor del parámetro restante, para que el dispositivo de control pueda corregir, mediante el medio de corrección, los valores de los parámetros ajustados por el medio de ajuste y, de este modo, puede hacer que la máquina herramienta mecanice la pieza de trabajo suavemente a la vez que segmenta virutas alimentando la herramienta de corte en la dirección de alimentación mientras hace vibrar en vaivén la herramienta de corte a lo largo de la dirección de alimentación bajo una condición que es relativamente cercana a una condición ajustada por el medio de ajuste.

45 **[Primera realización]**

La Figura 1 es un diagrama que ilustra esquemáticamente una máquina herramienta 100 que incluye un dispositivo de control C de una primera realización de la presente invención.

50 La máquina herramienta 100 incluye un husillo 110 y un soporte 130A de la herramienta de corte.

Un mandril 120 se proporciona en un extremo delantero del husillo 110.

Una pieza de trabajo W se sujeta mediante el husillo 110 a través del mandril 120, y el husillo 110 está configurado como un medio de sujeción de la pieza de trabajo para sujetar una pieza de trabajo.

El husillo 110 está soportado por un cabezal 110A del husillo para ser accionado de manera rotatoria por un motor del husillo, que no aparece ilustrado.

55 Como motor del husillo en el cabezal 110A del husillo, puede concebirse, por ejemplo, un motor incorporado – conocido convencionalmente – formado entre el cabezal 110A del husillo y el husillo 110.

60 El cabezal 110A del husillo se monta en un lado de una bancada de la máquina herramienta 100 para poder moverse en una dirección del eje Z, que es una dirección axial del husillo 110, mediante un mecanismo de alimentación 160 en la dirección del eje Z.

El husillo 110 se mueve en la dirección del eje Z mediante el mecanismo de alimentación 160 en la dirección del eje Z a través del cabezal 110A del husillo.

El mecanismo de alimentación 160 en la dirección del eje Z constituye un mecanismo de movimiento del husillo para mover el husillo 110 en la dirección del eje Z.

65 El mecanismo de alimentación 160 en la dirección del eje Z incluye una base 161, que está integrada en un lado estacionario del mecanismo de alimentación 160 en la dirección del eje Z que incluye la bancada, y un riel de guía

162 en la dirección del eje Z proporcionado sobre la base 161 y que se extiende en la dirección del eje Z.  
El riel de guía 162 en la dirección del eje Z soporta de manera deslizante una mesa de alimentación 163 en la dirección del eje Z a través de una guía 164 en la dirección del eje Z.

5 Un elemento motriz 165a de un servomotor lineal 165 se proporciona en un lado de la mesa de alimentación 163 en la dirección del eje Z, y un estátor 165b del servomotor lineal 165 se proporciona en un lado de la base 161.

El cabezal 110A del husillo se monta en la mesa de alimentación 163 en la dirección del eje Z, y la mesa de alimentación 163 en la dirección del eje Z se mueve por el servomotor lineal 165 en la dirección del eje Z.

10 Debido al movimiento de la mesa de alimentación 163 en la dirección del eje Z, el cabezal 110A del husillo se mueve en la dirección del eje Z, posibilitando el movimiento del husillo 110 en la dirección del eje Z.

Una herramienta de corte 130 tal como una broca de herramienta para cortar la pieza de trabajo W se une al soporte 130A de la herramienta de corte.

15 El soporte 130A de la herramienta de corte constituye un soporte de la herramienta que sujeta una herramienta de corte.

El soporte 130A de la herramienta de corte se proporciona en el lado de la bancada de la máquina herramienta 100 para poder moverse en una dirección del eje X, que es ortogonal a la dirección del eje Z, y en una dirección Y, que es ortogonal a la dirección del eje Z y a la dirección del eje X, gracias a un mecanismo de alimentación 150 en la dirección del eje X y a un mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y, que no aparece ilustrado.

20 El mecanismo de alimentación 150 en la dirección del eje X y el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y constituyen un mecanismo de movimiento del soporte de la herramienta para mover el soporte 130A de la herramienta de corte en la dirección del eje X y en la dirección del eje Y hacia el husillo 110.

25 El mecanismo de alimentación 150 en la dirección del eje X incluye una base 151, que está integrada en un lado estacionario del mecanismo de alimentación 150 en la dirección del eje X, y un riel de guía 152 en la dirección del eje X proporcionado en la base 151 y que se extiende en la dirección del eje X.

El riel de guía 152 en la dirección del eje X soporta de manera deslizante una mesa de alimentación 153 en la dirección del eje X a través de una guía 154 en la dirección del eje X.

30 Un elemento motriz 155a de un servomotor lineal 155 se proporciona en un lado de la mesa de alimentación 153 en la dirección del eje X, y un estátor 155b del servomotor lineal 155 se proporciona en un lado de la base 151.

La mesa de alimentación 153 en la dirección del eje X se mueve por el servomotor lineal 155 en la dirección del eje X.

35 El mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y tiene la misma configuración que el mecanismo de alimentación 150 en la dirección del eje X salvo por que se dispone en la dirección del eje Y y, por tanto, no se ilustra ni se describe en detalle en el presente documento.

40 En la Figura 1, el mecanismo de alimentación 150 en la dirección del eje X se monta en el lado de la bancada a través del mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y, que no se ilustra, y el soporte 130A de la herramienta de corte se monta en la mesa de alimentación 153 en la dirección del eje X.

El soporte 130A de la herramienta de corte se mueve en la dirección del eje X por la mesa de alimentación 153 en la dirección del eje X y se mueve en la dirección del eje Y por el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y, que opera en la dirección del eje Y de una manera similar al mecanismo de alimentación 150 en la dirección del eje X.

45 Como alternativa, el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y, no ilustrado en el presente documento, puede montarse en el lado de la bancada a través del mecanismo de alimentación 150 en la dirección del eje X, y el soporte 130A de la herramienta de corte puede montarse en un lado del mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y. La configuración para mover el soporte 130A de la herramienta de corte en la dirección del eje X y en la dirección del eje Y a través del mecanismo de alimentación 150 en la dirección del eje X y el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y es conocido convencionalmente y, por tanto, no se describe ni se ilustra en detalle en el presente documento.

55 El mecanismo de movimiento del soporte de la herramienta (el mecanismo de alimentación 150 en la dirección del eje X y el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y) y el mecanismo de movimiento del husillo (el mecanismo de alimentación 160 en la dirección del eje Z) cooperan para alimentar la herramienta de corte 130 unida al soporte 130A de la herramienta de corte en cualquier dirección de alimentación con respecto a la pieza de trabajo W a través del movimiento del soporte 130 de la herramienta de corte en la dirección del eje X y en la dirección del eje Y por el mecanismo de alimentación 150 en la dirección del eje X y el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y y a través del movimiento del cabezal 110A del husillo (el husillo 110) en la dirección del eje Z por el mecanismo de alimentación 160 en la dirección del eje Z.

65 Debido a la alimentación de la herramienta de corte 130 en cualquier dirección de alimentación con respecto a la pieza de trabajo W mediante un medio de alimentación que incluye el mecanismo de movimiento del husillo (el mecanismo de alimentación 160 en la dirección del eje Z) y el mecanismo de movimiento del soporte de la herramienta (el mecanismo de alimentación 150 en la dirección del eje X y el mecanismo de alimentación en la

dirección del eje Y), la pieza de trabajo W se corta en cualquier forma mediante la herramienta de corte 130, tal y como se ilustra en la Figura 2.

5 En la presente realización, tanto el cabezal 110A del husillo como el soporte 130A de la herramienta de corte están configurados para poder moverse. Como alternativa, el cabezal 110A del husillo puede fijarse de manera inmóvil en el lado de la bancada de la máquina herramienta 100, y el mecanismo de movimiento del soporte de la herramienta puede estar configurado para mover el soporte 130A de la herramienta de corte en la dirección del eje X, en la dirección del eje Y y en la dirección del eje Z.

10 En este caso, el medio de alimentación incluye un mecanismo de movimiento del soporte de la herramienta que mueve el soporte 130A de la herramienta de corte en la dirección del eje X, en la dirección del eje Y y en la dirección del eje Z. Al mover el soporte 130A de la herramienta de corte con respecto al husillo 110 rotado en una posición fija, la herramienta de corte 130 puede alimentarse hacia la pieza de trabajo W.

15 Como alternativa, el soporte 130A de la herramienta de corte puede fijarse de manera inmóvil en el lado de la bancada de la máquina herramienta 100, y el mecanismo de movimiento del husillo puede estar configurado para mover el cabezal 110A del husillo en la dirección del eje X, en la dirección del eje Y y en la dirección del eje Z.

20 En este caso, el medio de alimentación incluye un mecanismo de movimiento del cabezal del husillo que mueve el cabezal 110A del husillo en la dirección del eje X, en la dirección del eje Y y en la dirección del eje Z. Al mover el cabezal 110A del husillo con respecto al soporte 130A de la herramienta de corte situado en una posición fija, la herramienta de corte 130 puede alimentarse hacia la pieza de trabajo W.

25 Aunque en la presente realización el mecanismo de alimentación 150 en la dirección del eje X, el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y y el mecanismo de alimentación 160 en la dirección del eje Z están configurados para moverse por un servomotor lineal, estos pueden moverse por un husillo de bolas convencional y un servomotor.

En la presente realización, el motor del husillo tal como el motor incorporado constituye un medio de rotación para hacer rotar relativamente la pieza de trabajo W y la herramienta de corte 130, y la rotación relativa de la pieza de trabajo W y la herramienta de corte 130 se consigue mediante la rotación del husillo 110.

30 En la presente realización, la pieza de trabajo W se hace rotar con respecto a la herramienta de corte 130. Como alternativa, la herramienta de corte 130 puede hacerse rotar con respecto a la pieza de trabajo W.

En este caso, una herramienta rotatoria tal como un torno puede usarse como herramienta de corte 130.

El husillo 110, el mecanismo de alimentación 160 en la dirección del eje Z, el mecanismo de alimentación 150 en la dirección del eje X y el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y son accionados y controlados por una sección de control C1 del dispositivo de control C.

35 La sección de control C1 se configura de manera preliminar para controlar de manera que el cabezal 110A del husillo o el soporte 130A de la herramienta de corte se mueva en cada dirección de movimiento mientras que vibra en vaivén a lo largo de cada dirección de movimiento utilizando cada mecanismo de alimentación como medio de vibración.

40 Debido al control mediante la sección de control C1, cada mecanismo de alimentación mueve el husillo 110 o el soporte 130A de la herramienta de corte hacia delante (movimiento de avance) por una cantidad predeterminada de movimiento de avance y después lo mueve hacia atrás (movimiento de retroceso) por una cantidad determinada de movimiento de retroceso en una vibración en vaivén, para que el husillo 110 o el soporte 130A de la herramienta de corte se mueva hacia delante por una cantidad de progresión, que es la diferencia entre la cantidad de movimiento de avance y la cantidad de movimiento de retroceso, en cada dirección de movimiento, tal y como se ilustra en la Figura 3. De esta manera, los mecanismos de alimentación alimentan cooperativamente la herramienta de corte 130 hacia la pieza de trabajo W en la dirección de alimentación.

50 La máquina herramienta 100 mecaniza la pieza de trabajo W moviendo la herramienta de corte 130 en la dirección de alimentación mientras hace vibrar en vaivén la herramienta de corte 130 a lo largo de la dirección de alimentación mediante el mecanismo de alimentación 160 en la dirección del eje Z, el mecanismo de alimentación 150 en la dirección del eje X y el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y una cantidad de alimentación, que es el total de la cantidad de progresión mientras que el husillo rota una rotación, o mientras una fase del husillo cambia de 0 a 360 grados.

55 Cuando la pieza de trabajo W se corta en una forma predeterminada con la herramienta de corte 130 moviendo el cabezal 110A del husillo (husillo 110) o el soporte 130A de la herramienta de corte (herramienta de corte 130) que están vibrando en vaivén mientras que la pieza de trabajo W está rotando, una superficie periférica de la pieza de trabajo W se corta de manera sinusoidal, tal y como se ilustra en la Figura 4.

60 Una línea virtual (indicada con una línea de punto y raya) que conecta los valles de la forma de onda sinusoidal indica la cantidad de alimentación mientras la fase del husillo cambia de 0 a 360 grados.

La Figura 4 ilustra un ejemplo en el que un número de vibraciones N del cabezal 110A del husillo (husillo 110) o el soporte 130A de la herramienta de corte por rotación de la pieza de trabajo W es 3,5 (N = 3,5).

65 En este caso, la fase de la superficie periférica de la pieza de trabajo W que se corta con la herramienta de corte 130 en la  $n+1$ -ésima rotación ( $n$  es igual a o mayor que 1) del husillo 110 está desplazada con respecto a la fase de la

superficie periférica de la pieza de trabajo W que se corta con la herramienta de corte 130 en la  $n$ -ésima rotación del husillo 110 en una dirección que indica la fase del husillo (la dirección del eje horizontal del gráfico).

De este modo, las posiciones de los puntos más superficiales de los valles de la fase en la  $n+1$ -ésima rotación (los picos de las crestas de la forma de onda ilustrada con una línea de puntos en el gráfico, indicando los picos los puntos de corte más profundos en la dirección de alimentación de la herramienta de corte 130) están desplazadas con respecto a las posiciones de los puntos más superficiales de los valles de la fase en la  $n$ -ésima rotación (los picos de las crestas de la forma de onda ilustrada con una línea continua en el gráfico) en la dirección que indica la fase del husillo.

De este modo, una porción de la pieza de trabajo W que se corta con la herramienta de corte 130 en el movimiento de avance de la vibración en vaivén se solapa parcialmente con una porción de la pieza de trabajo W que se corta con la herramienta de corte 130 en el movimiento de retroceso de la vibración en vaivén. En otras palabras, una porción de la superficie periférica de la pieza de trabajo W que se corta con la herramienta de corte 130 en la  $n+1$ -ésima rotación de la pieza de trabajo W incluye una porción de la superficie periférica de la pieza de trabajo W que se ha cortado en la  $n$ -ésima rotación de la pieza de trabajo W. En la porción de solapamiento, la herramienta de trabajo 130 realiza un "corte en el aire", en el que la herramienta de corte 130 no corta ninguna parte de la pieza de trabajo W.

Debido al corte en el aire, las virutas generadas durante un trabajo de corte de la pieza de trabajo W son segmentadas secuencialmente.

De este modo, la máquina herramienta 100 puede cortar la pieza de trabajo W suavemente a la vez que segmenta virutas mediante la vibración en vaivén de la herramienta de corte 130 a lo largo de la dirección de alimentación.

Con el fin de segmentar las virutas mediante la vibración en vaivén de la herramienta de corte 130, es suficiente con que una porción de la superficie periférica de la pieza de trabajo W que se corta en la  $n+1$ -ésima rotación incluya una porción de la superficie periférica de la pieza de trabajo W que ya ha sido cortada en la  $n$ -ésima rotación.

En otras palabras, es suficiente con que la trayectoria de la herramienta de corte en el movimiento de retroceso sobre la superficie periférica de la pieza de trabajo en la rotación  $n+1$  alcance la trayectoria de la herramienta de corte sobre la superficie periférica de la pieza de trabajo en la  $n$ -ésima rotación.

La fase de la forma de la pieza de trabajo W cortada con la herramienta de trabajo 130 en la  $n+1$ -ésima rotación no tiene que invertirse 180 grados con respecto a la fase de la forma de la pieza de trabajo W en la  $n$ -ésima rotación, siempre y cuando estas fases no coincidan (no se sincronicen) entre sí.

El número de vibraciones N puede ser 1,1, 1,25, 2,6 o 3,75, por ejemplo.

También, la vibración puede configurarse para ejecutarse menos de una vez por rotación de la pieza de trabajo W (es decir,  $0 < N < 1,0$ ).

En este caso, el husillo 110 rota más de una rotación por vibración.

El número de vibraciones N también se puede ajustar como un número de rotaciones del husillo 110 por vibración.

En la máquina herramienta 100, la sección de control C1 ejecuta una instrucción de operación en un periodo de instrucción predeterminado.

La vibración en vaivén del cabezal 110A del husillo (husillo 110) o el soporte 130A de la herramienta de corte (herramienta de corte 130) puede ejecutarse en una frecuencia predeterminada en función del periodo de instrucción.

Por ejemplo, en el caso de la máquina herramienta 100 que puede enviar 250 instrucciones por segundo por la sección de control C1, una instrucción de operación por la sección de control C1 se ejecuta en un periodo de  $1/250 = 4$  milisegundos (periodo base).

El periodo de instrucción se determina en función del periodo base, y suele ser un número entero múltiplo del periodo base.

La vibración en vaivén puede ejecutarse en una frecuencia de acuerdo con el periodo de instrucción.

Tal y como se ilustra en la Figura 5, póngase que el periodo de instrucción es de 16 (ms), que es cuatro veces el múltiplo del periodo base (4 (ms)), por ejemplo. Entonces, el movimiento de avance y de retroceso de la vibración en vaivén se produce cada 16 milisegundos, y el cabezal 110A del husillo (husillo 110) o el soporte 130A de la herramienta de corte (herramienta de corte 130) puede vibrar en vaivén en una frecuencia de  $1 / (0,004 \times 4) = 62,5$  (Hz).

El cabezal 110A del husillo (husillo 110) o el soporte 130A de la herramienta de corte (herramienta de corte 130) puede vibrar en vaivén solamente en una de una pluralidad de otras frecuencias esporádicas predeterminadas, tales como  $1 / (0,004 \times 5) = 50$  (Hz),  $1 / (0,004 \times 6) = 41,666$  (Hz),  $1 / (0,004 \times 7) = 35,714$  (Hz) y  $1 / (0,004 \times 8) = 31,25$  (Hz), por ejemplo.

La frecuencia de la vibración en vaivén (frecuencia de vibración) f (Hz) del cabezal 110A del husillo (husillo 110) o del soporte 130A de la herramienta de corte (herramienta de corte 130) se ajusta a una de las frecuencias anteriores.

Cabe destacar que, según el dispositivo de control C (sección de control C1), el periodo de instrucción puede ajustarse a un múltiplo distinto de un número entero múltiplo del periodo base (4 ms).

En este caso, la frecuencia de vibración puede ajustarse a una frecuencia de acuerdo con ese periodo de instrucción.

5 Cuando el cabezal 110A del husillo (husillo 110) o el soporte 130A de la herramienta de corte (herramienta de corte 130) vibra en vaivén y el número de rotaciones del husillo 110 es S (r/min), el número de vibraciones N se calcula como  $N = f \times 60 / S$ .

Tal y como se ilustra en la Figura 6, el número de rotaciones S es inversamente proporcional al número de vibraciones N, siendo la frecuencia de vibración f una constante.

10 El husillo 110 puede rotar más rápido a medida que la frecuencia de vibración f se vuelve mayor o el número de vibraciones N se vuelve menor.

15 La máquina herramienta 100 de la presente realización se configura de manera que el número de rotaciones S, el número de vibraciones N y la frecuencia de vibración f se utilicen como parámetros y que un usuario pueda ajustar dos de los tres parámetros para la sección de control C1 a través de una sección C2 de ajuste del valor numérico o similar.

20 El número de rotaciones S, el número de vibraciones N o la frecuencia de vibración f pueden ajustarse a la sección de control C1 introduciendo un valor del número de rotaciones S, del número de vibraciones N o de la frecuencia de vibración f en la sección de control C1 como un valor de parámetro. Como alternativa, un valor del número de rotaciones S, del número de vibraciones N o de la frecuencia de vibración f puede ajustarse escribiendo un valor en un programa de mecanizado, o el número de vibraciones N y/o la frecuencia de vibración f pueden ajustarse en un bloque de programa (una línea de un programa) como argumento, por ejemplo.

25 En particular, si el medio de ajuste está configurado para que el número de vibraciones N y/o la frecuencia de vibración f puedan ajustarse en un bloque de programa de un programa de mecanizado como argumento, un usuario puede ajustar fácilmente dos cualesquiera del número de rotación S, el número de vibraciones N y la frecuencia de vibración f desde el programa de mecanizado a través del número de rotaciones S del husillo 110, que suele escribirse en el programa de mecanizado, y el número de vibraciones N y/o la frecuencia de vibración f, que se escribe(n) como argumento en el bloque de programa.

30 El ajuste a través del medio de ajuste puede ejecutarse a través de un programa o por parte de un usuario a través de la sección C2 de ajuste del valor numérico.

35 Como alternativa, el medio de ajuste puede estar configurado de manera que una velocidad periférica y un diámetro de la pieza de trabajo puedan ajustarse e introducirse a través de un programa de mecanizado o similar para que el número de rotaciones S pueda calcularse y ajustarse en función de la velocidad periférica y el diámetro de la pieza de trabajo.

40 Al configurar el medio de ajuste para calcular el número de rotaciones S en función de la velocidad periférica y el diámetro de la pieza de trabajo que se ajustan e introducen a través de un programa de mecanizado o similar, el número de rotaciones S puede ajustarse fácilmente en función de la velocidad periférica determinada de acuerdo con el material de la pieza de trabajo W o el tipo, la forma o el material de la herramienta de corte 130 sin que un usuario se dé cuenta.

45 Basándose en dos cualesquiera del número de rotaciones S, el número de vibraciones N y la frecuencia de vibración f que se han ajustado, la sección de control C1 hace rotar el husillo 110 al número de rotaciones S y mueve el husillo 110A o el soporte 130A de la herramienta de corte mientras hace vibrar en vaivén el husillo 110A o el soporte 130A de la herramienta de corte para alimentar la herramienta de corte 130 en la dirección de alimentación mientras vibra en vaivén a lo largo de la dirección de alimentación al número de vibraciones N.

50 Sin embargo, debido a que el número de rotaciones S y el número de vibraciones N dependen de la frecuencia de vibración f tal y como se ha descrito anteriormente, la sección de control C1 incluye un medio de corrección para corregir dos cualesquiera del número de rotaciones S, el número de vibraciones N y la frecuencia de vibración f que se han ajustado en función de un grupo f, que es un conjunto de valores de la frecuencia de vibración f determinados de acuerdo con un valor del periodo de instrucción. La corrección se ejecuta ajustando un valor de un parámetro que no ha sido ajustado a un valor predeterminado en función de valores ajustados a los dos parámetros y corrigiendo los valores de los dos parámetros a valores predeterminados en función del valor ajustado a un parámetro.

55 Cabe destacar que el medio de corrección puede no realizar la corrección si los valores ajustados a los dos parámetros no requieren la corrección eventualmente.

60 Tal y como se ilustra en la Figura 7, cuando la sección de control C1 funciona como el medio de corrección, la sección de control C1 determina, en la etapa S1, si los ajustes por parte de un usuario a través de la sección C2 de ajuste del valor numérico o similar son coherentes.

Por ejemplo, si se ajustan todos o se ajusta solamente uno del número de rotaciones S, el número de vibraciones N y la frecuencia de vibración f, en vez de dos cualesquiera de estos tres parámetros, entonces se determina que los ajustes son incoherentes.

65 Si se determina que los ajustes son incoherentes, entonces el proceso pasa a la etapa S2 y un mensaje de error para un usuario se visualiza en una unidad de visualización, la cual no aparece ilustrada.

Por otro lado, si se determina que los ajustes son coherentes, entonces el proceso pasa a la etapa S3.

## ES 2 724 984 T3

En la etapa S3, la sección de control C1 examina la combinación de los ajustes.

Si se ajustan el número de vibraciones N y el número de rotaciones S, el proceso pasa a la etapa S4.

Si se ajustan el número de vibraciones N y la frecuencia de vibración f, el proceso pasa a la etapa S7.

Si se ajustan el número de rotaciones S y la frecuencia de vibración f, el proceso pasa a la etapa S8.

5 En la etapa S4, un valor de la frecuencia de vibración f se calcula a partir del número de vibraciones N y el número de revoluciones S ajustados por parte de un usuario. Entonces, el proceso pasa a la etapa S5.  
Por ejemplo, si  $N = 1,5$  y  $S = 3000$  (r/min), entonces la frecuencia de vibración f se calcula como  $f = N \times S / 60 = 75$  (Hz).

10 En la etapa S5, el valor de la frecuencia de vibración f calculado en la etapa S4 se compara con valores en el grupo f, y se selecciona uno de los valores que sea el más cercano al valor de la frecuencia de vibración f calculado en la etapa S4 (por ejemplo, 62,5 (Hz)). La frecuencia de vibración f es corregida entonces a este valor seleccionado, y el proceso pasa a la etapa S6.

15 En la etapa S6, un valor del número de vibraciones S del husillo 110 se calcula a partir de la frecuencia de vibración f corregida en la etapa S5 (es decir, 62,5 (Hz), por ejemplo) y el número de vibraciones N ajustado por parte de un usuario. El valor calculado es ajustado entonces al número de rotaciones S del husillo 110.

En otras palabras, el número de rotaciones S ajustado por parte de un usuario es corregido al valor calculado.

A modo de ejemplo, un valor del número de rotaciones S se calcula como  $S = f \times 60 / N = 2500$  (r/min).

20 Entonces, el número de rotaciones S ajustado por parte de un usuario a 3000 (r/min) se corrige a 2500 (r/min).

En función del número de vibraciones N ajustado por parte de un usuario y el número de rotaciones S corregido por el medio de corrección, la máquina herramienta 100 puede cortar la pieza de trabajo W suavemente a la vez que segmenta virutas moviendo la herramienta de corte 130 en la dirección de alimentación mientras hace vibrar la herramienta de corte 130 a lo largo de la dirección de alimentación mediante el mecanismo de alimentación 160 del eje Z, el mecanismo de alimentación 150 del eje X y el mecanismo de alimentación del eje Y. En algunos casos, la vida útil de la herramienta de corte 130 puede prolongarse, por ejemplo.

25 En consecuencia, es posible mecanizar la pieza de trabajo W bajo una condición que es relativamente cercana a una condición que se basa en el número de rotaciones S y el número de vibraciones N ajustados por parte de un usuario.

30 En la etapa S7, el número de rotaciones S del husillo 110 se calcula a partir del número de vibraciones N y la frecuencia de vibración f ajustados por parte de un usuario.

Por ejemplo, si  $N = 1,5$  y  $f = 62,5$  (Hz), entonces el número de rotaciones S se calcula como  $S = f / N \times 60 = 2500$  (r/min).

35 En la etapa S8, el número de vibraciones N se calcula a partir del número de rotaciones S y la frecuencia de vibración f ajustados por parte de un usuario. Entonces, el proceso pasa a la etapa S9.

A modo de ejemplo, si  $S = 3000$  (r/min) y  $f = 62,5$  (Hz), entonces el número de vibraciones N se calcula como  $N = f / S \times 60 = 1,25$ .

40 En la etapa S9, se determina si un intervalo admisible positivo (PN) del número de vibraciones N o un intervalo admisible negativo (MN) del número de vibraciones N, en donde  $N = \text{número entero } n + 0,5$ , se ha ajustado por parte de un usuario en la sección de control C1.

Si se ha ajustado PN o MN, el proceso pasa a la etapa S10. Si no se ha ajustado PN o MN, el proceso pasa a la etapa S12.

45 Tal y como se ilustra en la Figura 4, si  $N = \text{número entero } n + 0,5$ , los puntos más bajos de los valles de la fase de la forma circunferencial de la pieza de trabajo W cortada con la herramienta de corte 130 en la  $n+1$ -ésima rotación (los puntos más bajos de los valles de la forma de onda ilustrada con una línea discontinua) se alinean con los puntos más altos de las crestas de la fase de la forma circunferencial de la pieza de trabajo W cortada con la herramienta de corte 130 en la  $n$ -ésima rotación (los picos de las crestas de la forma de onda ilustrada con una línea continua) en la dirección circunferencial de la pieza de trabajo W (la dirección del eje horizontal del gráfico).

En la etapa S10, se determina si el valor del número de vibraciones N calculado en la etapa S8 ( $N = 1,25$ ) se encuentra dentro del intervalo admisible positivo PN o del intervalo admisible negativo MN.

55 Si no, entonces en la etapa S11, el valor del número de vibraciones N calculado en la etapa S8 ( $N = 1,25$ ) se ajusta a  $N'$ , que se encuentra dentro del intervalo admisible positivo PN o el intervalo admisible negativo MN.

Por ejemplo, si el número de vibraciones calculado en la etapa S8 es 1,25 y el intervalo admisible negativo MN es 0,05, el valor del número de vibraciones N se ajusta a 1,45 ( $N'$ ), que se encuentra dentro del intervalo admisible negativo 0,05 de N, en donde  $N = \text{número entero } n + 0,5 = 1,50$ .

60 En este caso, el número de rotaciones S se corrige a 2586,2 (r/min) en función de la frecuencia de vibración f y el número de vibraciones N.

En la etapa S12, el valor del número de vibraciones N calculado en la etapa S8 ( $N = 1,25$ ) se modifica a  $n + 0,5$ , en donde n es el número entero más cercano a ese valor. Entonces, el proceso pasa a la etapa S13.

65 Por ejemplo, si el valor del número de vibraciones N calculado en la etapa S8 es 1,25, entonces el número de vibraciones se ajusta a  $N' = 1,5$ .

En la etapa S13, un valor del número de rotaciones S del husillo 110 se calcula en función del número de vibraciones N (N') ajustado en la etapa S12 y la frecuencia de vibración f ajustada por parte de un usuario, y el valor del número de rotaciones S se corrige a S'.

Por ejemplo, si  $N' = 1,5$  y  $f = 62,5$  (Hz), la corrección se ejecuta como  $S = f / N' \times 60 = 2500$  (r/min).

5 En función del número de rotaciones S y del número de vibraciones N corregidos por el medio de corrección de acuerdo con el grupo f, la máquina herramienta 100 puede cortar la pieza de trabajo W suavemente a la vez que segmenta virutas moviendo la herramienta de corte 130 en la dirección de alimentación mientras hace vibrar la herramienta de corte 130 a lo largo de la dirección de alimentación mediante el mecanismo de alimentación 160 del eje Z, el mecanismo de alimentación 150 del eje X y el mecanismo de alimentación del eje Y. En algunos casos, la vida útil de la herramienta de corte 130 puede prolongarse, por ejemplo.

En consecuencia, es posible mecanizar la pieza de trabajo W bajo una condición que es relativamente más cercana a una condición que se basa en el número de rotaciones S y el número de vibraciones N pretendido por un usuario.

15 Cuando un usuario ajusta la frecuencia de vibración f, la selección de un valor más alto para la frecuencia de vibración f posibilita el mecanizado de la pieza de trabajo W con un valor más alto del número de rotaciones S del husillo 110. Esto contribuye al acortamiento del tiempo de mecanizado y a la reducción del efecto negativo de la vibración mecánica en la precisión de mecanizado.

20 Al ajustar el número de vibraciones N para que la fase de la forma de la pieza de trabajo W cortada con la herramienta de corte 130 en la  $n+1$ -ésima rotación se desplace con respecto a la fase de la forma de la pieza de trabajo W cortada con la herramienta de corte 130 en la  $n$ -ésima rotación de una manera distinta de la inversión de 180 grados, tal y como se ilustra en la Figura 4, la pieza de trabajo W puede ser mecanizada secuencialmente mientras las fases se desplazan una respecto a otra. Esto permite reducir la rugosidad de una superficie mecanizada de conformidad con un material de la pieza de trabajo W y un tipo, una forma o un material de la herramienta de corte 130.

25 De este modo, es posible mecanizar la pieza de trabajo W bajo una condición deseada por un usuario permitiendo al usuario ajustar dos cualesquiera del número de rotaciones S, el número de vibraciones N y la frecuencia de vibración f según se necesite.

### 30 [Segunda realización]

Una segunda realización tiene muchos elementos en común con la primera realización. De este modo, se omite la descripción detallada de puntos similares y a continuación se dará una descripción de los puntos diferentes.

35 En la segunda realización, el número de vibraciones N puede fijarse de antemano (es decir, no tiene que introducirse el número de vibraciones N) y el usuario puede ajustar solamente el número de rotaciones S, para que la frecuencia de vibración f pueda ajustarse en función del número de rotaciones S ajustado por parte de un usuario y el número de vibraciones N fijado de antemano, y entonces el número de rotaciones S o el número de vibraciones N puede corregirse.

40 Por otro lado, con el fin de reducir un tiempo de ciclo de mecanizado, el husillo 110 debería hacerse rotar lo más rápido posible.

Para ello, la frecuencia de vibración f tiene que ajustarse lo más alta posible. Sin embargo, No es fácil ajustar la frecuencia de vibración f a un valor innecesariamente alto en términos de estabilidad de control, por ejemplo.

45 De este modo, el número de rotaciones S puede hacerse lo más grande posible ajustando el número de vibraciones N lo más bajo posible.

En este caso, el número de rotaciones S puede aumentarse fácilmente configurando el medio de ajuste para ajustar el número de vibraciones N en función del número de rotaciones por vibración del husillo 110.

50 El husillo 110 puede hacerse rotar a una velocidad alta ajustando el número de rotaciones por vibración del husillo 110 a igual a o mayor que uno, lo que hace que el número de vibraciones N se ajuste a más que cero pero a menos que uno.

Sin embargo, debido a que la longitud de las virutas segmentadas se vuelve relativamente más larga, el número de vibraciones N debería ajustarse a un valor que no afecte negativamente al mecanizado.

55 Con las herramientas de mecanizado convencionales descritas en la publicación de patente japonesa n.º 5039591 y la publicación de patente japonesa n.º 5139592, un carga o impacto relativamente alto puede actuar sobre una herramienta de corte cuando una pieza de trabajo se corta a través de la vibración en vaivén de la herramienta de corte con respecto a la pieza de trabajo.

60 Debido a esta carga o impacto, puede acortarse la vida útil de la herramienta de corte.

De este modo, el objeto de la segunda realización consiste en proporcionar un dispositivo de control para una máquina herramienta que pueda reducir una carga o impacto que actúa sobre una herramienta de corte cuando una pieza de trabajo es mecanizada para impedir el acortamiento de la vida útil de la herramienta de corte, y una máquina herramienta que incluya el dispositivo de control.

65 Tal y como puede apreciarse a partir de la inclinación de las líneas que ilustran el movimiento de avance y de

retroceso de la vibración en vaivén de la herramienta de corte 130 en las Figuras 8 y 9, en la segunda realización, la sección de control C1 que funciona como medio de control de la velocidad controla la vibración en vaivén de la herramienta de corte 130 para que la velocidad de movimiento del movimiento de avance de la vibración en vaivén de la herramienta de corte 130 hacia la pieza de trabajo W se vuelva más lenta que la velocidad de movimiento del movimiento de retroceso de la vibración en vaivén de la herramienta de corte 130.

De este modo, en comparación con el caso en el que la velocidad de movimiento del movimiento de avance de la vibración en vaivén es la misma que la velocidad de movimiento del movimiento de retroceso de la vibración en vaivén tal y como se ilustra en la Figura 8 con una línea de puntos, la velocidad de movimiento del movimiento de avance de la vibración en vaivén se vuelve más lenta y, de este modo, puede reducirse una carga o impacto que actúa sobre la herramienta de corte 130 cuando se corta la pieza de trabajo W.

La línea de puntos de la Figura 8 ilustra, como referencia, el caso en el que la velocidad de movimiento del movimiento de avance de la vibración en vaivén es la misma que la velocidad de movimiento del movimiento de retroceso de la vibración en vaivén.

### 15 [Tercera realización]

Una tercera realización tiene muchos elementos en común con las realizaciones primera y segunda. De este modo, se omite la descripción detallada de puntos similares y a continuación se dará una descripción de los puntos diferentes.

Las máquinas herramienta convencionales descritas en la publicación de patente japonesa n.º 5139591 y la publicación de patente japonesa n.º 5139592 están configuradas para aumentar gradualmente la amplitud de la vibración en vaivén de una herramienta de corte a una amplitud de vibración predeterminada cuando se inicia una serie de operaciones de corte de un trabajo de corte de una pieza de trabajo (u operaciones de corte de un flujo de proceso).

Sin embargo, debido a que no se divulga cómo se aumenta específicamente la amplitud, resulta difícil cambiar la condición bajo la que se aumenta la amplitud, según surja la necesidad.

De este modo, el objeto de la tercera realización consiste en proporcionar un dispositivo de control para una máquina herramienta que simplifique un programa de control para aumentar gradualmente la amplitud de la vibración en vaivén de una herramienta de corte a una amplitud de vibración predeterminada cuando se inicia una serie de operaciones de corte de un trabajo de corte de una pieza de trabajo (u operaciones de corte de un flujo de proceso), y una máquina herramienta que incluya el dispositivo de control.

En la tercera realización, en función del número de vibraciones N, se determina una amplitud de vibración predeterminada de la vibración en vaivén para que una porción de la pieza de trabajo W cortada con la herramienta de corte 130 en el movimiento de avance de la vibración en vaivén se solape parcialmente con una porción de la pieza de trabajo W cortada con la herramienta de corte 130 en el movimiento de retroceso de la vibración en vaivén. La sección de control C1 incluye un medio de control de la amplitud para controlar la vibración en vaivén de la herramienta de corte 130 para que la amplitud de la vibración en vaivén de la herramienta de corte 130 aumente gradualmente a la amplitud de vibración predeterminada en un periodo de tiempo predeterminado cuando se inicia un mecanizado predeterminado (un proceso de mecanizado) de la pieza de trabajo W.

Debido al medio de control de amplitud, la cantidad de movimiento de avance y la cantidad de movimiento de retroceso de la herramienta de corte 130 en unas pocas vibraciones en vaivén iniciales, que se producen antes de que la amplitud alcance la amplitud de vibración predeterminada, se vuelven más pequeñas de lo habitual, lo que hace que se mitigue el impacto en el momento del inicio de un trabajo de corte.

El medio de control de la amplitud está configurado para ajustar la amplitud en función de una relación de la amplitud respecto a una amplitud de vibración predeterminada y, que se calcula en la fórmula 1 descrita a continuación, donde la base x es una relación de un tiempo transcurrido respecto al periodo de tiempo predeterminado necesario para alcanzar la amplitud de vibración predeterminada desde el comienzo de una operación de corte, y la potencia k es un número predeterminado, (fórmula 1)  $y = X^k$

La potencia k puede ser cualquier número positivo, porque eso hace que la relación de la amplitud respecto a la amplitud de vibración predeterminada y aumente a medida que aumenta la relación de un tiempo transcurrido respecto al periodo de tiempo predeterminado x.

Un valor de la relación de un tiempo transcurrido respecto al periodo de tiempo predeterminado x y la relación de la amplitud respecto a la amplitud de la vibración predeterminada y está en un intervalo entre 0 y 1. La amplitud en un tiempo transcurrido dado cualquiera se calcula multiplicando la amplitud de vibración predeterminada por la relación de la amplitud respecto a la amplitud de vibración predeterminada y.

En consecuencia, la amplitud de la vibración en vaivén puede ajustarse fácilmente en función del único parámetro k hasta que la amplitud alcance la amplitud de vibración predeterminada. Esto permite que el medio de control de la amplitud controle fácilmente la vibración en vaivén de la herramienta de corte 130.

En particular, si el medio de control de la amplitud está constituido por un programa de control que permite que la sección de control C1 controle la vibración en vaivén de la herramienta de corte 130 hasta que la amplitud alcance la amplitud de vibración predeterminada, el programa de control puede crearse fácilmente escribiendo simplemente la

fórmula  $y = X^k$ , que usa el único parámetro  $k$ .

Tal y como se ilustra en la Figura 10A, si  $k$  se ajusta a uno ( $k = 1,0$ ), entonces  $y$  es igual a  $x$  y la amplitud aumenta linealmente hasta la amplitud de vibración predeterminada.

5 La Figura 10B ilustra el caso en el que  $k = 1,5$  y la Figura 10C ilustra el caso en el que  $k = 3,0$ .

En estos casos, la relación de la amplitud respecto a la amplitud de vibración predeterminada y aumenta exponencialmente a medida que aumenta la relación de un tiempo transcurrido respecto al periodo de tiempo predeterminado  $x$ .

10 A modo de ejemplo, si  $k = 3,0$ , el cambio de la amplitud se vuelve más evidente en comparación con el caso en el que  $k = 1,5$ .

Tal y como se ha descrito anteriormente, al usar la fórmula  $y = X^k$ , la amplitud de la vibración en vaivén de la herramienta de control 130 puede controlarse fácilmente cuando se inicia una operación de corte.

**[Lista de símbolos de referencia]**

15

|      |   |
|------|---|
| 100  | máquina herramienta                                 |
| 110  | husillo   |
| 110A | cabezal del husillo                                 |
| 120  | mandril   |
| 130  | herramienta de corte                                |
| 130A | soporte de la herramienta de corte                  |
| 150  | mecanismo de alimentación en la dirección del eje X |
| 151  | base  |
| 152  | riel de guía en la dirección del eje X              |
| 153  | mesa de alimentación en la dirección del eje X      |
| 154  | guía en la dirección del eje X                      |
| 155  | servomotor lineal                                   |
| 155a | elemento motriz                                     |
| 155b | estátor   |
| 160  | mecanismo de alimentación en la dirección del eje Z |
| 161  | base  |
| 162  | riel de guía en la dirección del eje Z              |
| 163  | mesa de alimentación en la dirección del eje Z      |
| 164  | guía en la dirección del eje Z                      |
| 165  | servomotor lineal                                   |
| 165a | elemento motriz                                     |
| 165b | estátor   |
| C    | dispositivos de control                             |
| C1   | sección de control                                  |
| C2   | sección de ajuste del valor numérico                |
| W    | pieza de trabajo                                    |

## REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) que se proporciona en una máquina herramienta (100) que tiene una herramienta de corte (130) para cortar una pieza de trabajo (W), un medio de rotación (110) para hacer rotar relativamente la herramienta de corte (130) y la pieza de trabajo (W), un medio de alimentación (160) para alimentar la herramienta de corte (130) y la pieza de trabajo (W) en una determinada dirección de alimentación, y un medio de vibración (150) para hacer vibrar en vaivén relativamente la herramienta de corte (130) y la pieza de trabajo (W),  
 5  
 10 teniendo el dispositivo de control (C) una sección de control (C1) para hacer que la máquina de control (100) mecanice la pieza de trabajo (W) a través de la rotación relativa de la herramienta de corte (130) y la pieza de trabajo (W) y a través de la alimentación de la herramienta de corte (130) hacia la pieza de trabajo (W) con la vibración en vaivén, en donde el dispositivo de control (C) comprende:
- 15 un medio de ajuste para utilizar como parámetros un número de rotaciones (S) de la rotación relativa, un número de vibraciones (N) de la vibración en vaivén por rotación de la rotación relativa y una frecuencia de vibración (f) que depende de un periodo en el que el dispositivo de control (C) puede ejecutar una instrucción de operación cuando la pieza de trabajo (W) es mecanizada, y para ajustar valores de dos de los parámetros para la sección de control (C1), en donde el número de rotaciones (S) es inversamente proporcional al número de vibraciones (N) siendo la frecuencia de vibración (f) una constante, y  
 20 un medio de corrección para ajustar el parámetro restante a un valor predeterminado en función de los valores de los dos parámetros ajustados por el medio de ajuste y corregir los valores de los dos parámetros ajustados por el medio de ajuste a valores predeterminados en función del valor del parámetro restante.
- 25 2. El dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el medio de vibración (150) hace vibrar en vaivén relativamente la herramienta de corte (130) y la pieza de trabajo (W) a lo largo de la dirección de alimentación.
- 30 3. El dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el medio de vibración (150) hace vibrar en vaivén relativamente la herramienta de corte (130) y la pieza de trabajo (W) para que una porción de la pieza de trabajo (W) cortada con la herramienta de corte (130) en el movimiento de avance de la vibración en vaivén se solape con una porción de la pieza de trabajo (W) cortada con la herramienta de corte (130) en el movimiento de retroceso de la vibración en vaivén.
- 35 4. El dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el medio de corrección ajusta el parámetro restante a un valor predeterminado y corrige los valores de los dos parámetros ajustados por el medio de ajuste para que el número de rotaciones (S) sea inversamente proporcional al número de vibraciones (N) con una constante en función de la frecuencia de vibración (f).
- 40 5. El dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde los dos parámetros cuyos valores se ajustan mediante el medio de ajuste son el número de rotaciones (S) y el número de vibraciones (N), y  
 45 el medio de corrección determina la frecuencia de vibración (f) en función de un valor calculado de acuerdo con el número de rotaciones (S) y el número de vibraciones (N) ajustados por el medio de ajuste y corrige el valor del número de rotaciones (S) o el número de vibraciones (N) ajustados por el medio de ajuste a un valor predeterminado en función de la frecuencia de vibración (f) determinada por el medio de corrección.
- 50 6. El dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el medio de corrección ajusta un intervalo admisible del número de vibraciones (N), calcula un valor del número de vibraciones (N) en función del número de revoluciones (S) ajustado por el medio de ajuste y la frecuencia de vibración (f) determinada por el medio de corrección, corrige el valor calculado del número de vibraciones (N) a un valor dentro del intervalo admisible y corrige el valor del número de vibraciones (N) ajustado por el medio de ajuste al valor corregido.
- 55 7. El dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, en donde el medio de corrección calcula un valor del número de vibraciones (N) en función del número de rotaciones (S) ajustado por el medio de ajuste y la frecuencia de vibración (f) determinada por el medio de corrección, corrige el valor del número de vibraciones (N) ajustado por el medio de ajuste a un valor que se obtiene sumando 0,5 al  
 60 número entero más cercano al valor calculado del número de vibraciones (N), y corrige el valor del número de rotaciones (S) ajustado por el medio de ajuste a un valor calculado a partir del valor corregido del número de vibraciones (N) y la frecuencia de vibración (f) determinada por el medio de corrección.
- 65 8. El dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende un medio de control de la velocidad para ajustar la velocidad de movimiento del movimiento de avance de la vibración en vaivén de la herramienta de corte (130) hacia la pieza de trabajo (W)

para que sea más lenta que la velocidad de movimiento del movimiento de retroceso de la vibración en vaivén de la herramienta de corte (130).

5 9. El dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde una amplitud de vibración predeterminada de la vibración en vaivén con la que puede ejecutarse la operación de mecanizado de la pieza de trabajo (W) se determina de manera preliminar, el dispositivo de control (C) comprende un medio de control de la amplitud para controlar la vibración en vaivén para que la amplitud de la vibración en vaivén aumente gradualmente hasta la amplitud de vibración predeterminada al comienzo de la operación de mecanizado,

10 y el medio de control de la amplitud ajusta la amplitud de la vibración en vaivén en función de una relación de la amplitud respecto a la amplitud de vibración predeterminada, calculándose la relación elevando a una potencia de un número predeterminado una relación de un tiempo transcurrido respecto a un periodo de tiempo necesario para alcanzar la amplitud de vibración predeterminada.

15 10. Una máquina herramienta (100) que comprende el dispositivo de control (C) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

20 11. La máquina herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 10, en donde la máquina herramienta (100) comprende: un mecanismo de movimiento del husillo para mover un husillo (110) que sujeta la pieza de trabajo (W) en una dirección axial; y un mecanismo de movimiento del soporte de la herramienta para mover un soporte (130A) de la herramienta que sujeta la herramienta de corte (130) hacia el husillo (110), y el medio de alimentación incluye el mecanismo de movimiento del husillo y el mecanismo de movimiento del soporte de la herramienta y alimenta la herramienta de corte (130) hacia la pieza de trabajo (W) a través de la cooperación del mecanismo de movimiento del husillo y el mecanismo de movimiento del soporte de la herramienta.

25 12. La máquina herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 10, en donde un husillo (110) que sujeta la pieza de trabajo (W) está fijo en la máquina herramienta (100), la máquina herramienta (100) comprende un mecanismo de movimiento del soporte de la herramienta para mover un soporte (130A) de la herramienta que sujeta la herramienta de corte (130) en múltiples direcciones, y el medio de alimentación incluye el mecanismo de movimiento del soporte de la herramienta y alimenta la herramienta de corte (130) hacia la pieza de trabajo (W) moviendo el soporte (130A) de la herramienta en una dirección de alimentación hacia el husillo (110) posicionado en la dirección de alimentación.

30 13. La máquina herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 10, en donde un soporte (130A) de la herramienta que sujeta la herramienta de corte (130) está fijo en la máquina herramienta (100), la máquina herramienta (100) comprende un mecanismo de movimiento del husillo para mover un husillo (110) que sujeta la pieza de trabajo (W) en múltiples direcciones, y el medio de alimentación incluye el mecanismo de movimiento del husillo y alimenta la herramienta de corte (130) hacia la pieza de trabajo (W) moviendo el husillo (110) en una dirección de alimentación hacia el soporte (130A) de la herramienta posicionado en la dirección de alimentación.

40

FIG.1

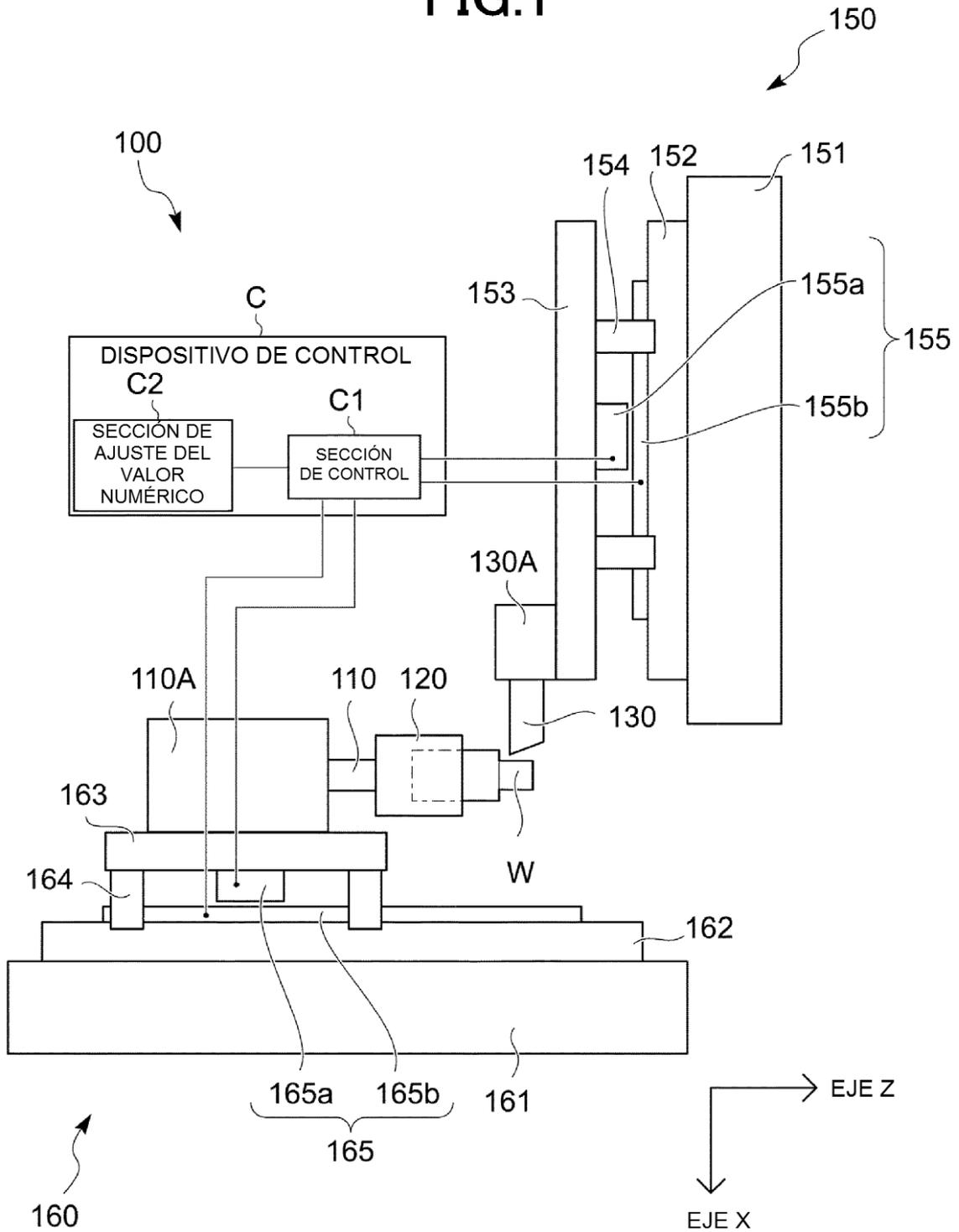


FIG.2

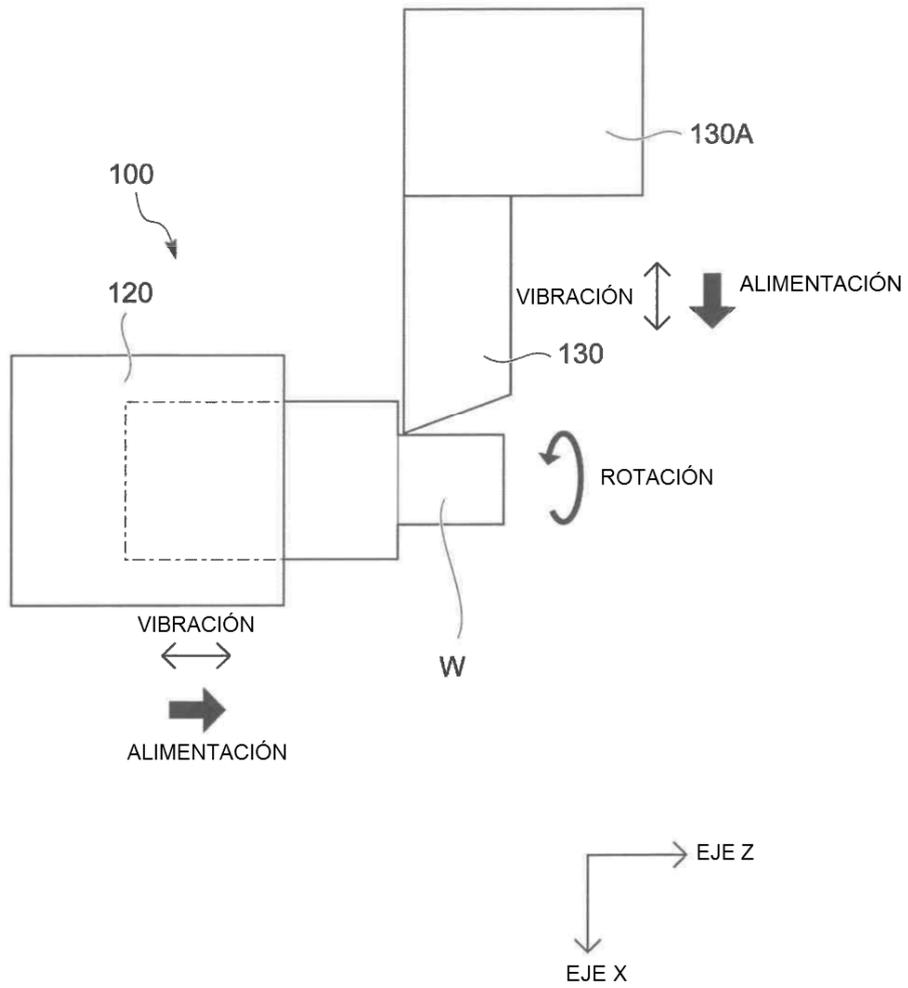
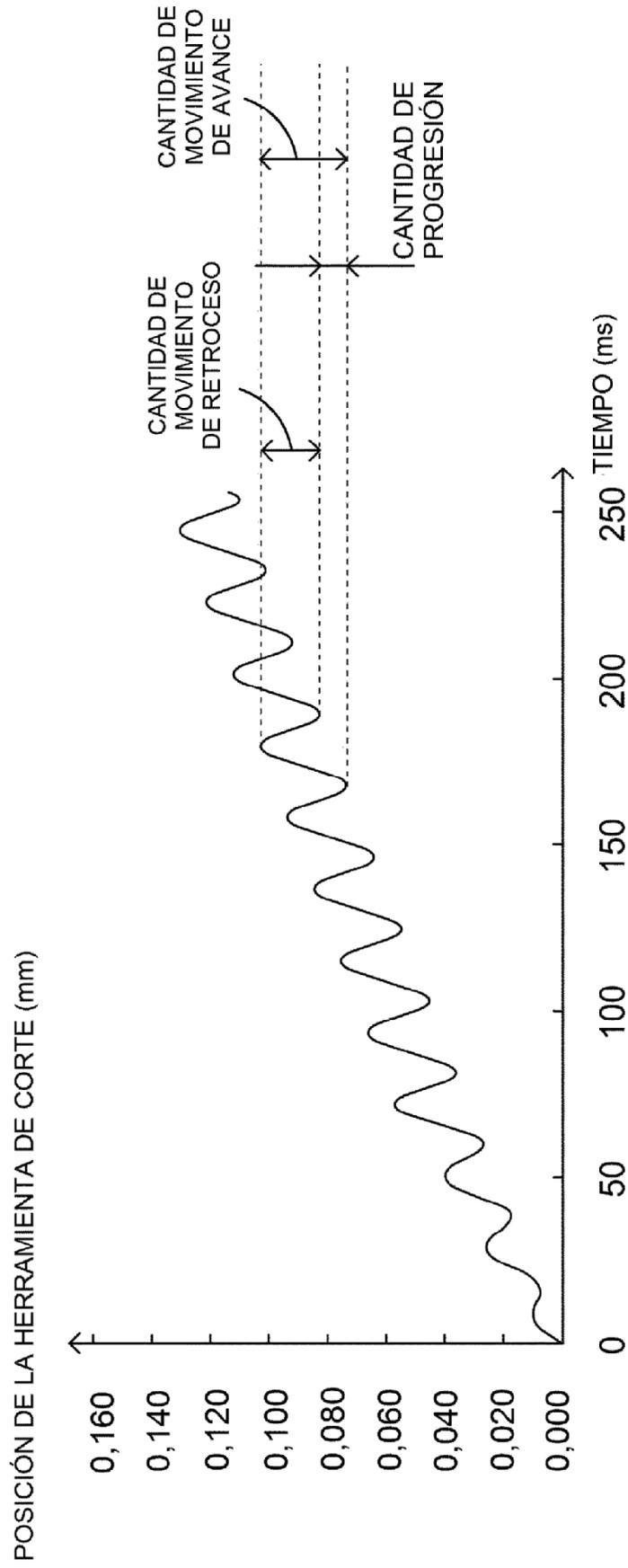
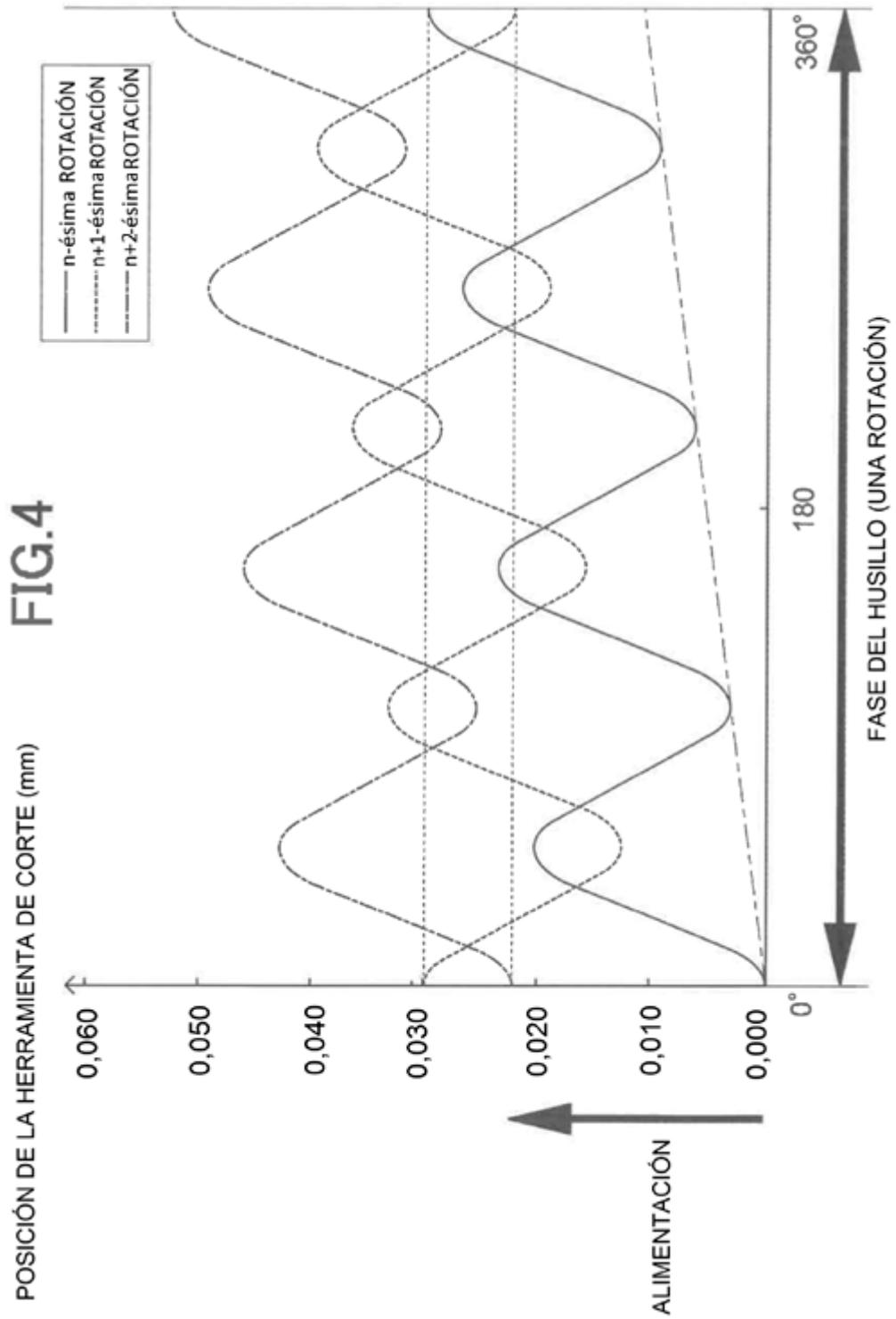


FIG.3





**FIG.5**

| PERIODO DE INSTRUCCIÓN (s) | FRECUENCIA DE VIBRACIÓN f (Hz) |
|----------------------------|--------------------------------|
| 0,004 X 4                  | 62,5                           |
| 0,004 X 5                  | 50                             |
| 0,004 X 6                  | 41,666                         |
| 0,004 X 7                  | 35,714                         |
| 0,004 X 8                  | 31,25                          |
| :                          | :                              |

FIG.6

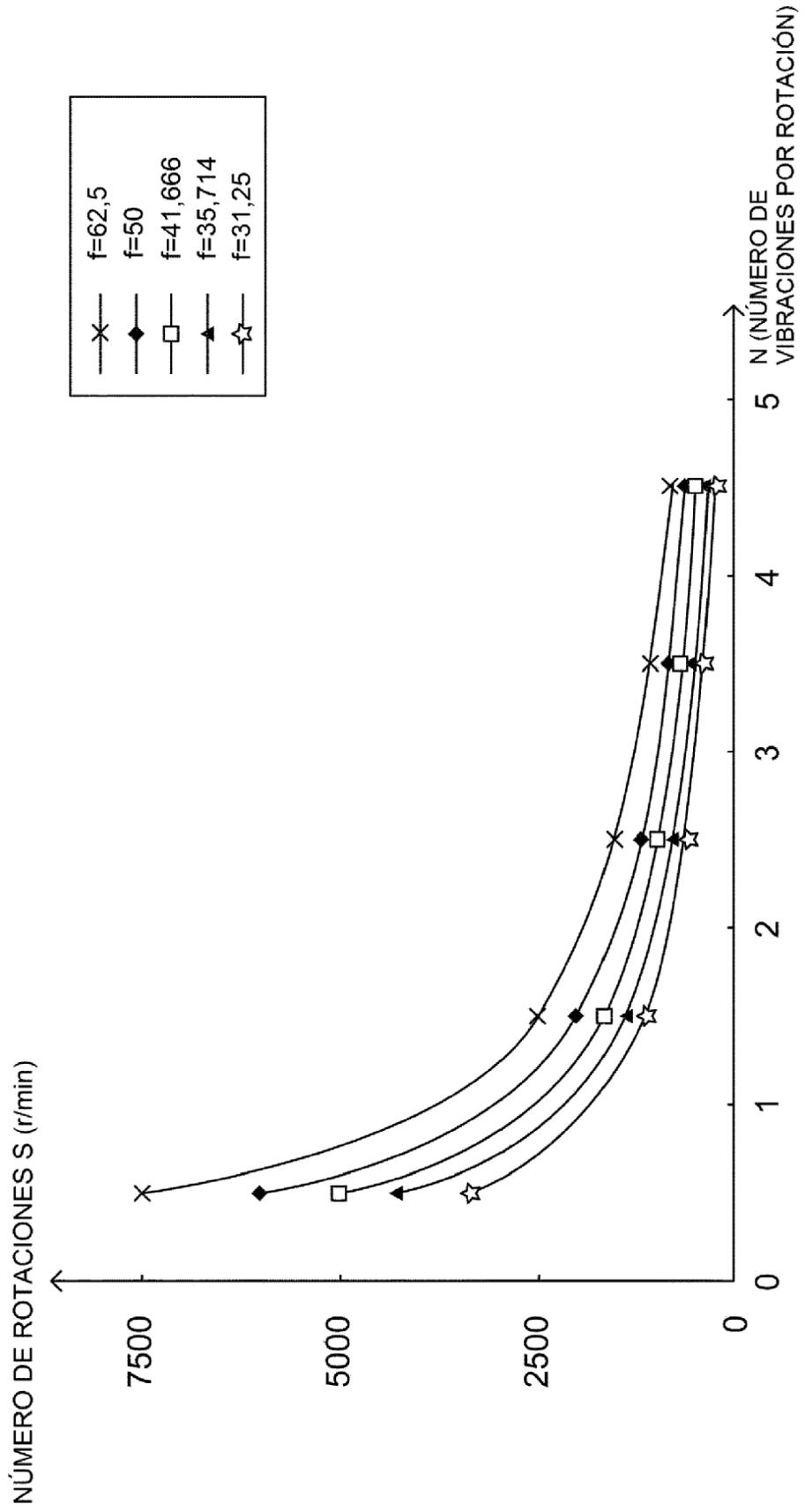


FIG.7

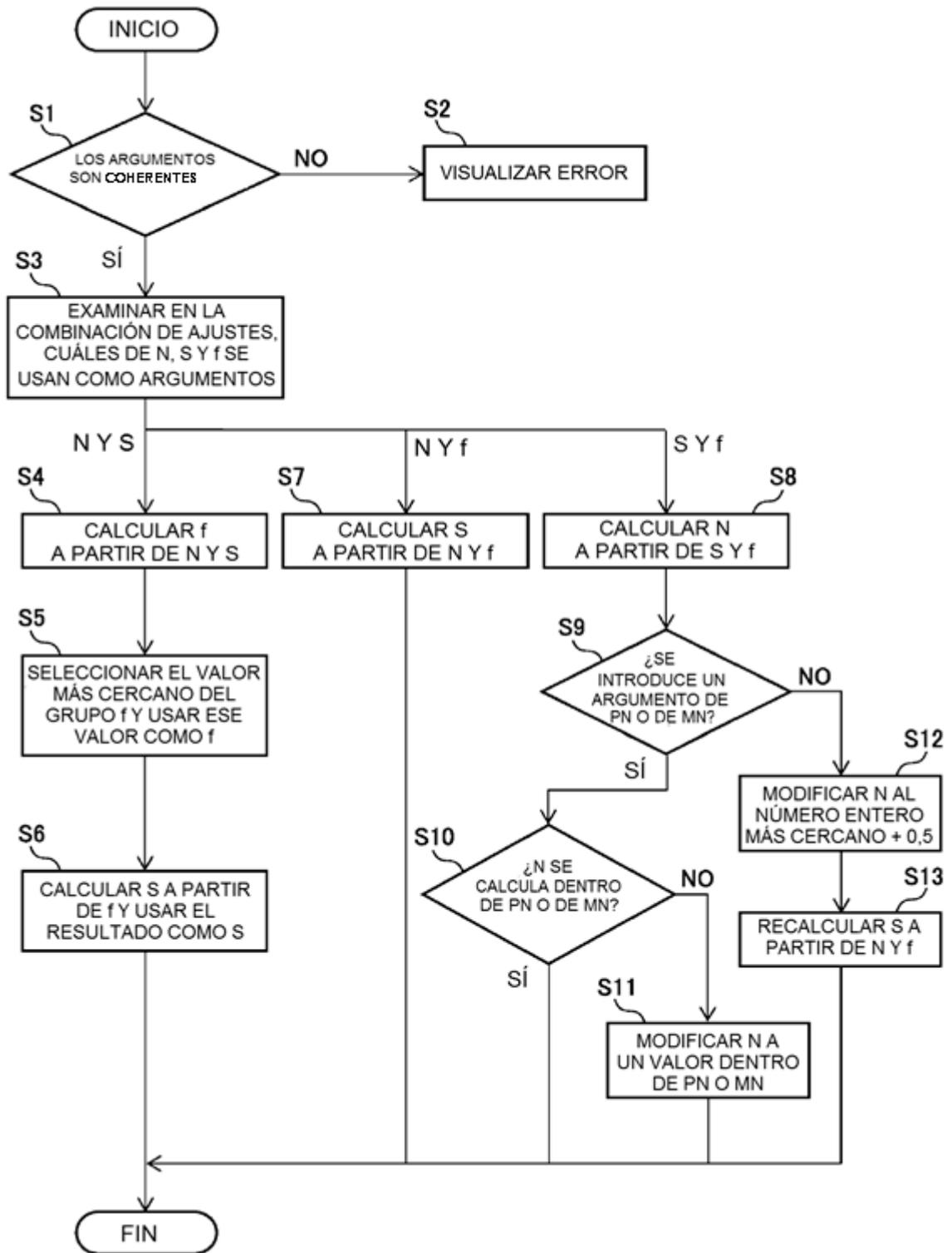


FIG.8

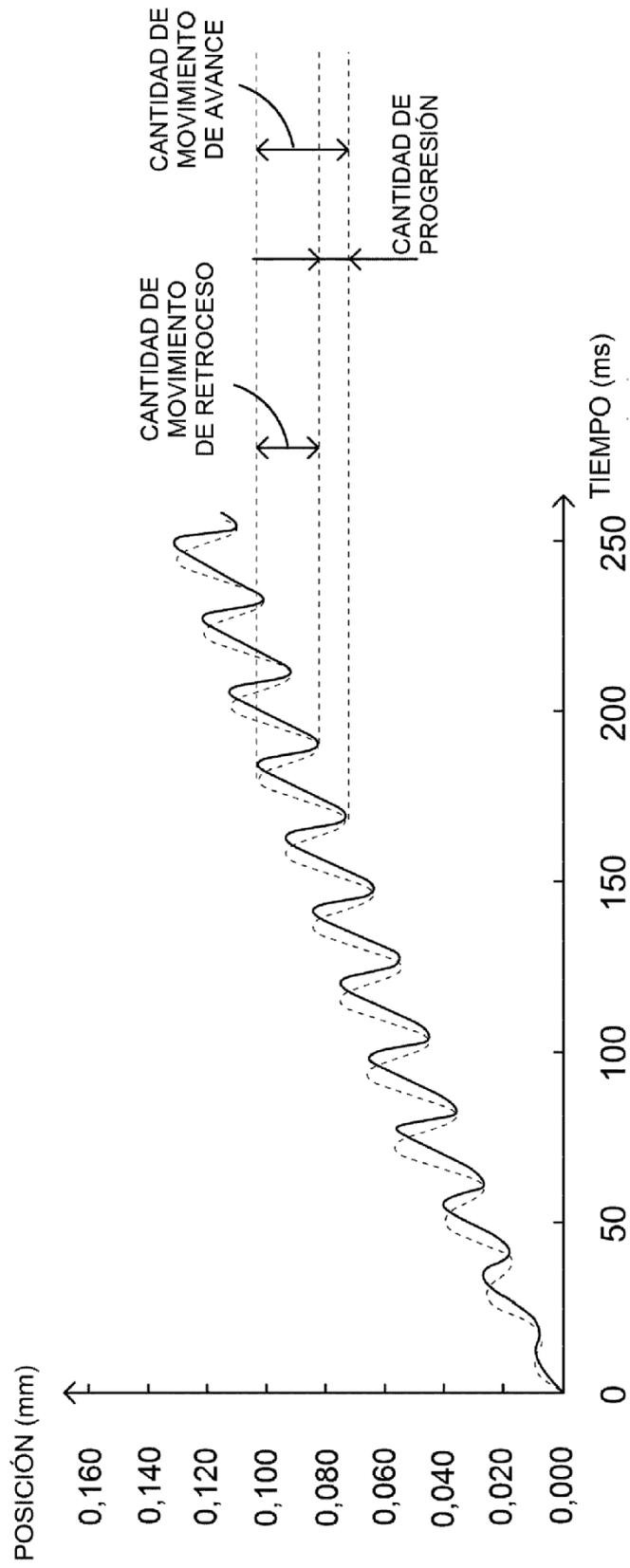
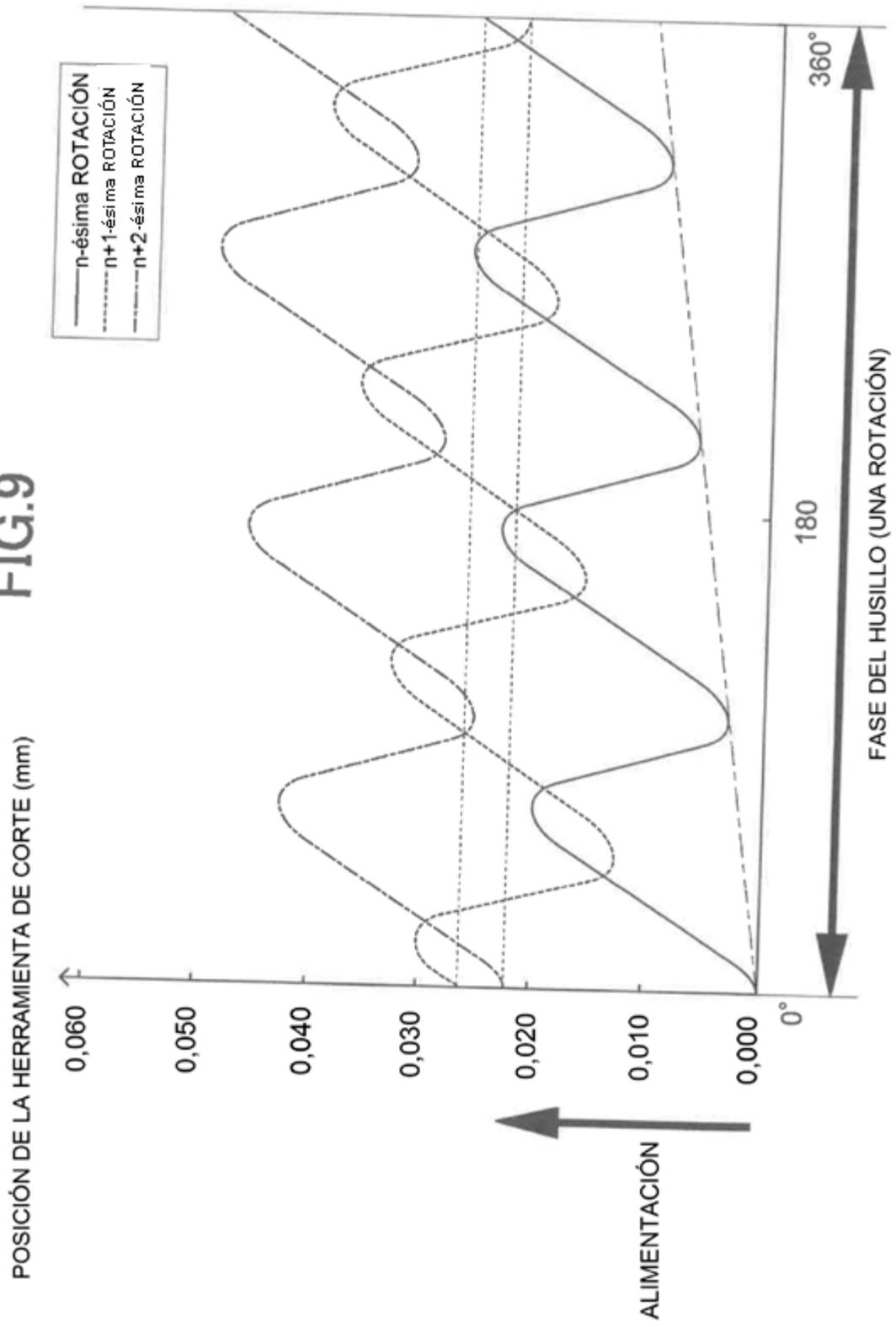
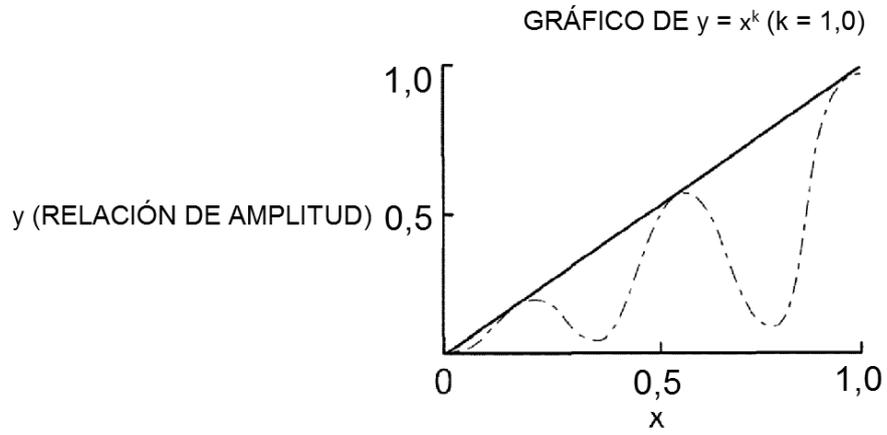


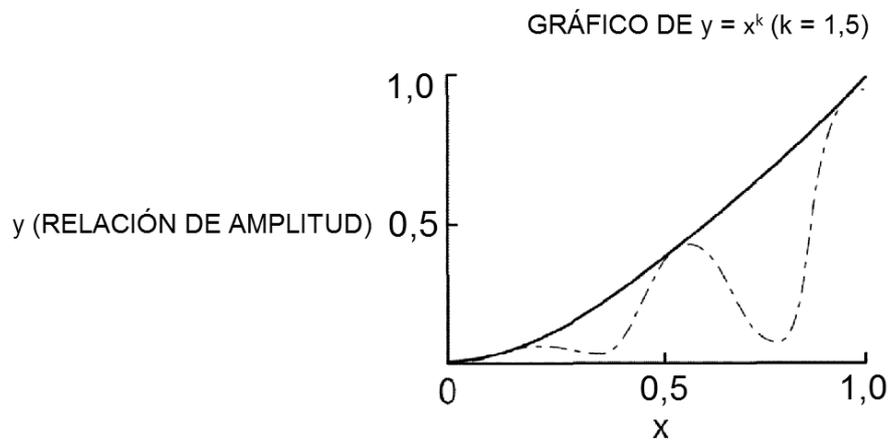
FIG.9



### FIG.10A



### FIG.10B



### FIG.10C

