

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 807 617**

51 Int. Cl.:

B23Q 15/007 (2006.01)

B23B 1/00 (2006.01)

G05B 19/4093 (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/JP2015/058825**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.10.2015 WO15146945**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2015 E 15768422 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020 EP 3124174**

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

30 Prioridad:

26.03.2014 JP 2014063603

26.03.2014 JP 2014063604

22.09.2014 JP 2014192949

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.02.2021

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:

SANNOMIYA, KAZUHIKO;

MATSUMOTO, HITOSHI;

SHINOHARA, TAKANORI;

SHINOHARA, HIROSHI;

OYAMA, TOSHINARI y

IMASAKI, NOBUYOSHI

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 807 617 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 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 mientras se segmentan de manera secuencial las virutas generadas durante un trabajo de corte y una máquina herramienta que incluye el dispositivo de control.

10

[Técnica anterior]

Se conoce una máquina herramienta convencional que incluye medios de sujeción de pieza de trabajo para sujetar una pieza de trabajo, un portaherramientas para sujetar una herramienta de corte para cortar la pieza de trabajo, medios de alimentación para alimentar la herramienta de corte a la pieza de trabajo en una dirección de alimentación predeterminada moviendo relativamente los medios de sujeción de pieza de trabajo y el portaherramientas, medios de vibración para hacer vibrar relativamente los medios de sujeción de pieza de trabajo y el portaherramientas de modo que la herramienta de corte sea alimentada en la dirección de alimentación mientras vibra recíprocamente a lo largo de la dirección de alimentación, y medios de rotación para hacer rotar relativamente la pieza de trabajo y la herramienta de corte (véase la literatura de patente 1, por ejemplo).

15

20

Un dispositivo de control de esta máquina herramienta acciona y controla los medios rotatorios, los medios de alimentación, y los medios de vibración hacen que la máquina herramienta mecanice la pieza de trabajo mediante la rotación relativa de la pieza de trabajo y la herramienta de corte y mediante la alimentación de la herramienta de corte en la dirección de alimentación a la pieza de trabajo con la vibración recíproca.

25

[Listado de citas]

[Literatura de patente]

30

[Literatura de patentes l] Patente japonesa n.º 5033929 (véase el párrafo 0049)

El documento US2009/107308 A1 divulga un método basado en el control numérico por ordenador (CNC) que implica superponer la oscilación en la dirección de alimentación en una trayectoria de herramienta para crear un corte interrumpido y una viruta rota. Este incluye: engranar una pieza de trabajo con una herramienta de corte en una dirección de alimentación a lo largo de una trayectoria de herramienta, superponiendo una oscilación en la dirección de alimentación en la trayectoria de herramienta y variando la oscilación superpuesta en la dirección de alimentación en la trayectoria de herramienta de modo que se produzcan cortes y virutas interrumpidas de una longitud predeterminada o menos.

35

40

El documento US5911802 A describe un proceso de corte utilizando una herramienta de corte vibratoria. La vibración de la herramienta de corte se controla en función de un período de rotación de una pieza de trabajo, un período de vibración de la herramienta de corte, el tiempo requerido para que el borde de corte se mueva desde la posición más lejana en la dirección de alimentación a la posición más lejana en la dirección opuesta, y el tiempo requerido para que se mueva desde la posición más lejana en la dirección opuesta a la dirección de alimentación a la siguiente posición más lejana en la dirección de alimentación.

45

[Sumario de la invención]

50 **[Problema técnico]**

En la máquina herramienta convencional, el dispositivo de control puede ejecutar una instrucción de funcionamiento únicamente en un período predeterminado.

55

Por lo tanto, la frecuencia de vibración a la que los medios de sujeción de pieza de trabajo y el portaherramientas vibran relativamente se limita a un valor específico que depende del período en el que el dispositivo de control puede ejecutar una instrucción de funcionamiento.

60

La máquina herramienta convencional, no obstante, no tiene en cuenta la frecuencia de vibración. Por lo tanto, existe el problema de que la vibración recíproca a veces no se puede ejecutar en una condición que se base 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 deseados por un usuario.

65

Por consiguiente, el objeto de la presente invención, que se ha logrado para abordar el problema descrito anteriormente de la técnica convencional, es proporcionar un dispositivo de control para una máquina herramienta que permita que la máquina corte suavemente una pieza de trabajo mientras se segmentan las virutas alimentando una

herramienta de corte en una dirección de alimentación mientras hace vibrar recíprocamente la herramienta de corte a lo largo de la dirección de alimentación en función de una condición ajustada por un usuario y una máquina herramienta que incluya el dispositivo de control.

5 **[Solución al problema]**

10 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 está dispuesto en una máquina herramienta que tiene una herramienta de corte para cortar una pieza de trabajo, medios rotatorios para hacer rotar
15 relativamente la herramienta de corte y la pieza de trabajo, medios de alimentación para alimentar la herramienta de corte y la pieza de trabajo en una dirección de alimentación predeterminada, y medios de vibración para hacer vibrar relativa y recíprocamente la herramienta de corte y la pieza de trabajo. El dispositivo de control incluye una sección de control para hacer que la máquina herramienta mecanice la pieza de trabajo mediante la rotación relativa de la herramienta de corte y la pieza de trabajo y mediante la alimentación de la herramienta de corte en la dirección de alimentación a la pieza de trabajo con la vibración recíproca. La sección de control determina un número de rotaciones de la rotación relativa y un número de vibraciones de la vibración recíproca por rotación de la rotación relativa cuando la pieza de trabajo es mecanizada de conformidad con una frecuencia de vibración que depende de un período en el que se puede ejecutar una instrucción de funcionamiento.

20 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, el dispositivo de control incluye medios de ajuste para utilizar el número de rotaciones, el número de vibraciones y la frecuencia de vibración como parámetros y para ajustar un valor de al menos uno de los parámetros en la sección de control y medios de corrección para ajustar cada uno del resto de los parámetros en un valor predeterminado y corregir el valor de al menos uno de los parámetros ajustados mediante los medios de ajuste en función del valor predeterminado de cada uno del resto de los parámetros.

25 De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, los medios de vibración hacen vibrar relativa y recíprocamente la herramienta de corte y la pieza de trabajo a lo largo de la dirección de alimentación.

30 De acuerdo con un cuarto aspecto de la presente invención, los medios de vibración hacen vibrar recíproca y relativamente la herramienta de corte y la pieza de trabajo de modo que una porción de la pieza de trabajo que es cortada por la herramienta de corte en el movimiento hacia adelante de la vibración recíproca se superpone a una porción de la pieza de trabajo que es cortada por la herramienta de corte en un movimiento hacia atrás de la vibración recíproca.

35 De acuerdo con un quinto aspecto de la presente invención, los medios de corrección ajustan cada uno del resto de los parámetros en un valor predeterminado y corrigen el valor de al menos uno de los parámetros ajustados mediante los medios de ajuste de modo que el número de rotaciones sea inversamente proporcional al número de vibraciones con una constante que se basa en la frecuencia de vibración.

40 De acuerdo con un sexto aspecto de la presente invención, el al menos uno de los parámetros cuyo valor se ajusta mediante los medios de ajuste es el número de rotaciones, y los medios de corrección ajustan el número de vibraciones en una pluralidad de valores predeterminados, ajustan la frecuencia de vibración en un valor predeterminado que el dispositivo de control tiene de manera inherente, y corrigen el valor del número de rotaciones ajustado mediante los medios de ajuste en función de cada uno de los valores predeterminados del número de vibraciones y el valor de la frecuencia de vibración ajustado mediante los medios de corrección.

45 De acuerdo con un séptimo aspecto de la presente invención, el al menos uno de los parámetros cuyo valor es ajustado mediante los medios de ajuste es el número de rotaciones y el número de vibraciones, y los medios de corrección corrigen los valores del número de rotaciones y el número de vibraciones ajustados mediante los medios de ajuste en valores que se determinan en función de la frecuencia de vibración.

50 De acuerdo con un octavo aspecto de la presente invención, los medios de ajuste ajustan el número de vibraciones como el número de rotaciones por vibración.

55 De acuerdo con un noveno aspecto de la presente invención, los medios de ajuste leen un número de vibraciones escritas en un bloque de programa de un programa de mecanizado de la máquina herramienta como argumento y ajustan el número de lectura de vibraciones como el número de vibraciones.

60 De acuerdo con un décimo aspecto de la presente invención, los medios de ajuste calculan y ajustan el número de rotaciones en función de una velocidad periférica predeterminada y un diámetro de la pieza de trabajo.

65 De acuerdo con un undécimo aspecto de la presente invención, los medios de corrección corrigen el valor del número de rotaciones ajustado mediante los medios de ajuste en función de una tabla que correlaciona el número de vibraciones, la frecuencia de vibración, y el número de rotaciones en un valor del número de rotaciones de la tabla, y permiten el mecanizado de la pieza de trabajo con el valor corregido del número de rotaciones, así como los valores del número de vibraciones y la frecuencia de vibración que corresponden al valor corregido del número de rotaciones

de la tabla.

De acuerdo con un duodécimo aspecto de la presente invención, los medios de corrección determinan un valor al cual se corrige el número de rotaciones en orden descendente de valores del número de vibraciones y en orden descendente de valores de la frecuencia de vibración de la tabla.

De acuerdo con un decimotercer aspecto de la presente invención, el dispositivo de control incluye medios de ajuste de amplitud para ajustar la amplitud de la vibración recíproca proporcionalmente a una cantidad de alimentación de la herramienta de corte a la pieza de trabajo, y los medios de ajuste de amplitud y los medios de vibración cooperan entre sí de modo que una porción de la pieza de trabajo que es cortada por la herramienta de corte en el movimiento hacia adelante de la vibración recíproca se superpone a una porción de la pieza de trabajo que es cortada por la herramienta de corte en el movimiento hacia atrás de la vibración recíproca.

De acuerdo con un decimocuarto aspecto de la presente invención, los medios de ajuste de amplitud leen una relación de la amplitud a la cantidad de alimentación escrita en un bloque de programa de un programa de mecanizado de la máquina herramienta como argumento y calculan y ajustan la amplitud en función de la relación.

De acuerdo con un decimoquinto 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 decimocuarto de la presente invención.

De acuerdo con un decimosexto aspecto de la presente invención, la máquina herramienta incluye un mecanismo de movimiento de husillo para mover un husillo que sujeta la pieza de trabajo en una dirección axial y un mecanismo de movimiento de portaherramientas para mover un portaherramientas que sujeta la herramienta de corte hacia el husillo, y los medios de alimentación incluyen el mecanismo de movimiento de husillo y el mecanismo de movimiento de portaherramientas y alimentan la herramienta de corte a la pieza de trabajo mediante la cooperación del mecanismo de movimiento de husillo y el mecanismo de movimiento de portaherramientas.

De acuerdo con un decimoséptimo aspecto de la presente invención, un husillo que sujeta la pieza de trabajo está fijado en la máquina herramienta, la máquina herramienta incluye un mecanismo de movimiento de portaherramientas para mover un portaherramientas que sujeta la herramienta de corte en múltiples direcciones, y los medios de alimentación incluyen el mecanismo de movimiento de portaherramientas y alimentan la herramienta de corte a la pieza de trabajo moviendo el portaherramientas en una dirección de alimentación hacia el husillo ubicado en la dirección de alimentación.

De acuerdo con un decimooctavo aspecto de la presente invención, un portaherramientas que sujeta la herramienta de corte está fijado en la máquina herramienta, la máquina herramienta incluye un mecanismo de movimiento de husillo para mover un husillo que sujeta la pieza de trabajo en múltiples direcciones, y los medios de alimentación incluyen el mecanismo de movimiento de husillo y alimentan la herramienta de corte a la pieza de trabajo moviendo el husillo en una dirección de alimentación hacia el portaherramientas ubicado 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 determinar el número de rotaciones y el número de revoluciones de conformidad con la frecuencia de vibración y puede hacer que la máquina herramienta mecanice una pieza de trabajo suavemente mientras se segmentan las virutas. Por ejemplo, el dispositivo de control puede corregir, mediante los medios de corrección, un valor de un parámetro ajustado mediante los medios de ajuste a un valor aproximado del valor del parámetro. Por ende, el dispositivo de control puede hacer que la máquina herramienta mecanice una pieza de trabajo suavemente mientras se segmentan las virutas en una condición que es relativamente próxima a una condición ajustada mediante los medios de ajuste.

Esto permite el mecanizado de la pieza de trabajo en una condición relativamente próxima a una condición que se basa en el valor de un parámetro previsto por un usuario.

Así mismo, dado que los medios de ajuste de amplitud y los medios de vibración cooperan entre sí de modo que una porción de la pieza de trabajo que es cortada por la herramienta de corte en el movimiento hacia adelante de la vibración recíproca se superpone a una porción de la pieza de trabajo que es cortada por la herramienta de corte en el movimiento hacia atrás de la vibración recíproca, Es posible mantener una amplitud apropiada de la vibración recíproca aumentando la amplitud para segmentar las virutas de manera fiable incluso cuando se aumenta la cantidad de alimentación.

Así mismo, la máquina herramienta de acuerdo con los aspectos de la presente invención puede cortar una pieza de trabajo suavemente mientras se segmentan las virutas en virtud del dispositivo de control descrito anteriormente 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.

5 [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 recíproca y una posición de la herramienta de corte en la primera realización de la presente invención.

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

15 [Figura 5] La figura 5 es un diagrama que ilustra la relación entre un período 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.

20 [Figura 7] La figura 7 es una tabla que incluye valores del número de rotaciones correspondientes al número de vibraciones y la frecuencia de vibración en una segunda realización de la presente invención.

[Figura 8A] La figura 8A es un diagrama que ilustra una relación apropiada entre la cantidad de alimentación y la amplitud en una tercera realización de la presente invención.

25 [Figura 8B] La figura 8B es un diagrama que ilustra una relación apropiada entre la cantidad de alimentación y la amplitud en la tercera realización de la presente invención.

30 [Figura 8C] La figura 8C es un diagrama que ilustra una relación apropiada entre la cantidad de alimentación y la amplitud en la tercera realización de la presente invención.

[Figura 9] La figura 9 es un diagrama que ilustra una parte de un programa de mecanizado en la tercera realización de la presente invención.

35 [Descripción de las realizaciones]

Una realización de la presente invención no está restringida a ninguna forma particular siempre que la realización se refiera a un dispositivo de control para una máquina herramienta provisto en una máquina herramienta que tiene una herramienta de corte para cortar una pieza de trabajo, medios rotatorios para hacer rotar relativamente la herramienta de corte y la pieza de trabajo, medios de alimentación para alimentar la herramienta de corte y la pieza de trabajo en una dirección de alimentación predeterminada, y medios de vibración para hacer vibrar relativa y recíprocamente la herramienta de corte y la pieza de trabajo, incluyendo el dispositivo de control una sección de control para hacer que la máquina herramienta mecanice la pieza de trabajo mediante la rotación relativa de la herramienta de corte y la pieza de trabajo y mediante la alimentación de la herramienta de corte en la dirección de alimentación a la pieza de trabajo con la vibración recíproca, en donde la sección de control determina un número de rotaciones de la rotación relativa y un número de vibraciones de la vibración recíproca por rotación de la rotación relativa cuando la pieza de trabajo es mecanizada de conformidad con una frecuencia de vibración que depende de un período en el que se puede ejecutar una instrucción de funcionamiento, de modo que el dispositivo de control pueda determinar el número de rotaciones y el número de revoluciones de conformidad con la frecuencia de vibración y pueda hacer que la máquina herramienta mecanice una pieza de trabajo suavemente mientras se segmentan las virutas, y el dispositivo de control puede corregir, mediante los medios de corrección, un valor de un parámetro ajustado mediante los medios de ajuste a un valor aproximado del valor del parámetro, por ejemplo, lo que hace posible que la máquina herramienta mecanice una pieza de trabajo suavemente mientras se segmentan las virutas en una condición que es relativamente próxima a una condición ajustada mediante los medios de ajuste.

55 [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.

60 La máquina herramienta 100 incluye un husillo 110 y un portaherramientas de corte 130A.

Un mandril 120 está provisto en un extremo anterior del husillo 110.

65 El husillo 110 sujeta una pieza de trabajo W mediante el mandril 120 y el husillo 110 está configurado como medio de sujeción de la pieza de trabajo para sujetar una pieza de trabajo.

El husillo 110 está soportado por un contrapunto de husillo 110A de modo que sea accionado de manera rotatoria por un motor de husillo que no se ilustra.

- 5 Como el motor de husillo en el contrapunto de husillo 110A, es concebible un motor incorporado convencionalmente conocido formado entre el contrapunto de husillo 110A y el husillo 110, por ejemplo.

10 El contrapunto de husillo 110A está montado en un lado de un lecho de la máquina herramienta 100 de modo que se pueda mover en la dirección del eje Z, que es una dirección axial del husillo 110, mediante un mecanismo de alimentación en la dirección del eje Z 160.

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

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

20 El mecanismo de alimentación en la dirección del eje Z 160 incluye una base 161, que está integrada con un lado estacionario del mecanismo de alimentación en la dirección del eje Z 160 que incluye el lecho, y un riel de guía en la dirección del eje Z 162 provisto en la base 161 y que se extiende en la dirección del eje Z.

El riel de guía en la dirección del eje Z 162 soporta de manera deslizante una mesa de alimentación en la dirección del eje Z 163 mediante una guía en la dirección del eje Z 164.

- 25 Un accionador 165a de un servomotor lineal 165 está provisto en un lado de la mesa de alimentación en la dirección del eje Z 163 y un estátor 165b del servomotor lineal 165 está provisto en un lado de la base 161.

El contrapunto de husillo 110A está montado sobre la mesa de alimentación en la dirección del eje Z 163 y la mesa de alimentación en la dirección del eje Z 163 es movida por el servomotor lineal 165 en la dirección del eje Z.

30 Debido al movimiento de la mesa de alimentación en la dirección del eje Z 163, el contrapunto de husillo 110A se mueve en la dirección del eje Z, permitiendo el movimiento del husillo 110 en la dirección del eje Z.

- 35 Una herramienta de corte 130, tal como un vástago de herramienta para cortar la pieza de trabajo W, está unida al portaherramientas de corte 130A.

El portaherramientas de corte 130A constituye un portaherramientas que sostiene una herramienta de corte.

40 El portaherramientas de corte 130A está provisto en el lado del lecho de la máquina herramienta 100 de modo que se pueda mover en una dirección del eje X, que es ortogonal a la dirección del eje Z, y una dirección Y, que es ortogonal a la dirección del eje Z y a la dirección del eje X, en virtud de un mecanismo de alimentación en la dirección del eje X 150 y un mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y que no se ilustra.

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

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

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

- 55 Un accionador 155a de un servomotor lineal 155 está provisto en un lado de la mesa de alimentación en la dirección del eje X 153 y un estátor 155b del servomotor lineal 155 está provisto en un lado de la base 151.

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

60 El mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y tiene la misma configuración que el mecanismo de alimentación en la dirección del eje X 150, excepto porque está dispuesto en la dirección del eje Y y, por lo tanto, no se ilustra ni describe en detalle en el presente documento.

- 65 En la figura 1, el mecanismo de alimentación en la dirección del eje X 150 está montado en el lado del lecho mediante el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y que no se ilustra, y el portaherramientas de corte 130A está

montado sobre la mesa de alimentación en la dirección del eje X153.

5 El portaherramientas de corte 130A se mueve en la dirección del eje X mediante la mesa de alimentación en la dirección del eje X 153 y se mueve en la dirección del eje Y mediante el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y, que funciona en la dirección del eje Y de manera similar al mecanismo de alimentación en la dirección del eje X 150.

10 De manera alternativa, el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y no ilustrado en el presente documento puede estar montado en el lado del lecho mediante el mecanismo de alimentación en la dirección del eje X 150, y el portaherramientas de corte 130A puede estar montado en un lado del mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y. La configuración para mover el portaherramientas de corte 130A de la herramienta de corte en la dirección del eje X y en la dirección del eje Y mediante el mecanismo de alimentación en la dirección del eje X 150 y el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y se conoce convencionalmente y, por lo tanto, no se describe ni ilustra en detalle en el presente documento.

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

25 Debido a la alimentación de la herramienta de corte 130 en cualquier dirección de alimentación con respecto a la pieza de trabajo W mediante medios de alimentación que incluyen el mecanismo de movimiento de husillo (el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Z 160) y el mecanismo de movimiento de portaherramientas (el mecanismo de alimentación en la dirección del eje X 150 y el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y), la herramienta de corte 130 corta la pieza de trabajo W en cualquier forma, tal y como se ilustra en la figura 2.

30 En la presente realización, tanto el contrapunto de husillo 110A como el portaherramientas de corte 130A están configurados para que sean móviles. De manera alternativa, el contrapunto de husillo 110A puede estar fijado de manera inmóvil en el lado del lecho de la máquina herramienta 100 y el mecanismo de movimiento de portaherramientas puede estar configurado para mover el portaherramientas de corte 130A en la dirección del eje X, la dirección del eje Y y la dirección del eje Z.

35 En este caso, los medios de alimentación incluyen un mecanismo de movimiento de portaherramientas que mueve el portaherramientas de corte 130A en la dirección del eje X, la dirección del eje Y y la dirección del eje Z. Al mover el portaherramientas de corte 130A con respecto al husillo 110 rotado en una posición fija, la herramienta de corte 130 puede ser alimentada a la pieza de trabajo W.

45 De manera alternativa, el portaherramientas de corte 130A puede estar fijado de manera inmóvil en el lado del lecho de la máquina herramienta 100 y el mecanismo de movimiento de husillo puede estar configurado para mover el contrapunto de husillo 110A en la dirección del eje X, la dirección del eje Y y la dirección del eje Z.

50 En este caso, los medios de alimentación incluyen un mecanismo de movimiento de contrapunto de husillo que mueve el contrapunto de husillo 110A en la dirección del eje X, la dirección del eje Y y la dirección del eje Z. Al mover el contrapunto de husillo 110A con respecto al portaherramientas de corte 130A ubicado en una posición fija, la herramienta de corte 130 puede ser alimentada a la pieza de trabajo W.

55 Aunque en la presente realización el mecanismo de alimentación en la dirección del eje X 150, el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y y el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Z 160 están configurados para ser movidos por un servomotor lineal, estos pueden ser movidos por un tornillo esférico convencional y un servomotor.

En la presente realización, el motor de husillo, como el motor incorporado, constituye un medio rotatorio 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 de la herramienta de corte 130 se logra mediante la rotación del husillo 110.

60 En la presente realización, la pieza de trabajo W rota con respecto a la herramienta de corte 130. De manera alternativa, la herramienta de corte 130 puede ser rotada con respecto a la pieza de trabajo W.

En este caso, una herramienta rotatoria, tal como un taladro, puede utilizarse como herramienta de corte 130.

65 El husillo 110, el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Z 160, el mecanismo de alimentación en la dirección del eje X 150 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.

La sección de control C1 se configura de manera preliminar para ejecutar el control de modo que el contrapunto de husillo 110A o el portaherramientas de corte 130A se mueva en cada dirección de movimiento mientras vibra recíprocamente a lo largo de cada dirección de movimiento utilizando cada mecanismo de alimentación como medio de vibración.

Gracias al control de la sección de control C1, cada mecanismo de alimentación mueve el husillo 110 o el portaherramientas de corte 130A hacia adelante (movimiento hacia adelante), durante una cantidad predeterminada de movimiento hacia adelante, y luego lo mueve hacia atrás (movimiento hacia atrás), durante una cantidad predeterminada de movimiento hacia atrás en una vibración recíproca, de modo que el husillo 110 o el portaherramientas de corte 130A avance para una cantidad de progresión, que es la diferencia entre la cantidad de movimiento hacia adelante y la cantidad de movimiento hacia atrás, en cada dirección de movimiento, tal y como se ilustra en la figura 3. De esta manera, los mecanismos de alimentación alimentan de manera cooperativa la herramienta de corte 130 a la pieza de trabajo W en la dirección de alimentación.

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

Cuando la pieza de trabajo W es cortada en una forma predeterminada con la herramienta de corte 130 moviendo el contrapunto de husillo 110A (husillo 110) o el portaherramientas de corte 130A (herramienta de corte 130) que vibran recíprocamente mientras la pieza de trabajo W está rotando, una superficie periférica de la pieza de trabajo W es cortada de manera sinusoidal, tal y como se ilustra en la figura 4.

Una línea virtual (indicada con una línea de cadena de un punto) 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 contrapunto de husillo 110A (husillo 110) o el portaherramientas de corte 130A por rotación de la pieza de trabajo W es 3,5 (N = 3,5).

En este caso, la fase de la superficie periférica de la pieza de trabajo W que es cortada por la herramienta de corte 130 en la rotación $n+1$ (n es igual o mayor que 1) del husillo 110 cambia de la fase de la superficie periférica de la pieza de trabajo W que es cortada por la herramienta de corte 130 en la rotación n del husillo 110 en una dirección que indica la fase del husillo (la dirección del eje horizontal del gráfico).

Por lo tanto, las posiciones de los puntos menos profundos de los valles de la fase en la rotación $n+1$ (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) cambian con respecto a las posiciones de los puntos menos profundos de los valles de la fase en la rotación n (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.

Por lo tanto, una porción de la pieza de trabajo W que es cortada por la herramienta de corte 130 en el movimiento hacia adelante de la vibración recíproca se superpone parcialmente a una porción de la pieza de trabajo W que es cortada por la herramienta de corte 130 en el movimiento hacia atrás de la vibración recíproca. Dicho de otro modo, una porción de la superficie periférica de la pieza de trabajo W que es cortada por la herramienta de corte 130 en la rotación $n+1$ de la pieza de trabajo W incluye una porción de la superficie periférica de la pieza de trabajo W que ha sido cortada en la rotación n de la pieza de trabajo W. En esa porción que se superpone, la herramienta de corte 130 realiza "cortes al aire", en los que la herramienta de corte 130 no corta ninguna parte de la pieza de trabajo W.

Como consecuencia de los cortes al aire, las virutas generadas durante un trabajo de corte de la pieza de trabajo W son segmentadas de manera secuencial.

De este modo, la máquina herramienta 100 puede cortar la pieza de trabajo W suavemente mientras se segmentan las virutas mediante la vibración recíproca de la herramienta de corte 130 a lo largo de la dirección de alimentación.

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

Dicho de otro modo, es suficiente que la trayectoria de la herramienta de corte en el movimiento hacia atrás 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 rotación n .

La fase de la forma de la pieza de trabajo W cortada por la herramienta de corte 130 en la rotación $n+1$ no necesita ser invertida 180 grados con respecto a la fase de la forma de la pieza de trabajo W en la rotación n , siempre y cuando estas fases no sean coincidentes (sincronizadas) entre sí.

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

Así mismo, la vibración puede ajustarse para ser ejecutada menos de una vez por rotación de la pieza de trabajo W (es decir, $0 < N < 1,0$).

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

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

15 En la máquina herramienta 100, la sección de control C1 ejecuta una instrucción de funcionamiento en un período de instrucción predeterminado.

La vibración recíproca del contrapunto de husillo 110A (husillo 110) o el portaherramientas de corte 130A (herramienta de corte 130) se puede ejecutar en una frecuencia predeterminada que se basa en el período de instrucción.

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

25 El período de instrucción se determina en función del período base y, generalmente, es un múltiplo entero del período base.

La vibración recíproca se puede ejecutar en una frecuencia de acuerdo con el período de instrucción.

30 Tal y como se ilustra en la figura 5, supongamos que el período de instrucción es 16 (ms), que es un múltiplo de cuatro veces del período base (4 (ms)), por ejemplo. Entonces, el movimiento hacia adelante y hacia atrás de la vibración recíproca se produce cada 16 milisegundos y el contrapunto de husillo 110A (husillo 110) o el portaherramientas de corte 130A (herramienta de corte 130) pueden vibrar recíprocamente en una frecuencia de $1 / (0,004 \times 4) = 62,5$ (Hz).

35 El contrapunto de husillo 110A (husillo 110) o el portaherramientas de corte 130A (herramienta de corte 130) pueden vibrar recíprocamente únicamente 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.

40 La frecuencia de la vibración recíproca (frecuencia de vibración) f (Hz) del contrapunto de husillo 110A (husillo 110) o el portaherramientas de corte 130A (herramienta de corte 130) se ajusta en una de las frecuencias anteriores.

Cabe destacar que, dependiendo del dispositivo de control C (sección de control C1), el período de instrucción puede ajustarse en un múltiplo que no sea un múltiplo entero del período base (4 ms).

45 En este caso, la frecuencia de vibración puede ajustarse en una frecuencia de acuerdo con ese período de instrucción.

50 Cuando el contrapunto de husillo 110A (husillo 110) o el portaherramientas de corte 130A (herramienta de corte 130) vibra recíprocamente 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 constante la frecuencia de vibración f .

55 El husillo 110 puede rotar más rápido a medida que la frecuencia de vibración f aumenta o el número de vibraciones N disminuye.

60 La máquina herramienta 100 de la presente realización está configurada de tal manera que el número de rotaciones S, el número de vibraciones N y la frecuencia de vibración f se utilizan como parámetros y un usuario puede ajustar dos de los tres parámetros, en otras palabras, el número de rotaciones S y el número de vibraciones N, en la sección de control C1 mediante una sección de ajuste de valor numérico C2 o similar.

65 El número de rotaciones S o el número de vibraciones N se puede ajustar en la sección de control C1 ingresando un valor del número de rotaciones S o el número de vibraciones N en la sección de control C1 como un valor de parámetro. De manera alternativa, se puede ajustar un valor del número de rotaciones S o el número de vibraciones N escribiendo un valor en un programa de mecanizado o el número de vibraciones N se puede ajustar en un bloque de programa

(una línea de un programa) como argumento, por ejemplo.

En particular, si los medios de ajuste están configurados de modo que el número de vibraciones N se pueda ajustar en un bloque de programa de un programa de mecanizado como argumento, un usuario puede configurar fácilmente el número de rotaciones S y el número de vibraciones N del programa de mecanizado mediante el número de rotaciones S del husillo 110, que, generalmente, se escribe en el programa de mecanizado, y el número de vibraciones N, que se escribe como argumento en el bloque de programa.

La configuración mediante los medios de ajuste puede ejecutarse mediante un programa o por un usuario mediante la sección de ajuste de valor numérico C2.

De manera alternativa, los medios de ajuste pueden configurarse de tal manera que una velocidad periférica y un diámetro de la pieza de trabajo puedan ajustarse e ingresarse a través de un programa de mecanizado o similar de modo que el número de rotaciones S pueda calcularse y ajustarse en función de la velocidad periférica y del diámetro de la pieza de trabajo.

Al configurar los medios de ajuste para calcular el número de rotación S en función de la velocidad periférica y el diámetro de la pieza de trabajo que se ajustan y se ingresan mediante un programa de mecanizado o similar, el número de rotaciones S se puede configurar 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 ser notado por un usuario.

En función del número de rotaciones S y el número de vibraciones N ajustados mediante los medios de ajuste, la sección de control C1 rota el husillo 110 en el número de rotaciones S y mueve el husillo 110A o el portaherramientas de corte 130A mientras hace vibrar recíprocamente el husillo 110A o el portaherramientas de corte 130A de modo que la herramienta de corte 130 sea alimentada en la dirección de alimentación mientras vibra recíprocamente a lo largo de la dirección de alimentación en el número de vibraciones N.

No obstante, puesto que el número de rotaciones S y el número de vibraciones N dependen de la frecuencia de vibración f, tal y como se describió anteriormente, la sección de control C1 incluye medios de corrección para corregir el número de rotaciones S y el número de vibraciones N ajustados mediante los medios de ajuste en función de la frecuencia de vibración f.

Los medios de corrección pueden configurarse para ajustar la frecuencia de vibración f en un valor próximo a un valor calculado a partir del número de vibraciones N y el número ajustado de rotaciones S ajustados mediante los medios de ajuste en función de la fórmula $N = 60f / S$ y, en función de la frecuencia de vibración f ajustada mediante los medios de corrección, corregir el número de vibraciones N y el número de rotaciones S en valores próximos a los valores ajustados mediante los medios de ajuste.

Por ejemplo, supongamos que un usuario ajusta $S = 3000$ (r/min) y $N = 1,5$.

En este caso, en función de $S = 3000$ (r/min) y $N = 1,5$, un valor de la frecuencia de vibración f puede calcularse como 75 (Hz). Por lo tanto, los medios de corrección ajustan la frecuencia de vibración f a 62,5 (Hz), por ejemplo.

En función de la frecuencia de vibración ajustada (62,5 Hz), los medios de corrección pueden corregir el número de vibraciones N a 1,25 mientras se mantiene el número de rotaciones S (3000 (r/min)) o corregir el número de rotaciones S a 2500 (r/min) mientras se mantiene el número de vibraciones N (1,5), por ejemplo.

También es posible ajustar la frecuencia de vibración f a 50 (Hz) y corregir tanto el número de rotaciones S como el número de vibraciones N a 2400 (r/min) y 1,25, respectivamente.

En virtud de la corrección del número de rotaciones S y el número de vibraciones N mediante los medios de corrección, la máquina herramienta 100 puede alimentar la herramienta de corte 130 en la dirección de alimentación mientras hace vibrar recíprocamente la herramienta de corte 130 a lo largo de la dirección de alimentación mediante el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Z 160, el mecanismo de alimentación en la dirección del eje X 150 y el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y en una condición que se basa en el número de vibraciones N y el número de rotaciones S ajustados mediante los medios de ajuste para cortar suavemente la pieza de trabajo W mientras se segmentan las virutas. En algunos casos, también es posible alargar la vida útil de la herramienta de corte 130, por ejemplo.

Por ende, es posible mecanizar la pieza de trabajo W en una condición relativamente próxima a una condición que se base en el número de rotaciones S y el número de vibraciones N previstas por un usuario.

En este caso, también es posible cambiar la condición de corrección corrigiendo de manera preferencial el número de rotaciones S o el número de vibraciones N o corrigiendo tanto el número de rotaciones S como el número de vibraciones N, por ejemplo, en función de las condiciones de mecanizado o similares.

También es posible otra configuración en la que la frecuencia de vibración f utilizada en los medios de ajuste es ajustada de manera preliminar por un usuario y el número de vibraciones N y el número de rotaciones S se corrigen en función de la frecuencia de vibración f ajustada por el usuario.

5 En este caso, la sección de control C1 puede mantenerse en un estado de control particularmente estable y la herramienta de corte 130 puede ser alimentada en la dirección de alimentación mientras vibra recíprocamente a lo largo de la dirección de alimentación para cortar una forma exterior de la pieza de trabajo W de manera suave y estable mientras se segmentan las virutas.

10 Por otro lado, con el fin de reducir el tiempo de ciclo de mecanizado, el husillo 110 debe ser rotado lo más rápido posible.

15 Para conseguirlo, la frecuencia de vibración f debe ajustarse lo más elevada posible. No obstante, no es fácil ajustar la frecuencia de vibración f en un valor innecesariamente alto en términos de estabilidad de control, por ejemplo.

Por lo tanto, el número de rotaciones S se puede hacer lo más elevado posible ajustando el número de vibraciones N lo más bajo posible.

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

25 El husillo 110 se puede rotar a una velocidad elevada ajustando el número de rotaciones por vibración del husillo 110 en igual o mayor que uno, haciendo que el número de vibraciones N se establezca en mayor que cero, pero menor que uno.

No obstante, dado que la longitud de las virutas segmentadas se vuelve relativamente mayor, el número de vibraciones N debe ajustarse en un valor que no afecte negativamente al mecanizado.

30 La presente realización está configurada de tal manera que el número de vibraciones N y el número de rotaciones S de los tres parámetros se ajustan en la sección de control C1 mediante la sección de ajuste de valor numérico C2. De manera alternativa, el número de vibraciones N puede fijarse de antemano (es decir, no es necesario ingresar el número de vibraciones N) y el usuario únicamente puede ajustar el número de rotaciones S como uno de los tres parámetros, de modo que la frecuencia de vibración f pueda ajustarse en función del número de rotaciones S ajustado por un usuario y el número de vibraciones N fijadas de antemano y luego el número de rotaciones S o el número de vibraciones N pueden corregirse.

[Segunda realización]

40 Una segunda realización es similar a la primera realización, excepto alguna modificación que incluye la condición de los parámetros, y coincide con la primera realización en muchos elementos. Por lo tanto, se omite la descripción detallada de puntos similares y ahora se dará una descripción de diferentes puntos.

45 La máquina herramienta 100 de la segunda realización está configurada de tal manera que un usuario ajusta el número de rotaciones S en la sección de control C1 mediante la sección de ajuste de valor numérico C2 o similar.

50 El número de rotaciones S se puede ajustar en la sección de control C1 introduciendo un valor del número de rotaciones S en la sección de control C1 como un valor de parámetro. De manera alternativa, se puede ajustar un valor del número de rotaciones S escribiendo el valor en un programa de mecanizado.

55 En función del número de rotaciones S ajustado por un usuario, la sección de control C1 rota el husillo 110 y mueve el bloqueo de cabeza de husillo 110A o el portaherramientas de corte 130A mientras hace vibrar el bloqueo de cabezal de husillo 110A o el portaherramientas de corte 130A para que la herramienta de corte 130 sea alimentada en la dirección de alimentación mientras vibra recíprocamente a lo largo de la dirección de alimentación.

60 No obstante, puesto que el número de rotaciones S y el número de vibraciones N se determinan en función de la frecuencia de vibración f , tal y como se describió anteriormente, los medios de corrección de la sección de control C1 de la presente realización están configurados para corregir el número ajustado de rotaciones S en función de la frecuencia de vibración f .

65 Tal y como se ilustra en la figura 7, los medios de corrección de la presente realización tienen una tabla de valores del número de rotaciones S_{11} , S_{12} , S_{13} ..., S_{21} ..., S_{31} ... del husillo 110 correspondientes a los valores del número de vibraciones recíprocas por rotación del husillo N_1 , N_2 , N_3 ... y valores de la frecuencia de vibración f_1 , f_2 , f_3 ... que depende de un período en el que se puede ejecutar una instrucción de funcionamiento.

Los medios de corrección están configurados para corregir un valor del número de rotaciones S ajustado por un usuario

en uno de los valores del número de rotaciones S de la tabla.

El dispositivo de control C está configurado para mecanizar la pieza de trabajo W en el número de vibraciones y en la frecuencia de vibración correspondiente al número de rotaciones corregido.

5 La tabla de la figura 7 ilustra un ejemplo en el que el número de vibraciones N es $N_1 = 3,5$, $N_2 = 2,5$, $N_3 = 1,5$ o $N_4 = 0,5$, la frecuencia de vibración f es $f_1 = 62,5$ (Hz), $f_2 = 50$ (Hz) o $f_3 = 41,666$ (Hz), y el número de rotaciones S correspondiente al número de vibraciones N y la frecuencia de vibración f es $S_{11} = 1071,429$ (r/min), $S_{12} = 857,1429$ (r/min), $S_{13} = 714,2743$ (r/min), $S_{21} = 1500$ (r/min), $S_{31} = 2500$ (r/min) y similares.

10 Los medios de corrección están configurados para comparar el valor del número de rotaciones S ajustado por un usuario con los valores del número de rotaciones de la tabla y para corregir el valor ajustado por el usuario en cualquiera de los valores de la tabla cuya diferencia del valor ajustado por el usuario se encuentra dentro de un intervalo predeterminado (tal como ± 50 r/min).

15 En la presente realización, la corrección del número de rotaciones S mediante los medios de corrección se configura de tal manera que un valor del número de rotaciones en el que se ejecuta la corrección se determina en orden descendente de los valores del número de vibraciones y en orden descendente de los valores de la frecuencia de vibración de la tabla.

20 Por ejemplo, supongamos que un usuario ajusta el número de rotaciones S del husillo 110 a 2500 (r/min).

25 En este caso, el valor $S = 2500$ (r/min) se compara, en primer lugar, con los valores en la línea del mayor número de vibraciones ($N_1 = 3,5$) de la tabla en orden descendente de los valores de la frecuencia de vibración ($f_1 = 62,5$ (Hz), $f_2 = 50$ (Hz), $f_3 = 41,666$ (Hz)). En otras palabras, el valor $S = 2500$ (r/min) se compara con $S_{11} = 1071,429$ (r/min), $S_{12} = 857,1429$ (r/min) y $S_{13} = 714,2743$ (r/min) en secuencia.

30 A continuación, el valor $S = 2500$ (r/min) se compara con los valores en la línea del siguiente mayor número de vibraciones ($N_2 = 2,5$) en orden descendente de los valores de la frecuencia de vibración ($f_1 = 62,5$ (Hz), $f_2 = 50$ (Hz), $f_3 = 41,666$ (Hz)). En otras palabras, el valor $S = 2500$ (r/min) se compara con $S_{21} = 1500$ (r/min), $S_{22} = 1200$ (r/min) y $S_{23} = 999,984$ (r/min) en secuencia.

35 A continuación, el valor $S = 2500$ (r/min) se compara con los valores en la línea del siguiente mayor número de vibraciones ($N_3 = 1,5$) en orden descendente de los valores de la frecuencia de vibración ($f_1 = 62,5$ (Hz), $f_2 = 50$ (Hz), $f_3 = 41,666$ (Hz)). En otras palabras, el valor $S = 2500$ (r/min) se compara con $S_{31} = 2500$ (r/min), $S_{32} = 2000$ (r/min) y $S_{33} = 1666,64$ (r/min) en secuencia. En este caso, dado que $S_{31} = 2500$ (r/min) es igual a (o dentro de un intervalo predeterminado de diferencia con respecto a) el valor ajustado por el usuario, los medios de corrección ajustan el número de rotaciones S del husillo 110 a $S_{31} = 2500$ (r/min) (es decir, finalmente no se ejecuta ninguna corrección en este ejemplo).

40 La sección de control C1 permite el mecanizado de la pieza de trabajo W en el número de vibraciones $N = 1,5$ y en la frecuencia de vibración $f = 62,5$ (Hz) que corresponde al número de rotaciones $S_3 = 2500$ (r/min) de la tabla.

45 Debido a la corrección del número de rotaciones S mediante los medios de corrección, la máquina herramienta 100 puede alimentar la herramienta de corte 130 en la dirección de alimentación mientras hace vibrar recíprocamente la herramienta de corte 130 a lo largo de la dirección de alimentación mediante el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Z 160, el mecanismo de alimentación en la dirección del eje X 150 y el mecanismo de alimentación en la dirección del eje Y en una condición que se basa en el número de rotaciones S ajustados mediante los medios de ajuste para cortar suavemente la pieza de trabajo W mientras se segmentan las virutas.

50 En este caso, dado que se adopta el valor más elevado posible para el número de vibraciones N y la frecuencia de vibración f, el mecanizado se ejecuta al valor más elevado posible del número de rotaciones S del husillo 210. Por lo tanto, la longitud de las virutas se puede reducir al tiempo que se acorta el tiempo de mecanizado.

55 Así mismo, puesto que se adopta el valor más elevado posible para la frecuencia de vibración f, se puede reducir el efecto negativo sobre la precisión de mecanizado.

60 Si ninguno de los valores del número de rotaciones S_{11} , S_{12} , S_{13} ... de la tabla se encuentra dentro de un intervalo predeterminado de diferencia (tal como ± 50 r/min) del valor del número de rotaciones S ajustado por un usuario, entonces los medios de corrección pueden corregir el valor del número de rotaciones S ajustado por el usuario en uno de los valores del número de rotaciones S_{11} , S_{12} , S_{13} ... de la tabla que tiene la menor diferencia del valor del número de rotaciones S ajustado por el usuario.

65 Esto permite seleccionar uno de los valores del número de rotaciones S_{11} , S_{12} , S_{13} ... que esté lo más próximo posible del valor del número de rotaciones S ajustado por un usuario de modo que la configuración del usuario pueda reflejarse tanto como sea posible.

[Tercera realización]

5 Una tercera realización coincide con las primera y segunda realizaciones en muchos elementos. Por lo tanto, se omite la descripción detallada de puntos similares y ahora se dará una descripción de diferentes puntos.

10 Como con las primera y segunda realizaciones, la máquina herramienta 100 de la tercera realización está configurada de manera que, cuando un usuario ajusta dos de los tres parámetros (el número de rotaciones S y el número de vibraciones N) o uno de los tres parámetros (el número de rotaciones S) en la sección de control C1, la máquina herramienta 100 puede alimentar la herramienta de corte 130 en la dirección de alimentación mientras hace vibrar recíprocamente la herramienta de corte 130 a lo largo de la dirección de alimentación en una condición que está relativamente próxima a una condición que se basa en el número de rotaciones S y el número de vibraciones N previsto por el usuario o una condición que se basa en el número de rotaciones S ajustado por el usuario para cortar la pieza de trabajo W suavemente mientras se segmentan las virutas.

15 De manera similar a la figura 4, la figura 8A ilustra una condición en la que la herramienta de corte 130 vibra 3,5 veces por rotación del husillo y una porción de la pieza de trabajo W que es cortada por la herramienta de corte 130 en el movimiento hacia adelante de la vibración recíproca se superpone parcialmente a una porción de la pieza de trabajo W que es cortada por la herramienta de corte 130 en un movimiento hacia atrás de la vibración recíproca. Una porción de la superficie periférica de la pieza de trabajo W que es cortada en la rotación $n+1$ de la pieza de trabajo W incluye una porción de la superficie periférica de la pieza de trabajo W que ha sido cortada en la rotación n de la pieza de trabajo W. Esto significa que los cortes al aire con la herramienta de corte 130 se producen en un trabajo de corte. Si la cantidad de alimentación simplemente se incrementa en esta condición como se ilustra en la figura 8B, la trayectoria de la herramienta de corte 130 en el movimiento hacia atrás en la segunda rotación no alcanza la trayectoria de la herramienta de corte 130 en la primera rotación. Por lo tanto, los cortes al aire descritos anteriormente no pueden ejecutarse y las virutas pueden no segmentarse.

20 Cabe destacar que, en las figuras 8A a 8C, las vibraciones de la herramienta de corte 130 se ilustran con líneas rectas en aras de la simplicidad.

30 Dicho de otro modo, si la cantidad de alimentación simplemente se incrementa de manera gradual, la porción que se superpone entre la porción que es cortada por la herramienta de corte 130 en el movimiento hacia adelante de la vibración recíproca y la porción que es cortada por la herramienta de corte 130 en el movimiento hacia atrás de la vibración recíproca se vuelve gradualmente más pequeña y, finalmente, desaparece. Por lo tanto, los cortes al aire no pueden ejecutarse y las virutas pueden no segmentarse.

35 Por lo tanto, en la presente realización, la sección de control C1 incluye medios de ajuste de amplitud para ajustar la amplitud de la vibración recíproca de la herramienta de corte 130 proporcionalmente a la cantidad de alimentación de la herramienta de corte 130 hacia la pieza de trabajo W.

40 Los medios de ajuste de amplitud están configurados de manera que, cuando un usuario ajusta una relación entre la amplitud y la cantidad de alimentación, en otras palabras, una relación entre la cantidad de alimentación y la amplitud de la vibración recíproca debido a los medios de vibración calculada dividiendo la amplitud por la cantidad de alimentación, como una relación amplitud/alimentación en la sección de control C1 mediante la sección de ajuste de valor numérico C2 o similar, la amplitud se ajusta multiplicando la cantidad de alimentación, que se ajusta en un trabajo de corte, por la relación amplitud/alimentación.

45 Los medios de ajuste de amplitud y los medios de vibración cooperan entre sí. Como se ilustra en la figura 8C, la sección de control C1 controla los medios de vibración de modo que la trayectoria de la herramienta de corte 130 en el movimiento hacia atrás de la vibración recíproca en la rotación $n+1$ de la pieza de trabajo W (n es un número entero igual o mayor que uno) alcanza la trayectoria de la herramienta de corte 130 en la rotación n de la pieza de trabajo W ajustando la amplitud de acuerdo con la vibración recíproca de la herramienta de corte 130 a lo largo de la dirección de alimentación en una condición que se basa en el número de vibraciones N y el número de rotaciones S ajustados mediante los medios de ajuste mediante la corrección del número de rotaciones S y el número de vibraciones N mediante los medios de corrección y la cantidad de alimentación ajustada en un trabajo de corte.

50 Dicho de otro modo, el control se ejecuta de modo que la porción que es cortada en el movimiento hacia adelante se superpone a la porción que es cortada en el movimiento hacia atrás.

60 Esto permite ajustar la amplitud de conformidad con la cantidad de alimentación para la condición de vibración corregida mediante los medios de corrección, y los medios de vibración pueden hacer vibrar la herramienta de corte 130 bajo el control de la sección de control C1 de modo que los cortes al aire puedan suceder para segmentar las virutas.

65 En la máquina herramienta 100 de la presente realización, el número de rotaciones S, el número de vibraciones N y la relación amplitud/alimentación pueden ser ajustados en la sección de control C1 por un usuario ingresando un valor

del número de rotaciones S, un valor del número de vibraciones N y un valor de la relación amplitud/alimentación mediante la sección de ajuste de valor numérico C2 como valor de parámetro. De manera alternativa, un valor del número de rotaciones S, un valor del número de vibraciones N y un valor de la relación amplitud/alimentación pueden ajustarse escribiendo los valores en un programa de mecanizado, o un valor del número de vibraciones N y la relación amplitud/alimentación pueden ajustarse en un bloque de programa (una línea de un programa) como argumento.

Cuando la sección de control C1 está configurada de modo que el inicio de un trabajo de corte por vibración, en el que la herramienta de corte 130 es alimentada en la dirección de alimentación mientras vibra recíprocamente a lo largo de la dirección de alimentación, se instruya en un programa de mecanizado con un comando G*** P0 como en el caso de la presente invención, un valor de la relación amplitud/alimentación ajustado en la sección de control C1 puede especificarse en un valor posterior Q (argumento Q) y un valor del número de vibraciones ajustado en la sección de control C1 puede especificarse en un valor posterior D (argumento D) en el comando G***.

Si la relación amplitud/alimentación se ajusta en "1,5", entonces "Q1,5" debe escribirse después de G*** en el programa de mecanizado. Si el número de vibraciones se ajusta en "3,5", entonces "D3,5" debe escribirse después de G*** en el programa de mecanizado. Al hacer eso, el número de vibraciones N y la relación amplitud/alimentación se pueden configurar en la sección de control C1.

En el ejemplo ilustrado en la figura 9, la sección de control C1 está configurada de modo que el final de un trabajo de corte por vibración se instruya con un comando G*** P0 en un programa de mecanizado.

Por ende, si la cantidad de alimentación se ajusta en "0,015" utilizando un valor F sucesivo (argumento F) en un comando escrito entre el comando G*** P0 y el comando G*** P0, tal como un comando G1 que mueve linealmente la herramienta de corte 130, los medios de ajuste de amplitud leen la relación amplitud/alimentación de 1,5 y calculan la amplitud con la fórmula $0,015 \times 1,5$.

Cabe destacar que pueden estar provistos medios de visualización tales como un dispositivo de visualización en el dispositivo de control C que muestre una pantalla de búsqueda de condiciones de corte de modo que un usuario pueda seleccionar y ajustar una condición tal como la cantidad de alimentación, el número de rotaciones S, el número de vibraciones N, la relación amplitud/alimentación y la frecuencia de vibración de una tabla predeterminada (base de datos de condiciones de corte por vibración) ingresando el material, la circularidad, la rugosidad de la superficie o similares como condición de un trabajo de corte.

En la presente realización, si bien la trayectoria de la herramienta de corte 130 en el movimiento hacia atrás de la vibración recíproca en la rotación $n+1$ (n es igual o mayor que uno) de la pieza de trabajo W se interseca con la trayectoria de la herramienta de corte 130 en la rotación n de la pieza de trabajo W bajo el control de la sección de control C1, como se ilustra en la figura 4 y en las figuras 8A a 8C, es suficiente que la primera trayectoria simplemente alcance la última trayectoria sin intersectarse con la última trayectoria.

Dicho de otro modo, la superposición de la porción que es cortada en el movimiento hacia adelante de la vibración recíproca y la porción que es cortada en el movimiento hacia atrás de la vibración recíproca incluye el caso en el que la porción que es cortada en el movimiento hacia adelante de la vibración recíproca está en contacto con la porción que es cortada en el movimiento hacia atrás de la vibración recíproca.

Cuando la porción que es cortada en el movimiento hacia adelante de la vibración recíproca está en contacto con la porción que es cortada en el movimiento hacia atrás de la vibración recíproca, la porción que es cortada por la herramienta de corte 130 en el movimiento hacia adelante de la vibración recíproca teóricamente incluye la porción que es cortada en el movimiento hacia atrás de la vibración recíproca como un "punto" en cada vibración y los cortes al aire en los que la herramienta de corte 130 se aleja de la pieza de trabajo W en el movimiento hacia atrás se producen en un "punto". Por consiguiente, las virutas generadas a partir de la pieza de trabajo W en un trabajo de corte se segmentan de manera secuencial por los cortes al aire (en un punto donde la porción que es cortada en el movimiento hacia adelante de la vibración recíproca está en contacto con la porción que es cortada en el movimiento hacia atrás de la vibración recíproca).

[Lista de signos de referencia]

100	máquina herramienta
110	husillo
110A	contrapunto de husillo
120	mandril
130	herramienta de corte
130A	portaherramientas 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	accionador
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	accionador
165b	estátor
C	dispositivo de control
C1	sección de control
C2	sección de ajuste de valor numérico
W	pieza de trabajo

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) provisto en una máquina herramienta (100) que tiene una herramienta de corte (130) para cortar una pieza de trabajo (W), medios rotatorios (110) para hacer rotar relativamente la herramienta de corte (130) y la pieza de trabajo (W), medios de alimentación (150, 160) para alimentar la herramienta de corte (130) y la pieza de trabajo (W) en una dirección de alimentación predeterminada, y medios de vibración para hacer vibrar relativa y recíprocamente la herramienta de corte (130) y la pieza de trabajo (W) a lo largo de la dirección de alimentación, comprendiendo el dispositivo de control (C) una sección de control (C1) para hacer que la máquina herramienta (100) mecanice la pieza de trabajo (W) mediante la rotación relativa de la herramienta de corte (130) y la pieza de trabajo (W) y mediante la alimentación de la herramienta de corte (130) en la dirección de alimentación a la pieza de trabajo (W) con la vibración recíproca, en donde los medios de alimentación (150, 160) alimentan la herramienta de corte (130) y la pieza de trabajo (W) mientras las hace vibrar mediante la alimentación de mover relativamente la herramienta de corte (130) y la pieza de trabajo (W) hacia adelante y hacia atrás, y en donde cuando la pieza de trabajo (W) es mecanizada, la sección de control (C1) ejecuta una instrucción de funcionamiento para mover la herramienta de corte (130) o la pieza de trabajo (W) hacia adelante durante una cantidad predeterminada de movimiento y luego moverla hacia atrás durante una cantidad predeterminada de movimiento mediante el control de los medios de alimentación (150, 160) como los medios de vibración, y determina un número de rotaciones (S) de la rotación relativa y un número de vibraciones (N) de la vibración recíproca por rotación de la rotación relativa de conformidad con una frecuencia de vibración (f) que depende de un período que se determina en función de un período de una instrucción que la sección de control puede enviar y permite que se ejecute la instrucción de funcionamiento.
2. El dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los medios de vibración hacen vibrar recíproca y relativamente la herramienta de corte (130) y la pieza de trabajo (W) de modo que una porción de la pieza de trabajo (W) que es cortada por la herramienta de corte (130) en el movimiento hacia adelante de la vibración recíproca se superpone a una porción de la pieza de trabajo (W) que es cortada por la herramienta de corte (130) en un movimiento hacia atrás de la vibración recíproca.
3. El dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el dispositivo de control (C) comprende: medios de ajuste para utilizar el número de rotaciones (S), el número de vibraciones (N) y la frecuencia de vibración (f) como parámetros y para ajustar un valor de al menos uno de los parámetros en la sección de control (C1); y medios de corrección para ajustar cada uno del resto de los parámetros en un valor predeterminado y corregir el valor de al menos uno de los parámetros ajustados mediante los medios de ajuste en función del valor predeterminado de cada uno del resto de los parámetros.
4. El dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el al menos uno de los parámetros cuyo valor es ajustado mediante los medios de ajuste es el número de rotaciones (S), y los medios de corrección ajustan cada uno del resto de los parámetros en un valor predeterminado de modo que el número de rotaciones (S) será inversamente proporcional al número de vibraciones (N) con una constante que se basa en la frecuencia de vibración (f), ajustan el número de vibraciones en una pluralidad de valores predeterminados, ajustan la frecuencia de vibración (f) en un valor predeterminado que el dispositivo de control (C) tiene de manera inherente, y corrigen el valor del número de rotaciones (S) ajustado mediante los medios de ajuste en función de cada uno de los valores predeterminados del número de vibraciones (N) y el valor de la frecuencia de vibración (f) ajustado mediante los medios de corrección.
5. El dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el al menos uno de los parámetros cuyo valor es ajustado mediante los medios de ajuste es el número de rotaciones (S) y el número de vibraciones (N), y los medios de corrección ajustan cada uno del resto de los parámetros en un valor predeterminado de modo que el número de rotaciones (S) será inversamente proporcional al número de vibraciones (N) con una constante que se basa en la frecuencia de vibración (f) y corrige los valores del número de rotaciones (S) y el número de vibraciones (N) ajustados mediante los medios de ajuste en valores que se determinan en función de la frecuencia de vibración (f).
6. El dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 5, en donde los medios de ajuste leen un número de vibraciones (N) escritas en un bloque de programa de un programa de mecanizado de la máquina herramienta (100) como argumento y ajustan el número de lectura de vibraciones (N) como el número de vibraciones (N).
7. El dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en donde los medios de corrección corrigen el valor del número de rotaciones (S) ajustado mediante los medios de ajuste en función de una tabla que correlaciona el número de vibraciones (N), la frecuencia de vibración (f) y el número de rotaciones (S) en un valor del número de rotaciones (S) de la tabla, y permiten el mecanizado de la pieza de trabajo (W) con el valor corregido del número de rotaciones (S), así como los valores del

número de vibraciones (N) y la frecuencia de vibración (f) que corresponden al valor corregido del número de rotaciones (S) de la tabla.

5 8. El dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 7, en donde los medios de corrección determinan un valor al cual se corrige el número de rotaciones (S) en orden descendente de valores del número de vibraciones (N) y en orden descendente de valores de la frecuencia de vibración (f) de la tabla.

10 9. El dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el dispositivo de control (C) comprende medios de ajuste de amplitud para ajustar la amplitud de la vibración recíproca proporcionalmente a una cantidad de alimentación de la herramienta de corte (130) a la pieza de trabajo (W), y
15 los medios de ajuste de amplitud y los medios de vibración cooperan entre sí de modo que una porción de la pieza de trabajo (W) que es cortada por la herramienta de corte (130) en el movimiento hacia adelante de la vibración recíproca se superpone a una porción de la pieza de trabajo (W) que es cortada por la herramienta de corte (130) en el movimiento hacia atrás de la vibración recíproca.

20 10. El dispositivo de control (C) para una máquina herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 9, en donde los medios de ajuste de amplitud leen una relación de la amplitud a la cantidad de alimentación escrita en un bloque de programa de un programa de mecanizado de la máquina herramienta como argumento y calculan y ajustan la amplitud en función de la relación.

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

25 12. La máquina herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 11, en donde la máquina herramienta (100) comprende: un mecanismo de movimiento de husillo para mover un husillo (110) que sujeta la pieza de trabajo (W) en una dirección axial; y un mecanismo de movimiento de portaherramientas (130A) para mover un portaherramientas que sujeta la herramienta de corte (130) hacia el husillo (110), y los medios de alimentación (150, 160) incluyen el mecanismo de movimiento de husillo y el mecanismo de movimiento de portaherramientas y alimentan la herramienta de corte (130) a la pieza de trabajo (W) mediante la cooperación del mecanismo de movimiento de husillo y el mecanismo de movimiento de portaherramientas.
30

35 13. La máquina herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 11, en donde un husillo (110) que sujeta la pieza de trabajo (W) está fijado en la máquina herramienta (100), comprendiendo la máquina herramienta (100) un mecanismo de movimiento de portaherramientas (130A) para mover un portaherramientas que sujeta la herramienta de corte (130) en múltiples direcciones, y los medios de alimentación (150, 160) incluyen el mecanismo de movimiento de portaherramientas y alimentan la herramienta de corte (130) a la pieza de trabajo (W) moviendo el portaherramientas (130A) en una dirección de alimentación hacia el husillo (110) ubicado en la dirección de alimentación.
40

45 14. La máquina herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 11, en donde un portaherramientas (130A) que sujeta la herramienta de corte (130) está fijado en la máquina herramienta (100), comprendiendo la máquina herramienta (100) un mecanismo de movimiento de husillo (110) para mover un husillo que sujeta la pieza de trabajo (W) en múltiples direcciones, y los medios de alimentación (150, 160) incluyen el mecanismo de movimiento de husillo y alimentan la herramienta de corte (130) a la pieza de trabajo (W) moviendo el husillo (110) en una dirección de alimentación hacia el portaherramientas (130A) ubicado en la dirección de alimentación.

FIG.1

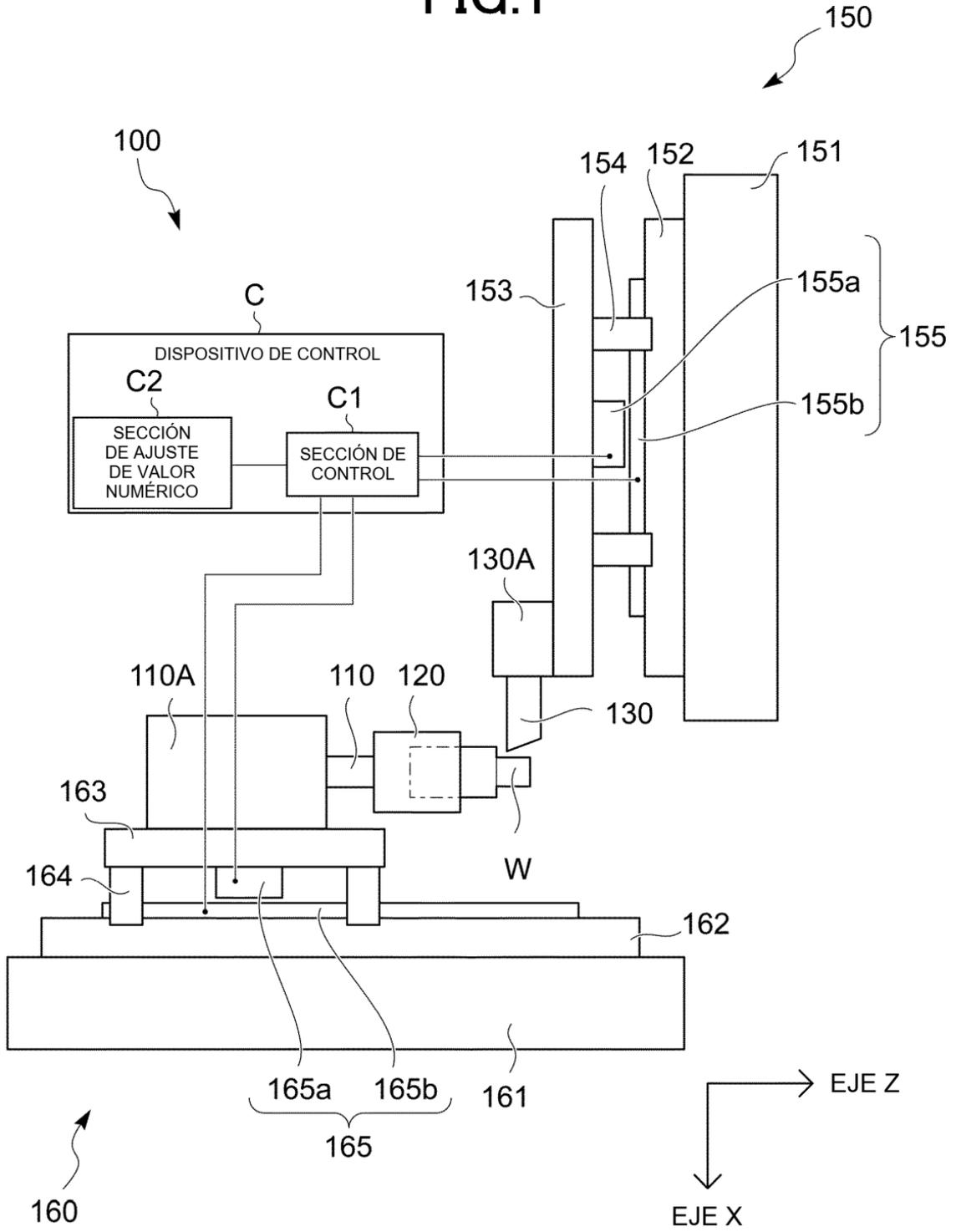


FIG.2

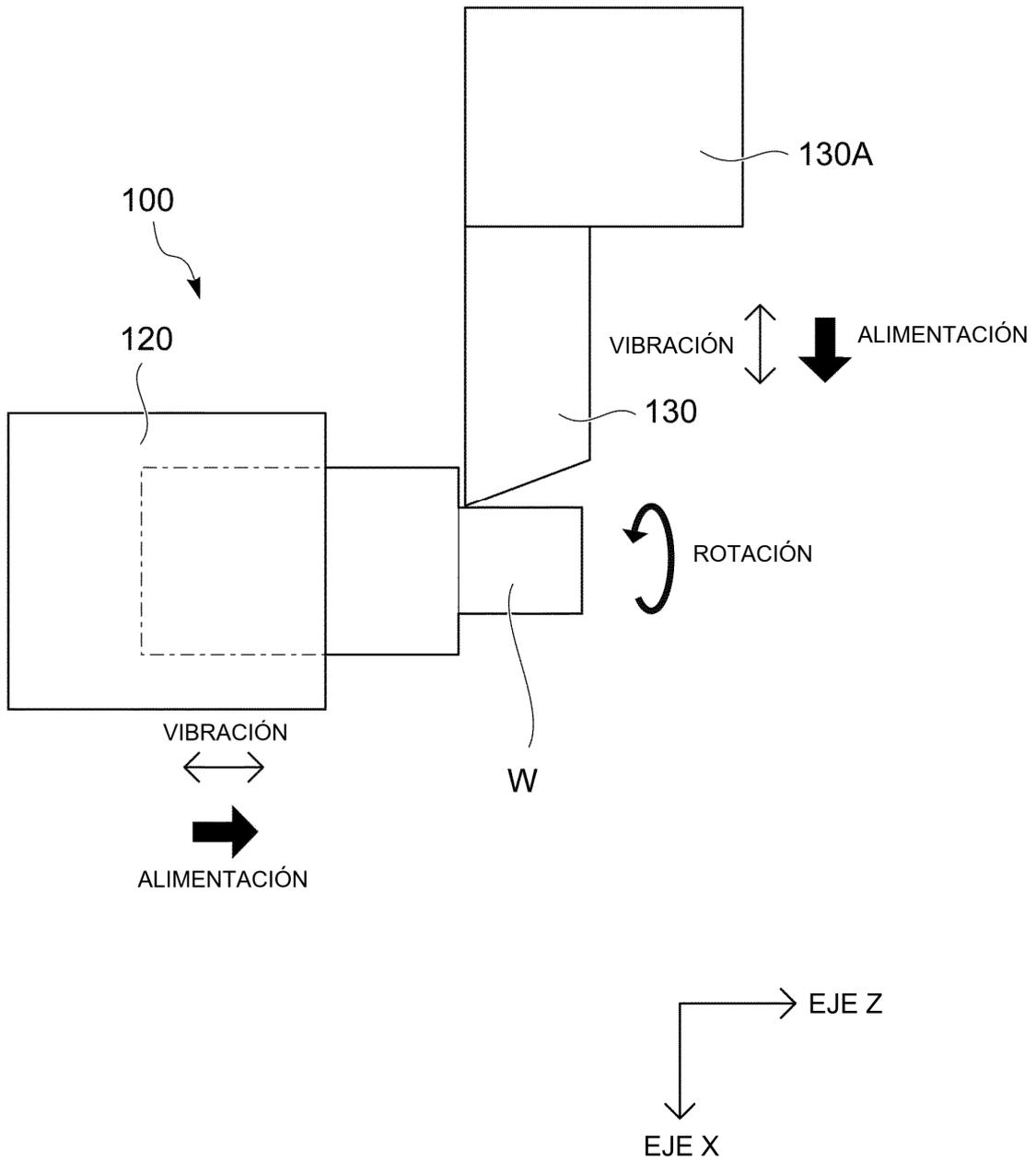
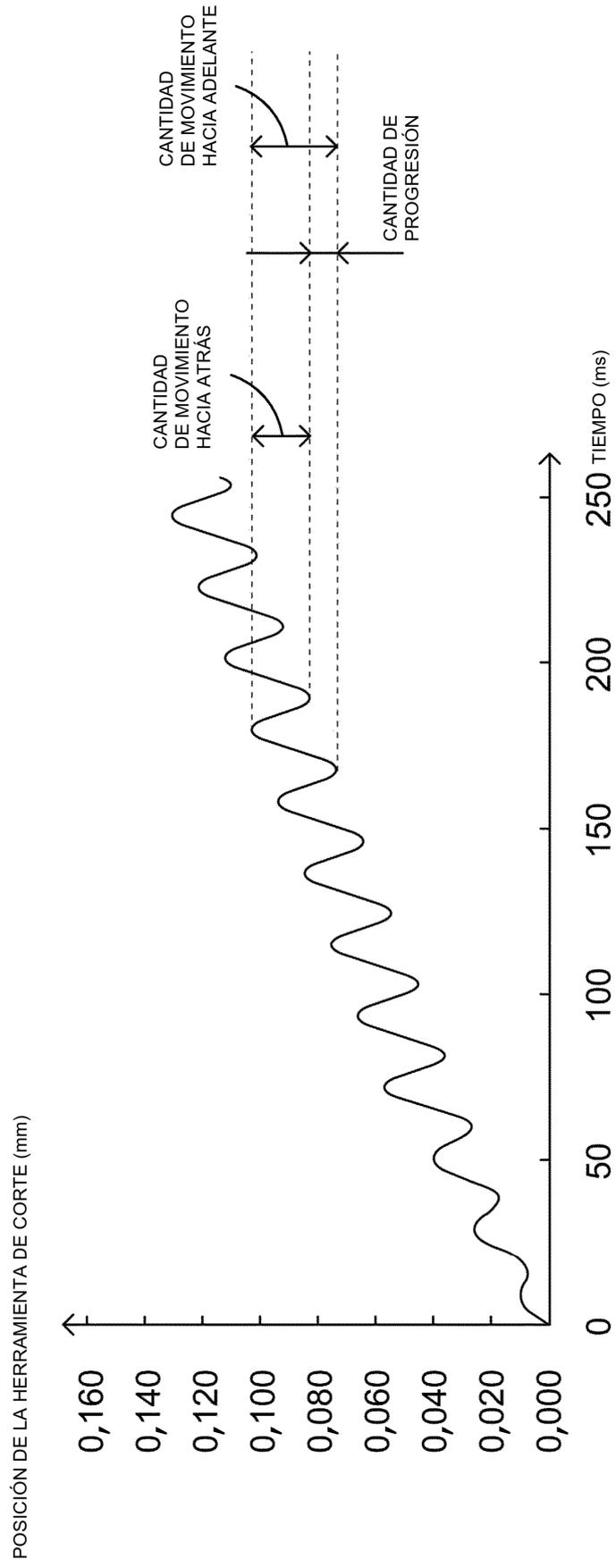


FIG.3



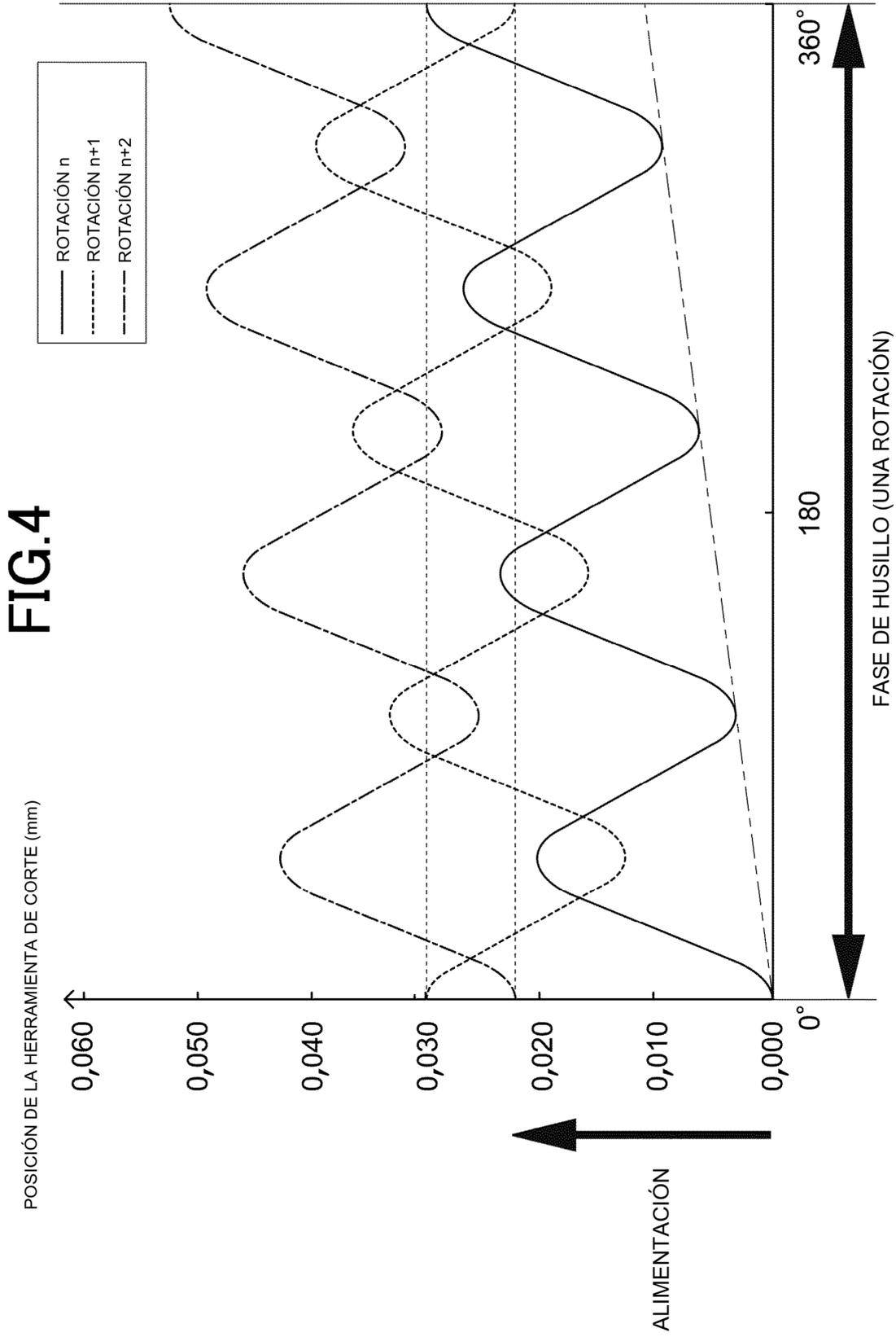


FIG.5

PERÍODO DE INSTRUCCIÓN (s)	FRECUENCIA DE VIBRACIÓN f (Hz)
0,004 × 4	62,5
0,004 × 5	50
0,004 × 6	41,666
0,004 × 7	35,714
0,004 × 8	31,25
∴	∴

FIG.6

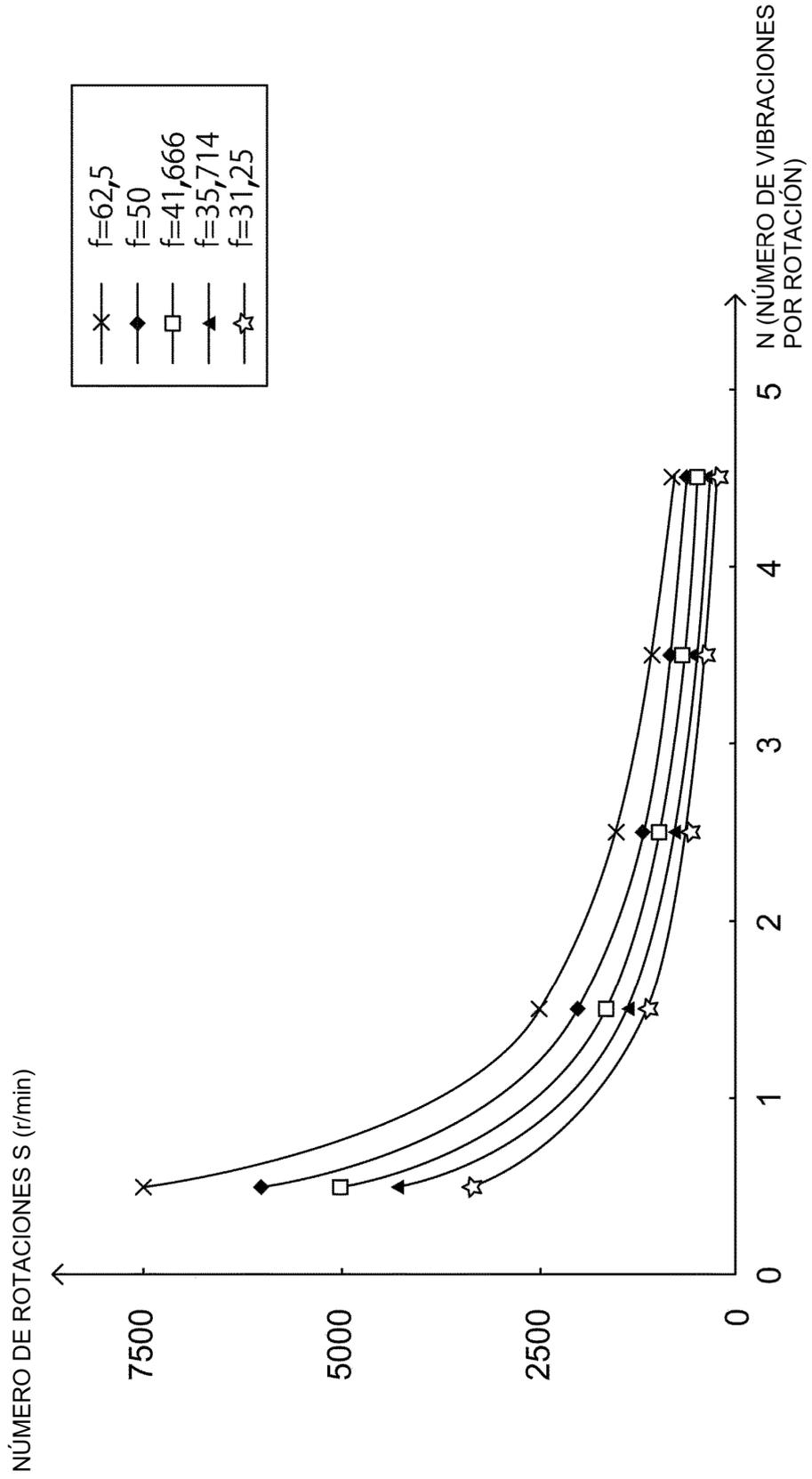


FIG.7

TABLA DE VALORES DEL NÚMERO DE ROTACIONES R (r/min) DEL HUSILLO QUE CORRESPONDEN A LOS VALORES DEL NÚMERO DE VIBRACIONES N Y LOS VALORES DE FRECUENCIA DE VIBRACIÓN f

NÚMERO DE VIBRACIONES POR ROTACIÓN DEL HUSILLO	FRECUENCIA DE VIBRACIÓN f (Hz)		
	62,5	50	41,666
3,5	1071,429	857,1429	714,2743
2,5	1500	1200	999,984
1,5	2500	2000	1666,64
0,5	7500	6000	4999,92
			...

FIG.8A

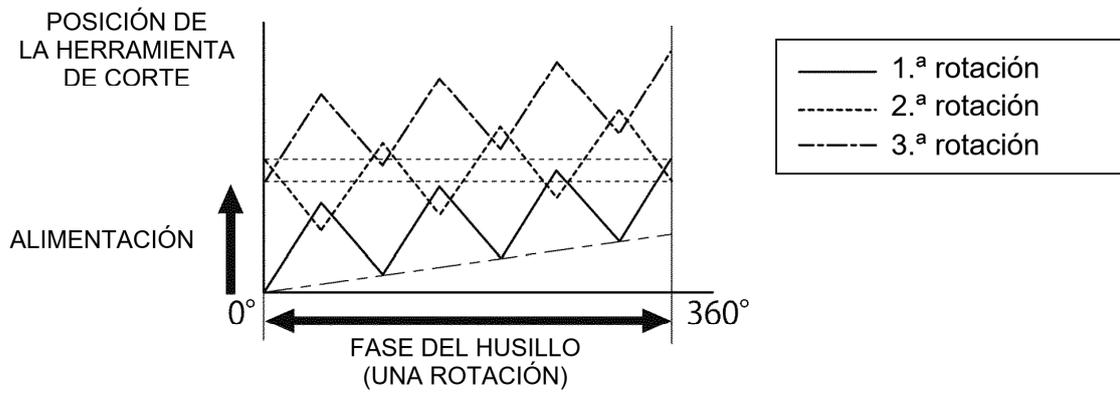


FIG.8B

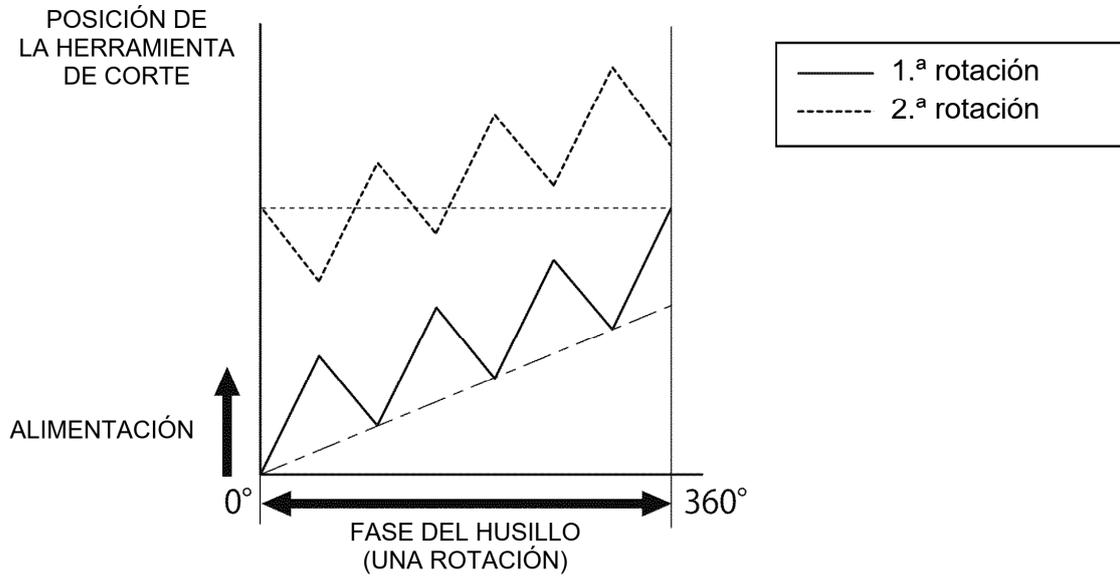


FIG.8C

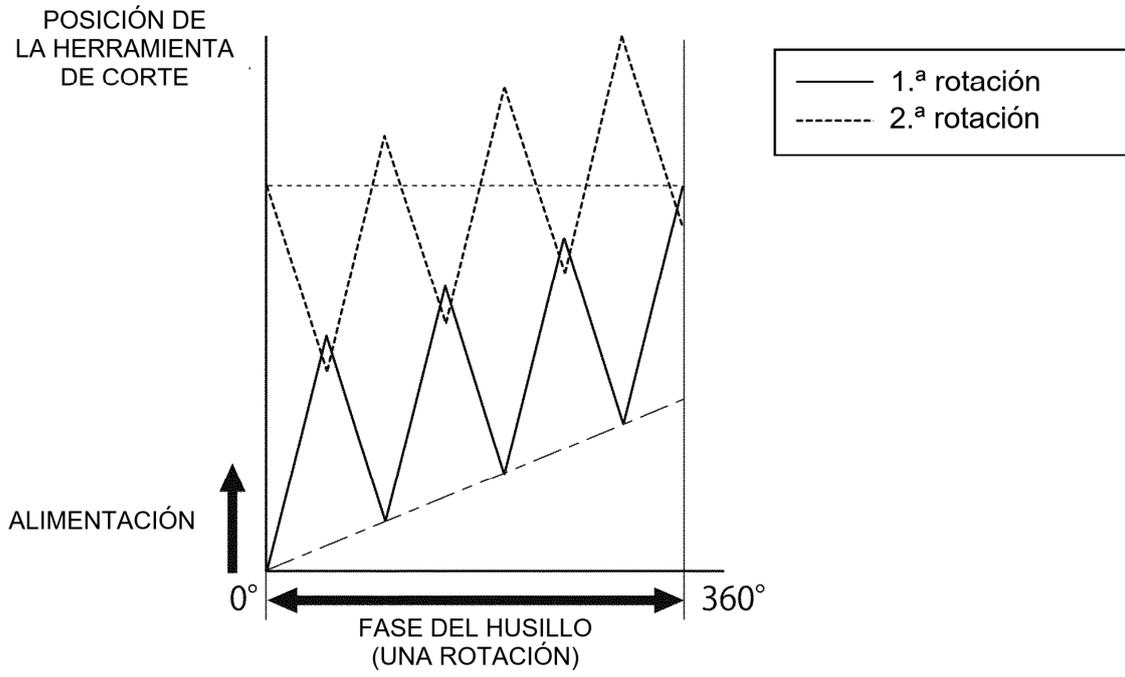


FIG.9

EJEMPLO DE PROGRAMA DE MECANIZADO

·
·
·
G△△△ P1 Q1.5 D3.5 INICIO CORTE POR VIBRACIÓN
·
·
·
G1 X7.50 Z-2.5 F0.015 CORTE AHUSADO
·
·
·
G△△△ P0 FINAL CORTE POR VIBRACIÓN
·
·
·