

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 724 332**

51 Int. Cl.:

B23H 7/26 (2006.01)

B23H 7/20 (2006.01)

G05B 19/4093 (2006.01)

B23H 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.03.2014 PCT/JP2014/055812**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.09.2015 WO15132936**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.03.2014 E 14884942 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2019 EP 3115141**

54 Título: **Procedimiento de generación de programa de procesamiento, dispositivo de generación de recorrido y máquina de descarga eléctrica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.09.2019

73 Titular/es:
**MAKINO MILLING MACHINE CO., LTD. (100.0%)
3-19 Nakane 2-chome Meguro-ku
Tokyo 152-8578, JP**

72 Inventor/es:
**HAMADA, KYOICHI;
FUJITA, KUNIO y
SHIOMIZU, TAKAYUKI**

74 Agente/Representante:
DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 724 332 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

Procedimiento de generación de programa de procesamiento, dispositivo de generación de recorrido y máquina de descarga eléctrica

5 Sector técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento para generar un programa de mecanizado, un aparato de generación de recorrido y una máquina de descarga eléctrica.

10 Técnica anterior

En las técnicas convencionales, se conoce el mecanizado por descarga eléctrica en el que se hace que tenga lugar una descarga eléctrica entre una pieza de trabajo como un objeto a mecanizar y un electrodo para mecanizar la pieza de trabajo. En el mecanizado por descarga eléctrica, una parte de la pieza de trabajo es fundida y retirada, pudiendo así ser mecanizada en la forma deseada. Como mecanizado por descarga eléctrica, se conoce un mecanizado por descarga eléctrica por hilo en el que se hace que se produzca una descarga eléctrica en una zona de descarga eléctrica de una parte central de un electrodo que se extiende linealmente de manera prolongada y el electrodo lineal se mueve con respecto a una pieza de trabajo, cortando así la pieza de trabajo. Además, se conoce un mecanizado por descarga eléctrica en el que, utilizando un electrodo en forma de varilla, se hace que tenga lugar una descarga eléctrica en un extremo de punta del electrodo en forma de varilla mientras que el electrodo en forma de varilla está introducido en el interior de una pieza de trabajo, formando así un orificio en la pieza de trabajo.

Dicho mecanizado por descarga eléctrica es adecuado para mecanizar, por ejemplo, una pieza de trabajo fabricada de un material duro. Cuando la pieza de trabajo fabricada de un material duro es sometida a un mecanizado por corte, el mecanizado es difícil y se necesita un gran número de herramientas. Por otra parte, en el mecanizado por descarga eléctrica, para fundir una parte de la pieza de trabajo, incluso la pieza de trabajo fabricada de un material duro puede ser mecanizada fácilmente. Además, en el mecanizado por descarga eléctrica en el que se forma un orificio en la pieza de trabajo usando el electrodo en forma de varilla, se puede formar un orificio que tiene un diámetro muy pequeño que es difícil de formar mediante el mecanizado por corte.

La publicación de patente japonesa abierta a inspección pública número H5-345228 da a conocer un procedimiento de mecanizado en el que, a partir de una posición inicial en la que un electrodo de herramienta está en contacto con una pieza de trabajo, el electrodo es desplazado lateralmente. En esta publicación, el desgaste longitudinal de un electrodo de rotación se simula antes del mecanizado y el desgaste se calcula a partir de un parámetro predeterminado. A continuación, se da a conocer el avance del electrodo de herramienta mientras se mecaniza la pieza de trabajo sin desgaste lateral. Un ejemplo conocido de una máquina de descarga eléctrica y de procedimiento para llevar a cabo el mecanizado por descarga eléctrica puede encontrarse en el documento EP 1 629 921 A1. Un ejemplo conocido de un procedimiento para formar un recorrido de la herramienta para usar en un sistema de procesamiento de fresado puede encontrarse en el documento EP 2 486 996 A2.

Lista de referencias

Bibliografía de patentes

45 PLT 1: publicación de patente japonesa abierta a inspección pública número H5-345228

Características de la invención

50 Problema técnico

Como se da a conocer en la publicación de patente japonesa abierta a inspección pública H5-345228 que se ha descrito anteriormente, se considera el mecanizado por descarga eléctrica en el que el mecanizado se lleva a cabo desplazando el electrodo lateralmente en relación con la pieza de trabajo desde la situación en la que el extremo de punta del electrodo en forma de varilla está introducido en la pieza de trabajo. Dicho mecanizado por descarga eléctrica es denominado mecanizado de generación, y no solo se puede formar un orificio sino, por ejemplo, una parte de ranura en una superficie a mecanizar.

En una máquina de descarga eléctrica que realiza una descarga eléctrica en el extremo de punta del electrodo en forma de varilla, el electrodo en forma de varilla está soportado por una guía del electrodo. La guía del electrodo está dispuesta adyacente al extremo de punta del electrodo en forma de varilla que mecaniza la pieza de trabajo, y tiene la función de evitar la desviación del electrodo. Por ejemplo, se mantiene una situación en la que el electrodo sobresale cierta longitud de la guía del electrodo.

65 No obstante, cuando se realiza el mecanizado de generación, la guía del electrodo está dispuesta en una posición cercana a la superficie a mecanizar de la pieza de trabajo, de modo que la guía del electrodo puede interferir con la

pieza de trabajo. Por ejemplo, cuando la superficie a mecanizar de la pieza de trabajo tiene una forma de superficie curvada, la guía del electrodo puede interferir con la superficie a mecanizar de la pieza de trabajo. O, dependiendo de la forma inicial de la pieza de trabajo, la guía del electrodo puede interferir con la pieza de trabajo durante un período de mecanizado. Si la guía del electrodo interfiere con la pieza de trabajo surge un problema en el que el mecanizado es interrumpido y la guía del electrodo se rompe.

En la invención dada a conocer en la publicación de patente que se ha descrito anteriormente, no se considera un control de la guía del electrodo cuando se mecaniza la pieza de trabajo, y la guía del electrodo puede interferir con un objeto objetivo, tal como la pieza de trabajo, cuando se mecaniza la pieza de trabajo.

Solución al problema

La invención se define mediante las reivindicaciones independientes.

Un procedimiento para generar un programa de mecanizado de la presente invención es un procedimiento para generar un programa de mecanizado de una máquina de descarga eléctrica que comprende una guía de electrodo que soporta un electrodo que tiene una forma de varilla y está configurado para formar una parte de ranura en una pieza de trabajo mediante una descarga eléctrica en una parte extrema del electrodo que sobresale de la guía del electrodo y desplazando lateralmente el electrodo con respecto a la pieza de trabajo, incluyendo el procedimiento una etapa de lectura para leer la forma inicial de una pieza de trabajo antes del mecanizado y una forma objetivo de la pieza de trabajo. El procedimiento comprende, además, una etapa de generación del recorrido del electrodo para generar un recorrido del electrodo en el que el electrodo se desplaza en relación con la pieza de trabajo a lo largo de la forma objetivo, en base a la forma objetivo de la pieza de trabajo, una etapa de generación del recorrido de la guía para generar un recorrido de la guía del electrodo a lo largo de una forma inicial de la pieza de trabajo, en base a la forma inicial de la pieza de trabajo y a los datos tridimensionales de la guía del electrodo, siendo el recorrido de la guía del electrodo diferente del recorrido del electrodo, en el que se evita la interferencia de la guía del electrodo con la pieza de trabajo, y una etapa de generación del programa de mecanizado según el recorrido del electrodo y el recorrido de la guía del electrodo.

En la invención que se ha descrito anteriormente, la etapa de generación del recorrido de la guía puede incluir una etapa de generación de un primer recorrido auxiliar de la guía del electrodo, de modo que la guía del electrodo se separa mediante una holgura predeterminada de una superficie de la pieza de trabajo que tiene la forma inicial basándose en el recorrido del electrodo, una etapa de evaluación para evaluar si la guía del electrodo interfiere o no con un objeto objetivo alrededor del primer recorrido auxiliar cuando la guía del electrodo se desplaza en el primer recorrido auxiliar, y una etapa de generación de un segundo recorrido auxiliar de la guía del electrodo en el que la guía del electrodo se separa del objeto objetivo hasta que se evita una interferencia con el objeto objetivo cuando se evalúa que la guía del electrodo interfiere con el objeto objetivo en la etapa de evaluación, y el programa de mecanizado puede ser generado mientras se configura el segundo recorrido auxiliar como el recorrido de la guía del electrodo.

En la invención que se ha descrito anteriormente, la etapa de generación del recorrido del electrodo puede incluir una etapa de corrección para corregir una cantidad de desgaste del electrodo, que se desgasta en paralelo al mecanizado por descarga eléctrica, y la etapa de corrección puede incluir una etapa de generar un recorrido en el que el electrodo se desplaza en relación con la pieza de trabajo en una dirección en la que un extremo de punta del electrodo avanza hacia la pieza de trabajo.

En la invención que se ha descrito anteriormente, la etapa de generación del recorrido del electrodo puede incluir una etapa de generar un recorrido en el que el electrodo se desplaza en relación con la pieza de trabajo mientras se mantiene una situación en la que el electrodo se extiende sustancialmente perpendicular a la superficie de la pieza de trabajo que tiene la forma objetivo.

La invención que se ha descrito anteriormente puede incluir una etapa de mostrar el recorrido del electrodo que es generado en la etapa de generación del recorrido del electrodo y el recorrido de la guía del electrodo que es generado en la etapa de generación del recorrido de la guía en una parte de visualización, y confirmar los recorridos.

Un aparato de generación de recorrido de la presente invención es un aparato de generación de recorrido para generar un recorrido de un electrodo y un recorrido de una guía del electrodo de una máquina de descarga eléctrica que comprende la guía del electrodo que soporta el electrodo que tiene una forma de varilla y está configurado para formar una ranura en una pieza de trabajo mediante una descarga eléctrica en una parte extrema del electrodo que sobresale de la guía del electrodo y desplazando lateralmente el electrodo en relación con la pieza de trabajo, comprendiendo el aparato una parte de lectura de los datos de forma que lee una forma inicial de una pieza de trabajo antes del mecanizado y una forma objetivo de la pieza de trabajo. El aparato comprende, además, una parte de generación del recorrido del electrodo que genera el recorrido del electrodo en el que el electrodo se desplaza en relación con la pieza de trabajo a lo largo de la forma objetivo, en base a la forma objetivo de la pieza de trabajo, y una parte de generación del recorrido de la guía que genera un recorrido de la guía del electrodo a lo largo de la forma inicial de la pieza de trabajo, en base a la forma inicial de la pieza de trabajo y a los datos tridimensionales de

la guía del electrodo, siendo el recorrido de la guía del electrodo diferente del recorrido del electrodo, en el que se evita la interferencia de la guía del electrodo con la pieza de trabajo.

5 Una máquina de descarga eléctrica de la presente invención comprende un electrodo que tiene una forma de varilla y realiza una descarga eléctrica entre el electrodo y una pieza de trabajo, una guía del electrodo que soporta el electrodo, un dispositivo de movimiento que desplaza relativamente el electrodo y la guía del electrodo en relación con la pieza de trabajo, y un dispositivo de control que controla el dispositivo de movimiento. El dispositivo de control realiza un control del mecanizado para formar una parte de ranura desplazando lateralmente el electrodo con respecto a la pieza de trabajo mientras se mantiene una situación en la que el electrodo está introducido en la pieza de trabajo, y cambiando la cantidad de corte del electrodo con respecto a la pieza de trabajo. El control del mecanizado incluye un control en el que el electrodo se desplaza en relación con la pieza de trabajo en un recorrido del electrodo a lo largo de una superficie de la forma objetivo de la pieza de trabajo, y la guía del electrodo se desplaza en relación con la pieza de trabajo en un recorrido de la guía del electrodo a lo largo de una forma inicial de la pieza de trabajo, siendo generado el recorrido de la guía del electrodo en base a la forma inicial de la pieza de trabajo y a los datos tridimensionales de la guía del electrodo, siendo el recorrido de la guía del electrodo diferente del recorrido del electrodo en el que se evita la interferencia de la guía del electrodo con la pieza de trabajo.

Efectos ventajosos de la invención

20 Según la presente invención, se puede dar a conocer un procedimiento para generar un programa de mecanizado, un aparato de generación de recorrido y una máquina de descarga eléctrica en los que se puede evitar la interferencia de la guía del electrodo con el objeto objetivo, tal como la pieza de trabajo, durante un período de mecanizado de la pieza de trabajo y, además, la guía del electrodo se mantiene lo más cerca posible de la pieza de trabajo, por lo que se puede realizar un mecanizado de generación de alta precisión a gran velocidad de mecanizado.

Breve descripción de los dibujos

30 La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de mecanizado según una realización.

La figura 2 es una vista frontal, esquemática, de una máquina de descarga eléctrica según la realización.

35 La figura 3 es una vista esquemática, en perspectiva, de una pieza de trabajo cuando la pieza de trabajo es mecanizada en una forma objetivo.

La figura 4 es una vista lateral ampliada, esquemática, de una parte del extremo de punta de una guía del electrodo, el electrodo y la pieza de trabajo.

40 La figura 5 es una vista lateral, esquemática, de la pieza de trabajo, la guía del electrodo y el electrodo que ilustra un primer procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica según la realización.

La figura 6 es un diagrama de flujo de un procedimiento para generar un programa de mecanizado según la realización.

45 La figura 7 es un ejemplo de imagen mostrado en una parte de visualización de un aparato CAM según la realización.

50 La figura 8 es una vista lateral ampliada, esquemática, de la parte del extremo de punta de la guía del electrodo, del electrodo y de la pieza de trabajo que ilustra un segundo procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica según la realización.

55 La figura 9 es una vista esquemática ampliada, en sección transversal, de la parte del extremo de punta de la guía del electrodo, del electrodo y de la pieza de trabajo que ilustra un tercer procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica según la realización.

La figura 10 es otra vista esquemática ampliada, en sección transversal, de la parte del extremo de punta de la guía del electrodo, del electrodo y de la pieza de trabajo que ilustra el tercer procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica según la realización.

60 La figura 11 es un diagrama de flujo de otro procedimiento para generar el programa de mecanizado según la realización.

Descripción de las realizaciones

65 Haciendo referencia de las figuras 1 a 11, se describirá un procedimiento para generar un programa de mecanizado, un aparato de generación de recorrido y una máquina de descarga eléctrica según una realización.

5 La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de mecanizado según la presente realización. El sistema de mecanizado según la presente realización comprende un dispositivo CAD (computer aided design, diseño asistido por ordenador) -40-, un aparato CAM (computer aided manufacturing, fabricación asistida por ordenador) -50- y una máquina de descarga eléctrica -30-. En este sistema de mecanizado, el aparato CAM -50- corresponde al aparato de generación de recorrido. Una forma objetivo de una pieza de trabajo puede ser generada por el dispositivo CAD -40-. Los datos -D1- de la forma objetivo de la pieza de trabajo que son generados por el dispositivo CAD -40- son introducidos en el aparato CAM -50-.

10 El aparato CAM -50- genera un programa de mecanizado -P1- de la máquina -30- de descarga eléctrica en base a una forma inicial de la pieza de trabajo antes del mecanizado y a la forma objetivo de la pieza de trabajo. El aparato CAM -50- genera el programa de mecanizado -P1- que corresponde a un recorrido de un electrodo y a un recorrido de una guía del electrodo cuando la pieza de trabajo es mecanizada por la máquina -30- de descarga eléctrica. El recorrido del electrodo según la presente realización es un recorrido relativo del electrodo en relación con la pieza de trabajo. Además, el recorrido de la guía del electrodo es un recorrido relativo de la guía del electrodo en relación con la pieza de trabajo.

15 El aparato CAM -50- incluye una parte -51- de lectura de los datos de forma y una parte -52- de generación del recorrido. La parte -51- de lectura de los datos de forma lee los datos -D1- de la forma objetivo generados por el dispositivo CAD -40-. Además, se leen los datos de forma inicial de la pieza de trabajo antes del mecanizado. Los datos de forma inicial de la pieza de trabajo antes del mecanizado pueden ser introducidos mediante una parte -56- de entrada. Alternativamente, los datos de forma inicial de la pieza de trabajo pueden ser incluidos en los datos -D1- de la forma objetivo.

20 La parte -52- de generación del recorrido genera el recorrido del electrodo y el recorrido de la guía del electrodo que difiere del recorrido del electrodo. El recorrido de la guía del electrodo puede incluir un recorrido que no se extiende paralelo al recorrido del electrodo. El recorrido del electrodo puede ser generado como una trayectoria por la que pasa un punto central del electrodo de un extremo de punta del electrodo. Por ejemplo, un centro de una forma circular del extremo de punta del electrodo que tiene una forma cilíndrica se puede establecer como el punto central del electrodo. Además, el recorrido de la guía del electrodo puede ser generado como una trayectoria por la que pasa un punto central de la guía de un extremo de punta de la guía del electrodo.

25 La parte -52- de generación del recorrido genera el recorrido del electrodo y el recorrido de la guía del electrodo en base a los datos -D1- de la forma objetivo, los datos de forma inicial de la pieza de trabajo, los datos de forma del electrodo y similares. Una parte -59- de generación del programa genera el programa -P1- de mecanizado que corresponde a los recorridos generados por la parte -52- de generación del recorrido.

30 El programa -P1- de mecanizado generado por el aparato CAM -50- es introducido en la máquina -30- de descarga eléctrica. La máquina -30- de descarga eléctrica incluye un dispositivo -31- de control numérico y una parte -32- de accionamiento de cada eje. El dispositivo -31- de control numérico funciona como un dispositivo de control de la máquina -30- de descarga eléctrica. La parte -32- de accionamiento de cada eje funciona como un dispositivo de movimiento que desplaza relativamente el electrodo y la guía del electrodo en relación con la pieza de trabajo. El dispositivo -31- de control numérico lee e interpreta el programa -P1- de mecanizado. El dispositivo -31- de control numérico realiza un servocontrol del mecanizado por descarga eléctrica, transmitiendo al mismo tiempo una instrucción de movimiento a cada parte -32- de accionamiento de cada eje en base al programa -P1- de mecanizado. A continuación, la parte -32- de accionamiento de cada eje acciona de acuerdo con el servocontrol, mediante el cual el electrodo y la guía del electrodo se desplazan con respecto a la pieza de trabajo.

35 La figura 2 es una vista frontal, esquemática, de la máquina de descarga eléctrica según la presente realización. En la máquina -30- de descarga eléctrica según la presente realización, se determinan un eje X, un eje Y y un eje Z, que son ortogonales entre sí, como las coordenadas de la máquina. En la siguiente descripción, la dirección del eje X se puede denominar como la dirección izquierda-derecha, la dirección del eje Y como la dirección frontal-posterior y la dirección del eje Z como la dirección arriba-abajo.

40 En una parte posterior de una bancada -1- que sirve como una base de pedestal, se dispone una columna -2- en vertical. En una superficie superior de la columna -2-, un deslizador X -3- está soportado de manera móvil en una dirección del eje X. En una superficie superior del deslizador X -3-, un pistón -4- es soportado de manera móvil en una dirección del eje Y. En una superficie frontal del pistón -4-, un cabezal -5- del husillo está soportado de manera móvil en la dirección del eje Z.

45 Una parte del extremo de punta de un husillo -6- de rotación sobresale de una superficie inferior del cabezal -5- del husillo. En una parte inferior del husillo -6- de rotación está montado un soporte -7- del electrodo. Debajo del soporte -7- del electrodo, está dispuesta una guía -8- del electrodo. Entre el soporte -7- del electrodo y la guía -8- del electrodo, está dispuesto un electrodo -10- a lo largo de la línea -CL0- del eje en la dirección arriba-abajo que pasa a través de los centros del soporte -7- del electrodo y de la guía -8- del electrodo. La guía -8- del electrodo está sujeta por una parte extrema inferior de un brazo -9- de sujeción. El brazo -9- de sujeción está soportado de manera móvil

en la dirección arriba-abajo por un soporte -4a- dispuesto sobre una superficie lateral del pistón -4-. Un eje de movimiento del brazo -9- de sujeción en la dirección arriba-abajo se denominará como eje W. El eje W según la presente realización es paralelo al eje Z.

5 El electrodo -10- está formado en forma de varilla. El electrodo -10- según la presente realización es un electrodo de tubo que tiene una forma cilíndrica. Un extremo superior del electrodo -10- es sostenido por el soporte -7- del electrodo. Una parte extrema de un lado inferior del electrodo -10- es soportada por la guía -8- del electrodo. El electrodo -10- se introduce en la guía -8- del electrodo en la dirección arriba-abajo. La guía -8- del electrodo está formada de manera que el electrodo -10- se desliza en el interior de la guía -8- del electrodo en la dirección
10 arriba-abajo. En el electrodo -10-, se impide una desviación en la dirección frontal-posterior y en la dirección izquierda-derecha mediante la guía -8- del electrodo. Una parte extrema del electrodo -10- que sobresale de la guía -8- del electrodo sirve como una parte de mecanizado en la que se genera una descarga eléctrica. En otras palabras, en la parte extrema del electrodo -10- en un lado que está orientado hacia la pieza de trabajo -20-, se realiza un mecanizado por descarga eléctrica.

15 Un líquido de mecanizado, tal como agua, es suministrado al interior del electrodo -10- y el líquido de mecanizado es pulverizado desde un extremo inferior del electrodo -10-. Se debe observar que se puede utilizar aceite como el líquido de mecanizado. De acuerdo con los tipos de pieza de trabajo, el mecanizado y similares, se cambia el tipo de líquido de mecanizado y el material del electrodo -10-. Se debe observar que, como el electrodo -10-, que no está
20 limitado al electrodo de tubo cilíndrico, también se puede utilizar un electrodo sólido.

En una superficie superior de la bancada -1-, se dispone una mesa -11- en la parte delantera de la columna -2-. En una superficie superior de la mesa -11- está montado un dispositivo -12- de mesa giratoria de inclinación. El dispositivo -12- de mesa giratoria de inclinación incluye un par de elementos de soporte -13- dispuestos sobre la
25 superficie superior de la mesa -11-. Entre el par de elementos de soporte -13-, está dispuesto un elemento -14- de inclinación soportado de manera giratoria en la dirección del eje B alrededor de un eje de giro CLb que se extiende en la dirección del eje Y. En una superficie extrema del elemento -14- de inclinación, está dispuesta una mesa giratoria -15- soportada de manera giratoria en la dirección de un eje A, alrededor de un eje de rotación CLa perpendicular al eje de giro CLb.

30 Una pieza de trabajo -20- está fijada a la mesa giratoria -15-. Alrededor de la mesa -11-, está dispuesto un baño -17- de mecanizado de tal manera que rodea la totalidad de la mesa -11- y el dispositivo -12- de mesa giratoria de inclinación. El baño -17- de mecanizado está formado de manera móvil en la dirección arriba-abajo. Durante el mecanizado de la pieza de trabajo, el baño -17- de mecanizado asciende como se ilustra mediante una línea de puntos y rayas. Por otra parte, el baño -17- de mecanizado desciende durante el no mecanizado, tal como una
35 operación de ajuste, como se ilustra mediante una línea continua.

La parte -32- de accionamiento de cada eje de la máquina -30- de descarga eléctrica incluye una parte de accionamiento del eje X que desplaza el deslizador X -3- en la dirección izquierda-derecha en relación con la
40 columna -2-, una parte de accionamiento del eje Y que desplaza el pistón -4- en la dirección frontal-posterior en relación con el deslizador X -3- y una parte de accionamiento del eje Z que desplaza el cabezal -5- del husillo en la dirección arriba-abajo en relación con el pistón -4-. La parte -32- de accionamiento de cada eje incluye una parte de accionamiento del husillo que hace girar el husillo -6- de rotación alrededor de la línea del eje -CL0-, una parte de accionamiento del eje B que hace girar el elemento -14- de inclinación alrededor del eje de giro CLb, y una parte de
45 accionamiento del eje A que gira la mesa giratoria -15- alrededor del eje de rotación CLa. Además, la parte -32- de accionamiento de cada eje incluye una parte de accionamiento del brazo que desplaza el brazo -9- de sujeción en la dirección arriba-abajo.

50 El electrodo -10- está formado de tal manera que puede desplazarse en relación con la pieza de trabajo -20- en la dirección del eje X, la dirección del eje Y y la dirección del eje Z. Además, el electrodo -10- está formado de tal manera que puede desplazarse en relación con la pieza de trabajo -20- en la dirección del eje B y en la dirección del eje A. Además, el brazo -9- de sujeción es desplazado por la parte de accionamiento del brazo, que permite ajustar una holgura entre la guía -8- del electrodo y una superficie de la pieza de trabajo -20-. Además, durante un período de mecanizado por descarga eléctrica, se hace girar el husillo -6- de rotación, lo que permite hacer girar el
55 electrodo -10-. Además, el cabezal -5- del husillo se acerca a la pieza de trabajo -20- mediante la parte de accionamiento del eje Z en paralelo al desgaste del electrodo -10-, y un extremo de punta del electrodo -10- puede disponerse en el recorrido deseado.

60 En la superficie frontal del pistón -4-, se dispone un detector de posición -21-, tal como una escala lineal, que detecta una posición en el eje Z del cabezal -5- del husillo en la dirección arriba-abajo. Mediante una señal del detector de posición -21-, se puede detectar una posición de una parte extrema inferior del soporte -7- del electrodo, es decir, una posición de una parte extrema superior del electrodo -10-. Un detector -22- de posición que detecta una posición del brazo -9- de sujeción en relación con el pistón -4- en una dirección del eje W está dispuesto en el soporte -4a- del brazo -9- de sujeción. Mediante una señal del detector -22- de posición, se puede detectar la
65 posición de la guía -8- del electrodo en relación con el pistón -4-. Mediante las señales emitidas por los detectores -21-, -22- de posición, se puede calcular una distancia -D- entre la parte extrema inferior del

soporte -7- del electrodo y la parte extrema superior del soporte -8- del electrodo. Si la distancia -D- está por debajo de un valor de evaluación durante un período de mecanizado, se detiene el movimiento de aproximación, por lo que se impide el contacto del soporte -7- del electrodo con la guía -8- del electrodo.

5 El baño -17- de mecanizado se desplaza en la dirección arriba-abajo, por lo que cambia la altura de una superficie líquida del líquido de mecanizado almacenado en el baño -17- de mecanizado. Si el soporte -7- del electrodo se aproxima a la guía -8- del electrodo y se empapa en el líquido de mecanizado, el husillo -6- de rotación se puede romper. Además, si el soporte -7- del electrodo se empapa en el líquido de mecanizado, el líquido de mecanizado se dispersa alrededor y puede deteriorarse el entorno de operación. En la presente realización, en el baño -17- de
10 mecanizado, se controla la posición en la dirección arriba-abajo de tal manera que cambie la altura de la superficie líquida del líquido de mecanizado según la altura de la guía -8- del electrodo.

Como pieza de trabajo -20-, se puede seleccionar cualquier material que pueda llevar a cabo el mecanizado por descarga eléctrica. En concreto, en el mecanizado por descarga eléctrica según la presente realización, es adecuada una pieza de trabajo que tenga una alta resistencia al calor y que sea difícil de mecanizar por corte. Por ejemplo, se puede utilizar una pieza de trabajo fabricada de una aleación de níquel que tiene una alta resistencia al calor.

A continuación, se describirá un primer procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica según la presente realización. En la presente realización, se realiza un mecanizado de generación que realiza el mecanizado desplazando el electrodo lateralmente en relación con la pieza de trabajo desde una situación en la que una parte extrema del electrodo está introducida en la pieza de trabajo.

La figura 3 es una vista esquemática, en perspectiva, de la pieza de trabajo después de que la pieza de trabajo se ha mecanizado hasta la forma objetivo. En la pieza de trabajo -20- antes de que se realice el mecanizado, se forma una superficie a mecanizar -20a- sobre un elemento paralelepípedo rectangular. La superficie a mecanizar -20a- es una superficie curvada y tiene una forma de curvatura. En un ejemplo de mecanizado por descarga eléctrica del presente documento, se forma una parte de ranura -80- sobre la superficie a mecanizar -20a-. Tal como se indica mediante la flecha -91-, la parte de ranura -80- se extiende a lo largo de la dirección longitudinal de la pieza de trabajo -20-. Además, la parte de ranura -80- está formada de tal manera que la profundidad de una parte extrema de la parte de ranura -80- en un lado es mayor que la profundidad de una parte extrema en el otro lado. En consecuencia, el mecanizado por descarga eléctrica se realiza mientras la máquina -30- de descarga eléctrica cambia gradualmente la profundidad de mecanizado. En otras palabras, el mecanizado por descarga eléctrica se realiza mientras se cambia la cantidad de corte del electrodo -10- en relación con la pieza de trabajo -20-.

Haciendo referencia a la figura 1 y a la figura 3, en el primer procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica, se ajusta la inclinación de la pieza de trabajo -20- de modo que una superficie inferior y una superficie superior -20b- de la pieza de trabajo -20- sean paralelas al eje X y al eje Y. En otras palabras, se ajustan los ángulos de rotación en la dirección del eje A y en la dirección del eje B. Posteriormente, en una parte extrema de una zona en un lado en el que se va a formar la parte de ranura -80-, la parte extrema del electrodo -10- está introducida en la pieza de trabajo -20- mientras se realiza la descarga eléctrica. Mientras se mantiene una situación en la que la parte extrema del electrodo -10- está introducida en la pieza de trabajo -20-, el electrodo -10- se desplaza en relación con la pieza de trabajo -20-. En el primer mecanizado por descarga eléctrica, el electrodo -10- se desplaza en relación con la pieza de trabajo -20- en la dirección del eje X y en la dirección del eje Z para formar una parte de ranura delgada. Tal como se indica mediante la flecha -91-, el mecanizado por descarga eléctrica se realiza a lo largo de la dirección longitudinal de la superficie a mecanizar -20a-.

En la presente realización, el mecanizado por descarga eléctrica individual permite formar una parte de ranura lineal. Posteriormente, el electrodo es desplazado una cantidad predeterminada de movimiento en la dirección del eje Y. Como cantidad predeterminada de movimiento, por ejemplo, se puede establecer una cantidad de movimiento correspondiente al diámetro del electrodo -10-. A continuación, se realiza un mecanizado por descarga eléctrica similar, mediante el cual se ensancha la anchura de la parte de ranura. Así, el mecanizado por descarga eléctrica para formar la ranura lineal es repetido múltiples veces cada intervalo establecido de antemano, por lo que se puede formar la parte de ranura -80- teniendo una gran anchura.

La figura 4 muestra una vista lateral esquemática de una parte del extremo de punta de la guía del electrodo, del electrodo y de la pieza de trabajo. Con relación a la superficie -82- de la pieza de trabajo -20- que tiene la forma inicial, se muestra una superficie -81- que tiene la forma objetivo. La superficie -81- corresponde a una superficie inferior de la parte de ranura -80- a formar. Desde la guía -8- del electrodo, el electrodo -10- sobresale una longitud L del saliente. La guía -8- del electrodo está dispuesta separada de la superficie -82- de la pieza de trabajo -20- mediante una holgura -d-. La cantidad de corte del electrodo -10- en la pieza de trabajo -20- se indica mediante la longitud (L-d). En el mecanizado por descarga eléctrica según la presente realización, el electrodo -10- se desplaza en relación con la pieza de trabajo -20- en una dirección distinta de la dirección en la que se extiende el electrodo -10-. En un ejemplo como el mostrado en la figura 4, tal como se indica mediante la flecha -90-, el mecanizado se realiza mientras el electrodo -10- y la guía -8- del electrodo se desplazan lateralmente en relación con la pieza de trabajo -20-.

La figura 5 muestra una vista lateral esquemática de la pieza de trabajo, la guía del electrodo y el electrodo durante un período de mecanizado de la pieza de trabajo. Haciendo referencia a la figura 4 y a la figura 5, la profundidad de la parte de ranura -80- cambia a lo largo de una dirección en la que se extiende la parte de ranura -80-. En el primer procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica, la holgura -d- entre la guía -8- del electrodo y la superficie a mecanizar -20a- de la pieza de trabajo -20- se mantiene constante. En consecuencia, la cantidad de corte del electrodo -10- en relación con la pieza de trabajo -20- cambia a lo largo de una dirección de mecanizado en la que se extiende la parte de ranura -80-. Por consiguiente, las longitudes -L1-, -L2- de saliente del electrodo -10- cambian de acuerdo con la profundidad de la superficie -81- de la forma objetivo.

En la máquina -30- de descarga eléctrica según la presente realización, se realiza un control de mecanizado en el que la pieza de trabajo -20- es mecanizada mientras se cambia la cantidad de corte del electrodo -10- en la pieza de trabajo -20-. En el control del mecanizado, el electrodo -10- se desplaza en relación con la pieza de trabajo -20- en un recorrido a lo largo de la superficie -81- de la pieza de trabajo -20- que tiene la forma objetivo. Además, la guía -8- del electrodo se desplaza en relación con la pieza de trabajo -20- en un recorrido en el que se evita la interferencia de la guía -8- del electrodo con la pieza de trabajo -20-.

El recorrido del electrodo es un recorrido por el que pasa un punto -10a- central del electrodo del electrodo -10-. El recorrido del electrodo es indicado por la flecha -101-. El recorrido de la guía del electrodo es un recorrido por el que pasa el punto -8a- central de la guía. El recorrido de la guía del electrodo es indicado por la flecha -102-. El recorrido del electrodo se extiende paralelo a lo largo de la superficie -81- que tiene la forma objetivo. Además, tal como se indica mediante la flecha -102-, el recorrido de la guía del electrodo se extiende a lo largo de la superficie -82- en la forma inicial antes del mecanizado de la pieza de trabajo -20-.

El dispositivo -31- de control numérico de la máquina -30- de descarga eléctrica hace que el electrodo -10- se desplace en base al recorrido del electrodo. El punto -10a- central del electrodo se desplaza a lo largo del recorrido del electrodo tal como se indica mediante la flecha -101-. Además, el dispositivo -31- de control numérico de la máquina -30- de descarga eléctrica hace que la guía -8- del electrodo se desplace en base al recorrido de la guía del electrodo. El punto -8a- central de la guía se desplaza a lo largo del recorrido de la guía del electrodo tal como se indica mediante la flecha -102-. El electrodo -10- se desplaza en relación con la pieza de trabajo -20- en la dirección del eje X y en la dirección del eje Z. La guía -8- del electrodo se desplaza en relación con la pieza de trabajo -20- en la dirección del eje X y en la dirección del eje W.

En el control del mecanizado según la presente realización, el electrodo -10- se desplaza en relación con la pieza de trabajo -20- en el recorrido a lo largo de la superficie -81- de la pieza de trabajo -20- que tiene la forma objetivo. Además, en el control de mecanizado, la guía -8- del electrodo se desplaza en relación con la pieza de trabajo -20- en el recorrido en el que se evita la interferencia de la guía -8- del electrodo con la pieza de trabajo -20-. El movimiento relativo de la guía -8- del electrodo se realiza en el recorrido de la guía del electrodo que no es paralelo al recorrido del electrodo y se extiende en una dirección diferente del recorrido del electrodo. En otras palabras, se realiza una operación del eje W de la guía -8- del electrodo de forma independiente a la operación del eje Z del electrodo -10-. En consecuencia, incluso si la pieza de trabajo se mecaniza mientras se cambia la cantidad de corte del electrodo -10- en relación con la pieza de trabajo -20-, se puede evitar la interferencia de la guía -8- del electrodo con la pieza de trabajo -20-.

A continuación, se describirá un procedimiento para generar el programa de mecanizado, tal como un control de mecanizado. En el procedimiento para generar el programa de mecanizado según la presente realización, se genera el recorrido de la guía del electrodo que es diferente del recorrido del electrodo, y se genera el programa de mecanizado de la máquina -30- de descarga eléctrica que realiza el mecanizado en el recorrido del electrodo y el recorrido de la guía del electrodo.

Haciendo referencia a la figura 1, tal programa de mecanizado puede ser generado por el aparato CAM -50-. La parte -52- de generación del recorrido del aparato CAM -50- incluye una parte -53- de generación del recorrido del electrodo que genera el recorrido del electrodo y una parte -54- de generación del recorrido de la guía que genera el recorrido de la guía del electrodo.

Cuando se mecaniza la pieza de trabajo mediante el mecanizado por descarga eléctrica, una parte del extremo de punta del electrodo -10- que realiza la descarga eléctrica entre el electrodo y una pieza de trabajo se desgasta gradualmente. En consecuencia, se realiza un control de corrección que transfiere el electrodo -10- en relación con la pieza de trabajo -20- en la dirección del eje Z, de modo que el punto -10a- central del electrodo del extremo de punta del electrodo -10- avanza por el recorrido deseado del electrodo. La parte -52- de generación del recorrido incluye una parte -55- de corrección por desgaste del electrodo que corrige la cantidad de desgaste del electrodo -10-.

El aparato CAM -50- incluye una parte -56- de entrada que puede realizar la entrada deseada en la parte -52- de generación del recorrido y la parte -51- de lectura de los datos de forma. El aparato CAM -50- tiene una función de mostrar una imagen del modelo tridimensional en una parte -58- de visualización de modo que los recorridos

generados por la parte -52- de generación del recorrido pueden ser confirmados visualmente por un usuario. Una parte -57- de control de la visualización hace que la parte -58- de visualización muestre la imagen del modelo tridimensional en base al recorrido generado por la parte -52- de generación del recorrido.

5 La figura 6 muestra un diagrama de flujo del procedimiento para generar el programa de mecanizado. Haciendo referencia a la figura 1 y a la figura 6, en primer lugar, se realiza una etapa de lectura para leer la forma inicial de la pieza de trabajo antes del mecanizado y la forma objetivo de la pieza de trabajo. En la etapa -111-, se leen los datos tridimensionales. La parte -51- de lectura de los datos de forma lee los datos -D1- de la forma objetivo generados por el dispositivo CAD -40-. Además, la forma inicial de la pieza de trabajo puede ser introducida, por ejemplo, desde la parte -56- de entrada a la parte -51- de lectura de los datos de forma. Alternativamente, los datos de forma inicial de la pieza de trabajo pueden ser incluidos en los datos -D1- de la forma objetivo.

15 A continuación, en la etapa -112- se realiza una etapa de generación del recorrido del electrodo para generar el recorrido del electrodo. La parte -53- de generación del recorrido del electrodo de la parte -52- de generación del recorrido genera el recorrido del electrodo en base a la forma objetivo de la pieza de trabajo -20-. Haciendo referencia a la figura 4 y a la figura 5, en el primer mecanizado por descarga eléctrica, se genera el recorrido del electrodo a lo largo de la superficie -81- en la forma objetivo, tal como se indica mediante la flecha -101-. El recorrido del electrodo del presente documento tiene una sección que se extiende en una dirección inclinada, u ortogonal, con respecto a la dirección del eje Z en la que se extiende el electrodo -10-. En la presente realización, en una dirección distinta de la dirección en la que se extiende el electrodo -10-, se genera el recorrido del electrodo por el que el electrodo se desplaza en relación con la pieza de trabajo.

25 Haciendo referencia a la figura 1 y a la figura 6, posteriormente, en la etapa -113-, se realiza una etapa de generación del recorrido de la guía para generar el recorrido de la guía del electrodo. La parte -54- de generación del recorrido de la guía de la parte -52- de generación del recorrido genera el recorrido en el que la interferencia de la guía -8- del electrodo con la pieza de trabajo -20- se basa en la forma inicial de la pieza de trabajo -20-. Haciendo referencia a la figura 4 y a la figura 5, en el primer mecanizado por descarga eléctrica, se genera el recorrido de la guía del electrodo paralelo a la superficie -82- antes del mecanizado de la pieza de trabajo -20-. En concreto, el recorrido de la guía del electrodo se genera en una posición separada mediante la distancia -d- de la superficie -82- de la pieza de trabajo -20- que tiene la forma inicial. La distancia -d- se establece de antemano.

35 Dicho recorrido del electrodo y dicho recorrido de la guía del electrodo pueden ser generados modelando datos tridimensionales de la máquina de descarga eléctrica, del electrodo, de la guía del electrodo, de la pieza de trabajo y similares, y analizando un movimiento de cada parte modelada. Por ejemplo, cada modelo puede ser generado en base a los datos -D1- de la forma objetivo emitidos por el dispositivo CAD -40-, los datos de forma inicial de la pieza de trabajo, los datos tridimensionales de la máquina de descarga eléctrica y similares.

40 A continuación, en la etapa -114-, una etapa de corrección para corregir la cantidad de desgaste del electrodo que se desgasta como consecuencia del mecanizado por descarga eléctrica. En la etapa de corrección, se realiza una corrección en la que el punto -10a- central del electrodo cuando se supone que no existe desgaste del electrodo -10- se hace avanzar hacia la pieza de trabajo -20-. Haciendo referencia a la figura 2, el cabezal -5- del husillo es desplazado excesivamente en una dirección negativa del eje Z en comparación con una posición establecida por el recorrido del electrodo. Como la cantidad de alimentación que compensa el desgaste del electrodo -10-, se puede establecer un cierto valor de antemano en base al material de la pieza de trabajo -20-, a la cantidad de corte, al tipo de electrodo -10- y similares. Se realiza la corrección, por lo que se compensa la cantidad de desgaste del electrodo -10- y el punto -10a- central del electrodo del electrodo -10- puede estar dispuesto en el recorrido del electrodo. Se debe observar que la corrección con respecto al desgaste del electrodo puede no realizarse en esta etapa, sino que puede realizarse en una etapa de generación del programa de mecanizado mediante la parte -59- de generación del programa en la etapa -119-.

50 Basándose en el recorrido del electrodo y el recorrido de la guía del electrodo así generados, y en una cantidad de corrección del desgaste del electrodo, se determinan los movimientos de los ejes de movimiento, tales como los ejes lineales que son el eje X, el eje Y y el eje Z, y los ejes de rotación que son el eje A y el eje B. Además, se determina un movimiento del eje W que desplaza el brazo -9- de sujeción.

55 A continuación, en la etapa -115-, basándose en el recorrido del electrodo y el recorrido de la guía del electrodo que han sido generados, y en la cantidad de corrección por el desgaste, se muestra un resultado de una simulación tridimensional de la máquina de descarga eléctrica. Haciendo referencia a la figura 1, la parte -57- de control de la visualización genera una imagen de la simulación tridimensional en base al recorrido del electrodo, el recorrido de la guía del electrodo y la cantidad de corrección del desgaste. La imagen de la simulación puede ser generada modelando datos tridimensionales de la máquina de descarga eléctrica, del electrodo y de la guía del electrodo. A continuación, la parte -58- de visualización muestra la imagen del resultado de la simulación.

65 La figura 7 muestra un ejemplo de la imagen del resultado de la simulación, que se muestra en la parte de visualización. En una imagen -88- de la simulación, por ejemplo, se muestra una parte principal de una parte en la

que se realiza el mecanizado. Además, de acuerdo con una situación de progreso del mecanizado, se puede confirmar una posición de cada componente, tal como el electrodo, en una situación ampliada.

5 Haciendo referencia a la figura 6, a continuación, en la etapa -116-, el usuario confirma la imagen -88- de la simulación para confirmar que no exista ningún fallo en el recorrido del electrodo y el recorrido de la guía del electrodo. Por ejemplo, se evalúa si la guía -8- del electrodo interfiere o no con un objeto objetivo tal como la pieza de trabajo -20-. En la etapa -116-, cuando existe un fallo en el recorrido del electrodo o en el recorrido de la guía del electrodo que se han generado, la rutina avanza a la etapa -117-.

10 En la etapa -117-, se introduce una modificación del recorrido del electrodo o del recorrido de la guía del electrodo. La modificación del recorrido puede ser introducida en la parte -56- de entrada (véase la figura 1). A continuación, en la etapa -118-, se realiza una modificación del recorrido en base a la modificación. Posteriormente, la rutina vuelve a la etapa -115-. Así, hasta que la modificación del recorrido del electrodo y del recorrido de la guía del electrodo que se han generado sea innecesaria, se realiza una repetición desde la etapa -115- hasta la etapa -118-. En la
15 etapa -116-, cuando no existe ningún fallo en el recorrido del electrodo y en el recorrido de la guía del electrodo que se han generado, la rutina avanza a la etapa -119-.

En la etapa -119-, se realiza una etapa de generación del programa para generar el programa de mecanizado. Haciendo referencia a la figura 1, se realiza la generación del programa -P1- de mecanizado mediante la
20 parte -59- de generación del programa. La parte -59- de generación del programa genera el programa -P1- de mecanizado basándose en el recorrido del electrodo, el recorrido de la guía del electrodo y la cantidad de corrección del desgaste.

El programa -P1- de mecanizado generado en la presente realización incluye, además de la información de una
25 posición relativa del electrodo -10- en relación con la pieza de trabajo -20-, información de una posición relativa de la guía -8- del electrodo en relación con la pieza de trabajo -20-. En concreto, en el programa -P1- de mecanizado, se establece la información de un movimiento en la dirección del eje W que cambia la posición de la guía -8- del electrodo. Alternativamente, el programa -P1- de mecanizado incluye una instrucción de la parte de accionamiento del brazo que desplaza el brazo -9- de sujeción en la dirección del eje W.
30

Así, en el procedimiento para generar el programa de mecanizado según la presente realización, se establece el
recorrido de la guía del electrodo que es diferente del recorrido del electrodo. En consecuencia, se puede generar el
programa de mecanizado que puede evitar la interferencia de la guía -8- del electrodo con un objeto objetivo, tal
como la pieza de trabajo, durante el período de mecanizado de la pieza de trabajo -20-. Además, el aparato de
35 generación del recorrido puede generar un recorrido que permite a la guía -8- del electrodo evitar la interferencia con un objeto objetivo tal como la pieza de trabajo.

En el procedimiento para generar el programa de mecanizado, la etapa de generación del recorrido de la guía
40 incluye una etapa de generar el recorrido de la guía del electrodo a lo largo de la superficie de la pieza de trabajo -20- que tiene la forma inicial. Adoptando el procedimiento, se puede generar fácilmente el recorrido de la guía del electrodo. Se debe observar que un procedimiento para generar el recorrido de la guía del electrodo no está limitado a esta realización y puede ser cualesquiera procedimientos siempre que se genere un recorrido en el que se evita la interferencia de la guía -8- del electrodo con un objeto objetivo tal como la pieza de trabajo -20-.

45 Además, la etapa de generación del recorrido del electrodo incluye una etapa de corrección para corregir una cantidad de desgaste del electrodo -10- que se desgasta en paralelo al mecanizado por descarga eléctrica. Mediante el procedimiento, se compensa el desgaste del extremo de punta del electrodo -10- y se puede realizar el mecanizado en la forma objetivo deseada. Además, el aparato de generación del recorrido puede generar un
50 recorrido que compensa el desgaste del extremo de punta del electrodo -10-.

A continuación, se explicará un segundo procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica según la presente
realización. Haciendo referencia a la figura 5, en el primer procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica, se
realiza el mecanizado mientras se mantiene constante la inclinación de la pieza de trabajo -20- en relación con la
dirección en la que se extiende el electrodo -10-. Por otra parte, en el segundo procedimiento de mecanizado por
55 descarga eléctrica, se realiza el mecanizado mientras se cambia la inclinación de la pieza de trabajo en relación con la dirección en la que se extiende el electrodo -10-. En el segundo procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica, se realiza el mecanizado por descarga eléctrica mientras está en una situación en la que el electrodo -10- se extiende en una dirección sustancialmente perpendicular a la superficie de la forma objetivo de la
60 pieza de trabajo -20-.

Haciendo referencia a la figura 3, la superficie inferior de la parte de ranura -80- tiene una forma curvada. En el
segundo procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica, se mantiene una situación en la que la superficie
inferior de la ranura -80- que se ha generado y la dirección en la que se extiende el electrodo -10- son
sustancialmente perpendiculares. Haciendo referencia a la figura 1, en el segundo procedimiento de mecanizado por
65 descarga eléctrica, se realiza el mecanizado mientras se forma la parte de ranura -80- y se hace girar el elemento -14- de inclinación en la dirección del eje B.

La figura 8 es una visa lateral esquemática, ampliada, de la parte del extremo de punta de la guía del electrodo, del electrodo y de la pieza de trabajo que ilustra el segundo procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica. La superficie -81- de la forma objetivo de la pieza de trabajo -20- está inclinada con respecto a la superficie -82- de la forma inicial. No obstante, la inclinación de la pieza de trabajo -20- se ajusta mediante el elemento -14- de inclinación, por lo que el electrodo -10- puede estar dispuesto de modo que la dirección en la que se extiende el electrodo -10- es sustancialmente perpendicular a la superficie -81- de la forma objetivo. Haciendo referencia a la figura 2 y a la figura 8, cuando se realiza el mecanizado, por ejemplo, el electrodo -10- se desplaza en la dirección del eje X y en la dirección del eje Z mientras se cambia la inclinación de la pieza de trabajo -20- a la dirección del eje B, tal como se indica mediante la flecha -92-, por lo que se puede realizar el mecanizado.

El recorrido del electrodo puede ajustarse a un recorrido sustancialmente paralelo a la superficie -81- de la forma objetivo, tal como se indica mediante la flecha -101-. El recorrido de la guía del electrodo se ajusta a un recorrido en el que la guía -8- del electrodo está separada mediante la holgura -d- de la superficie -82- de la forma inicial.

Haciendo referencia a la figura 4, en el primer procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica, la holgura -d- es una distancia entre el extremo de punta de la guía -8- del electrodo y la superficie -82- de la pieza de trabajo -20-. Por otra parte, en el segundo procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica, la pieza de trabajo -20- está inclinada, por lo que la parte más cercana a la superficie -82- de la pieza de trabajo -20- cambia. En un ejemplo como el mostrado en la figura 8, una parte extrema lateral de la guía -8- del electrodo es la más cercana a la superficie -82- de la pieza de trabajo -20-. Así, la parte de la guía -8- del electrodo que es la más cercana a la superficie -82- de la pieza de trabajo -20- puede también ser especificada analizando el modelo tridimensional.

A continuación, el recorrido de la guía del electrodo en el que la guía -8- del electrodo está separada de la pieza de trabajo -20- en la dirección del eje W puede ser generado de modo que la holgura entre la guía -8- del electrodo y la pieza de trabajo -20- es -d- en la parte más cercana. Tal como se indica mediante la flecha -102-, el recorrido de la guía del electrodo se extiende sin ser paralelo al recorrido del electrodo mientras cambia la distancia desde la superficie -82-.

En el segundo procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica, dado que el mecanizado se realiza mientras se mantiene una situación en la que el electrodo se extiende sustancialmente perpendicular a la superficie -81- de la pieza de trabajo -20- que tiene la forma objetivo, el desgaste del electrodo -10- es uniforme y se mejora la precisión de mecanizado. Se puede generar un programa de mecanizado para realizar el segundo procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica mediante un proceso similar al programa de mecanizado del primer procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica (véase la figura 6). En el procedimiento para generar el programa de mecanizado del segundo procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica, se puede generar el programa de mecanizado que mejora la precisión del mecanizado de la pieza de trabajo.

En el segundo procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica, se realiza el mecanizado mientras se cambia el ángulo de rotación en la dirección del eje B. La realización no se limita a esto, y el procedimiento también se puede aplicar a un mecanizado en el que se cambia el ángulo de rotación en la dirección del eje A de acuerdo con la forma objetivo de la pieza de trabajo.

A continuación, se explicará un tercer procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica según la presente realización. En el tercer procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica, la etapa de generar el recorrido de la guía del electrodo difiere del primer procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica y del segundo procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica.

La figura 9 muestra una vista esquemática, en sección transversal, de una situación inicial del tercer procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica según la presente realización. En el tercer procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica, se forma de antemano una parte -83- de ranura en la pieza de trabajo -20-. En otras palabras, la parte -83- de ranura se forma en la forma inicial de la pieza de trabajo -20-. En el tercer procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica, se forma la parte de ranura -80- en el interior de la parte -83- de ranura. A este respecto, la anchura de una parte extrema de la parte -83- de ranura en un lado que se forma de antemano es mayor que la anchura de la guía -8- del electrodo. En consecuencia, en una etapa inicial del mecanizado por descarga eléctrica, se puede realizar el mecanizado mientras la guía -8- del electrodo está dispuesta en el interior de la parte -83- de ranura.

La holgura -d- entre la guía -8- del electrodo y la superficie -82- de la forma inicial de la pieza de trabajo -20- es preferentemente pequeña. Al configurar la holgura -d- para que sea corta, se elimina la desviación del electrodo -10-, de modo que se puede mejorar la velocidad de mecanizado y la precisión del mecanizado. En la etapa inicial del mecanizado por descarga eléctrica, la holgura -d- está controlada para ser un valor predeterminado. Por ejemplo, la holgura -d- está controlada para ser mínima a efectos de eliminar la desviación del electrodo -10-. En consecuencia, se puede controlar asimismo la longitud -L3- de saliente del electrodo -10- para que sea un valor mínimo.

65

La figura 10 muestra una vista esquemática, en sección transversal, de una situación terminal del tercer procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica según la presente realización. La parte -83- de ranura tiene una forma en la que la anchura se reduce gradualmente a lo largo de la dirección en la que se extiende la ranura -83-. A continuación, en una etapa terminal del mecanizado por descarga eléctrica, la anchura de la parte -83- de ranura es más pequeña que la anchura de la guía -8- del electrodo.

En la figura 10, la guía -8- del electrodo dispuesta de modo que la holgura -d- es mínima, está indicada por una línea de puntos y rayas. Cuando el recorrido de la guía del electrodo es generado de modo que la holgura -d- es mínima, la guía -8- del electrodo interfiere con una superficie de pared de la parte -83- de ranura. En consecuencia, en el tercer procedimiento de mecanizado por descarga eléctrica, tal como se indica mediante la flecha -93-, se realiza el mecanizado mientras la guía -8- del electrodo está separada de la pieza de trabajo -20- hasta que se puede evitar la interferencia con la pieza de trabajo -20-. En este ejemplo, la guía -8- del electrodo es extraída en la dirección en la que se extiende el electrodo -10-, es decir, en la dirección del eje W. El recorrido de la guía -8- del electrodo se establece de modo que la distancia mínima entre la pieza de trabajo -20- y la guía -8- del electrodo en la dirección del eje Z es la holgura -d-.

En el procedimiento para generar el programa de mecanizado para realizar dicho mecanizado por descarga eléctrica, en primer lugar, se realiza la etapa de generación del recorrido del electrodo para establecer el recorrido del electrodo. Posteriormente, se genera un primer recorrido auxiliar de la guía -8- del electrodo, de modo que la guía -8- del electrodo se mueve separada de la superficie -82- de la pieza de trabajo que tiene la forma inicial mediante una holgura -d- predeterminada, basándose en el recorrido del electrodo. En la presente realización, se genera el primer recorrido auxiliar, de modo que se realiza un movimiento mientras la holgura -d- se mantiene al mínimo.

A continuación, se realiza la etapa de evaluación para evaluar si la guía -8- del electrodo interfiere o no con la pieza de trabajo -20- alrededor del primer recorrido auxiliar, cuando la guía -8- del electrodo se mueve en el primer recorrido auxiliar. Después, cuando se evalúa que la guía -8- del electrodo interfiere con la pieza de trabajo -20-, se genera un segundo recorrido auxiliar en el que la guía -8- del electrodo está separada de la pieza de trabajo, de modo que se evita la interferencia con la pieza de trabajo -20-. A continuación, se genera el programa de mecanizado en base al recorrido del electrodo y al segundo recorrido auxiliar de la guía del electrodo.

La figura 11 muestra un diagrama de flujo de otro procedimiento para generar el programa de mecanizado según la presente realización. La etapa -111- y la etapa -112- son similares al procedimiento para generar el programa de mecanizado según se ilustra en la figura 6. Después de que se ha generado el recorrido del electrodo en la etapa -112-, se realiza la etapa de generación del recorrido de la guía para generar el recorrido de la guía del electrodo. El recorrido de la guía del electrodo puede ser generado por la parte -54- de generación del recorrido de la guía (véase la figura 1).

En la etapa -121-, se genera el primer recorrido auxiliar de la guía -8- del electrodo. El primer recorrido auxiliar puede ser generado en base al recorrido del electrodo. Como el primer recorrido auxiliar, por ejemplo, se puede generar un recorrido que hace que se mantenga la holgura -d- mínima en relación con la superficie -82- de la pieza de trabajo -20- y sea, además, paralelo al recorrido del electrodo.

A continuación, en la etapa -122-, se realiza una etapa de evaluación para evaluar si tiene lugar o no la interferencia de la guía -8- del electrodo. En la presente realización, utilizando un modelo tridimensional tal como la máquina -30- de descarga eléctrica y la pieza de trabajo -20-, se evalúa si tiene lugar o no la interferencia con la pieza de trabajo -20- si la guía -8- del electrodo es desplazada en el primer recorrido auxiliar. Se debe observar que como objeto objetivo que puede causar la interferencia de la guía -8- del electrodo alrededor del primer recorrido auxiliar, la pieza de trabajo -20- no es limitativa, y se pueden adoptar cualesquiera componentes tal como una parte de la máquina -30- de descarga eléctrica.

En la etapa -122-, cuando se evalúa que no tiene lugar la interferencia de la guía -8- del electrodo, la rutina avanza a la etapa -123-. En la etapa -123-, se establece el primer recorrido auxiliar al recorrido de la guía del electrodo. En la etapa -122-, cuando se evalúa que tiene lugar la interferencia de la guía -8- del electrodo, la rutina avanza a la etapa -124-.

En la etapa -124-, el primer recorrido auxiliar se modifica para generar el segundo recorrido auxiliar. En la presente realización, en una sección en la que tiene lugar una interferencia de la guía -8- del electrodo, la guía -8- del electrodo se retira a tal posición que la guía -8- del electrodo no interfiere con la pieza de trabajo -20-. En la presente realización, el primer recorrido auxiliar de la guía -8- del electrodo se mueve en la dirección del eje W. A continuación, se genera el segundo recorrido auxiliar en el que no tiene lugar ninguna interferencia con la pieza de trabajo -20-. A continuación, en la etapa -125-, el segundo recorrido auxiliar se establece como el recorrido de la guía del electrodo.

Las siguientes etapas -114- a -119- siguientes son similares al procedimiento para generar el programa de mecanizado como se ilustra en la figura 6.

- 5 En otro procedimiento para generar el programa de mecanizado según la presente realización, se evalúa si la guía del electrodo interfiere o no con un objeto objetivo tal como la pieza de trabajo. En consecuencia, se puede evitar de modo fiable la interferencia de la guía del electrodo. Además, la holgura entre la superficie de la pieza de trabajo que tiene la forma inicial y la guía del electrodo se puede establecer para que sea corta dentro de un intervalo en el que se evita la interferencia con un objeto objetivo, de acuerdo con una forma momentánea de una parte a mecanizar de la pieza de trabajo, se elimina la desviación del electrodo y se pueden mejorar la velocidad de mecanizado y la precisión del mecanizado.
- 10 La realización tal como se describe anteriormente se ha descrito mediante ejemplos ilustrativos en los que la parte de ranura se forma como un ejemplo de mecanizado de la pieza de trabajo, pero el mecanizado de la pieza de trabajo no está limitado a esta realización, y la presente invención se puede aplicar al mecanizado en el que se forma un orificio mayor que un diámetro exterior del electrodo, al mecanizado en el que se forma un orificio que tiene una sección transversal cónica, y similares.
- 15 El aparato de generación de recorrido según la presente realización está incluido en el aparato CAM, no obstante, la realización no se limita a esto, y el aparato de generación de recorrido puede estar dispuesto en otro dispositivo tal como la máquina de descarga eléctrica.
- 20 En cada procedimiento que se ha descrito anteriormente, puede cambiarse el orden de las etapas dentro de un intervalo en el que las funciones y las acciones no cambian.
- 25 Las realizaciones que se han descrito anteriormente se pueden combinar de la manera adecuada. En cada dibujo que se ha descrito anteriormente, a los componentes iguales o similares se asignan los mismos signos de referencia. Se debe observar que las realizaciones que se han descrito anteriormente son ilustrativas y no limitan la invención. Además, las realizaciones incluyen modificaciones de las realizaciones enumeradas en las reivindicaciones.
- 30 Lista de signos de referencia
- 8 guía del electrodo
- 9 brazo de sujeción
- 35 10 electrodo
- 12 dispositivo de mesa giratoria de inclinación
- 20 pieza de trabajo
- 40 30 máquina de descarga eléctrica
- 31 dispositivo de control numérico
- 45 32 parte de accionamiento de cada eje
- 50 aparato CAM
- 51 parte de lectura de los datos de forma
- 52 parte de generación del recorrido
- 53 parte de generación del recorrido del electrodo
- 55 54 parte de generación del recorrido de la guía
- 55 parte de corrección del desgaste del electrodo
- 56 parte de entrada
- 60 58 parte de visualización
- 59 parte de generación del programa
- 65 80, 83 parte de ranura

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para generar un programa de mecanizado de una máquina (30) de descarga eléctrica que comprende una guía (8) de electrodo que soporta un electrodo (10) que tiene una forma de varilla y está configurado para formar una parte de ranura en una pieza de trabajo (20) realizando una descarga eléctrica en una parte extrema del electrodo (10) que sobresale de la guía (8) del electrodo y desplazando lateralmente el electrodo (10) en relación con la pieza de trabajo (20), comprendiendo el procedimiento:
- 5 una etapa de lectura para leer una forma inicial de una pieza de trabajo (20) antes del mecanizado y una forma objetivo de la pieza de trabajo (20);
- 10 una etapa de generación del recorrido del electrodo para generar un recorrido del electrodo (10) en el que el electrodo (10) se desplaza en relación con la pieza de trabajo (20) a lo largo de una superficie de la forma objetivo, basándose en la forma objetivo de la pieza de trabajo (20);
- 15 una etapa de generación del recorrido de la guía para generar un recorrido de la guía (8) del electrodo a lo largo de una superficie de la forma inicial de la pieza de trabajo (20), basándose en la forma inicial de la pieza de trabajo (20) y en datos tridimensionales de la guía (8) del electrodo, siendo el recorrido de la guía (8) del electrodo diferente del recorrido del electrodo (10), en el que se evita la interferencia de la guía (8) del electrodo con la pieza de trabajo (20); y
- 20 una etapa de generación del programa de mecanizado según el recorrido del electrodo (10) y el recorrido de la guía (8) del electrodo.
- 25 2. Procedimiento para generar el programa de mecanizado, según la reivindicación 1, en el que la etapa de generación del recorrido de la guía incluye:
- 30 una etapa de generación de un primer recorrido auxiliar de la guía (8) del electrodo, de modo que la guía (8) del electrodo se separa mediante una holgura predeterminada de una superficie de la pieza de trabajo (20) que tiene una forma inicial en base al recorrido del electrodo (10);
- 35 una etapa de evaluación para evaluar si la guía (8) del electrodo interfiere o no con un objeto objetivo alrededor del primer recorrido auxiliar cuando la guía (8) del electrodo se desplaza en el primer recorrido auxiliar; y
- 40 una etapa de generación de un segundo recorrido auxiliar de la guía (8) del electrodo en el que la guía (8) del electrodo se separa del objeto objetivo hasta que se evita la interferencia con el objeto objetivo cuando se evalúa que la guía (8) del electrodo interfiere con el objeto objetivo en la etapa de evaluación, y
- el programa de mecanizado es generado al ajustar el segundo recorrido auxiliar como el recorrido de la guía (8) del electrodo.
3. Procedimiento para generar el programa de mecanizado, según la reivindicación 1, en el que
- 45 la etapa de generación del recorrido del electrodo incluye una etapa de corrección para corregir una cantidad de desgaste del electrodo (10) que se desgasta en paralelo al mecanizado por descarga eléctrica, y
- la etapa de corrección incluye una etapa de generación de un recorrido en el que el electrodo (10) es desplazado en relación con la pieza de trabajo (20) en una dirección en la que un extremo de punta del electrodo (10) avanza hacia la pieza de trabajo (20).
- 50 4. Procedimiento para generar el programa de mecanizado, según la reivindicación 1, en el que la etapa de generación del recorrido del electrodo incluye una etapa de generación de un recorrido en el que el electrodo (10) se desplaza en relación con la pieza de trabajo (20) mientras se mantiene una situación en la que el electrodo (10) se extiende sustancialmente perpendicular a una superficie de la forma objetivo de la pieza de trabajo (20).
- 55 5. Procedimiento para generar el programa de mecanizado, según la reivindicación 1, que comprende una etapa de mostrar el recorrido del electrodo (10) que es generado en la etapa de generación del recorrido del electrodo y el recorrido de la guía (8) del electrodo que es generado en la etapa de generación del recorrido de la guía en una parte (58) de visualización, y de confirmar los recorridos.
- 60 6. Aparato de generación de recorrido para generar un recorrido de un electrodo (10) y un recorrido de una guía (8) del electrodo de una máquina (30) de descarga eléctrica que comprende la guía (8) del electrodo que soporta el electrodo (10) que tiene una forma de varilla y está configurado para formar una ranura en una pieza de trabajo (20) mediante descarga eléctrica en una parte extrema del electrodo (10) que sobresale de la guía (8) del electrodo y desplazando lateralmente el electrodo (10) en relación con la pieza de trabajo (20), comprendiendo el aparato:
- 65

una parte (51) de lectura de datos de forma que lee una forma inicial de una pieza de trabajo (20) antes del mecanizado y una forma objetivo de la pieza de trabajo (20);

5 una parte (53) de generación del recorrido del electrodo que genera el recorrido del electrodo (10) en el que el electrodo (10) se desplaza en relación con la pieza de trabajo (20) a lo largo de una superficie de la forma objetivo, basándose en la forma objetivo de la pieza de trabajo (20); y

10 una parte (54) de generación del recorrido de la guía que genera un recorrido de la guía (8) del electrodo a lo largo de una superficie de la forma inicial de la pieza de trabajo (20), basándose en la forma inicial de la pieza de trabajo (20) y en datos tridimensionales de la guía (8) del electrodo, siendo el recorrido de la guía (8) del electrodo diferente del recorrido del electrodo (10), en el que se evita la interferencia de la guía (8) del electrodo con la pieza de trabajo (20).

15 7. Máquina (30) de descarga eléctrica que comprende:

un electrodo (10) que tiene una forma de varilla y realiza una descarga eléctrica entre el electrodo (10) y una pieza de trabajo (20);

20 una guía (8) del electrodo que soporta el electrodo (10);

un dispositivo de movimiento que desplaza relativamente el electrodo (10) y la guía (8) del electrodo en relación con la pieza de trabajo (20); y

25 un dispositivo de control que controla el dispositivo de movimiento; en la que

el dispositivo de control realiza un control del mecanizado para formar una parte de ranura desplazando lateralmente el electrodo (10) en relación con la pieza de trabajo (20) mientras se mantiene una situación en la que el electrodo (10) está introducido en la pieza de trabajo (20), y cambiando la cantidad de corte del electrodo (10) con respecto a la pieza de trabajo (20), y

30 el control de mecanizado incluye un control en el que el electrodo (10) es desplazado en relación con la pieza de trabajo (20) en un recorrido del electrodo (10) a lo largo de una superficie de una forma objetivo de la pieza de trabajo (20), y la guía del electrodo (10) se desplaza en relación con la pieza de trabajo (20) en un recorrido de la guía (8) del electrodo a lo largo de una superficie de la forma inicial de la pieza de trabajo (20), siendo generado el recorrido de la guía (8) del electrodo, en base a la forma inicial de la pieza de trabajo (20) y a datos tridimensionales de la guía (8) del electrodo, siendo el recorrido de la guía (8) del electrodo diferente del recorrido del electrodo (10) en el que se evita la interferencia de la guía (8) del electrodo con la pieza de trabajo (20).

40

FIG. 1

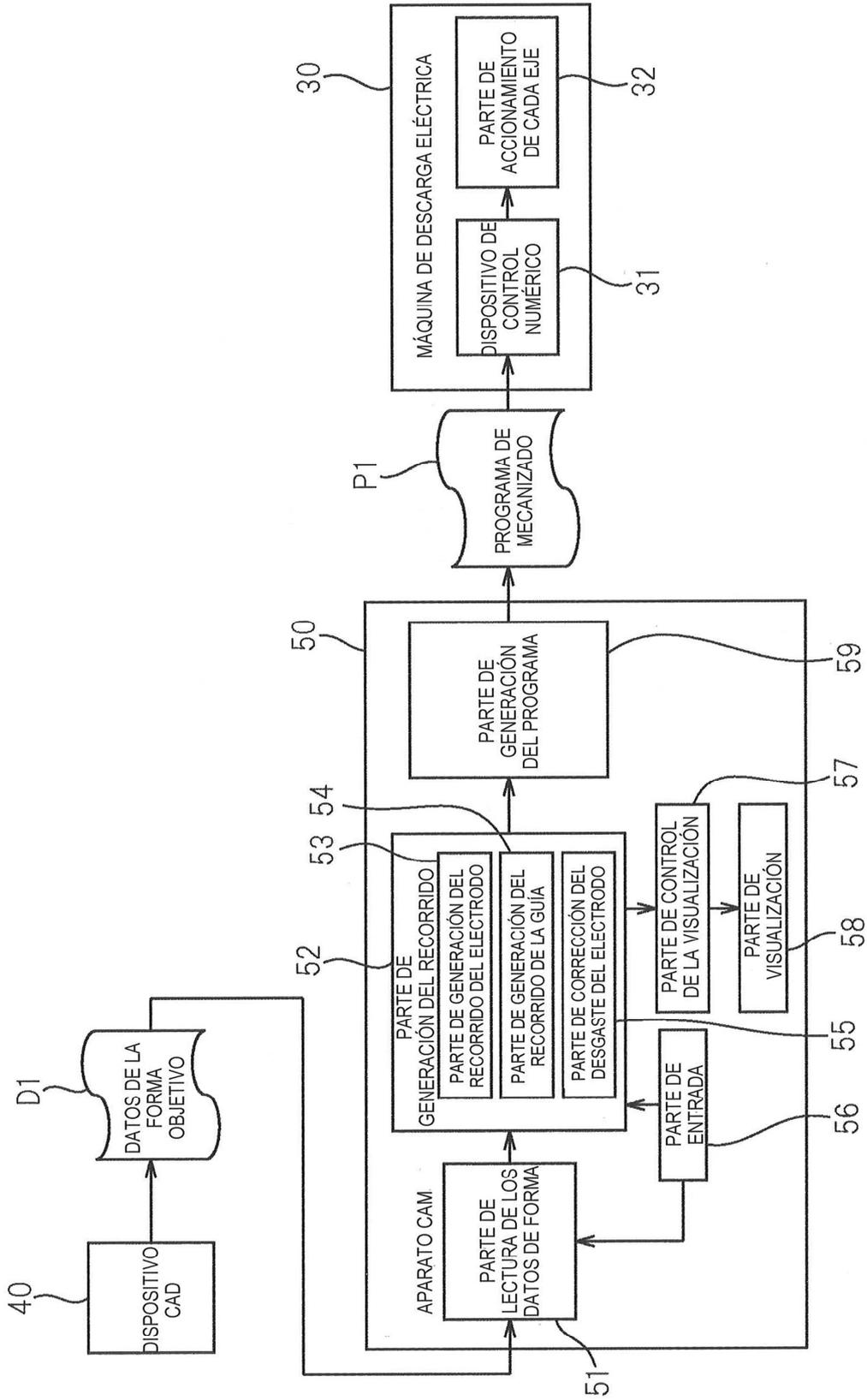


FIG. 3

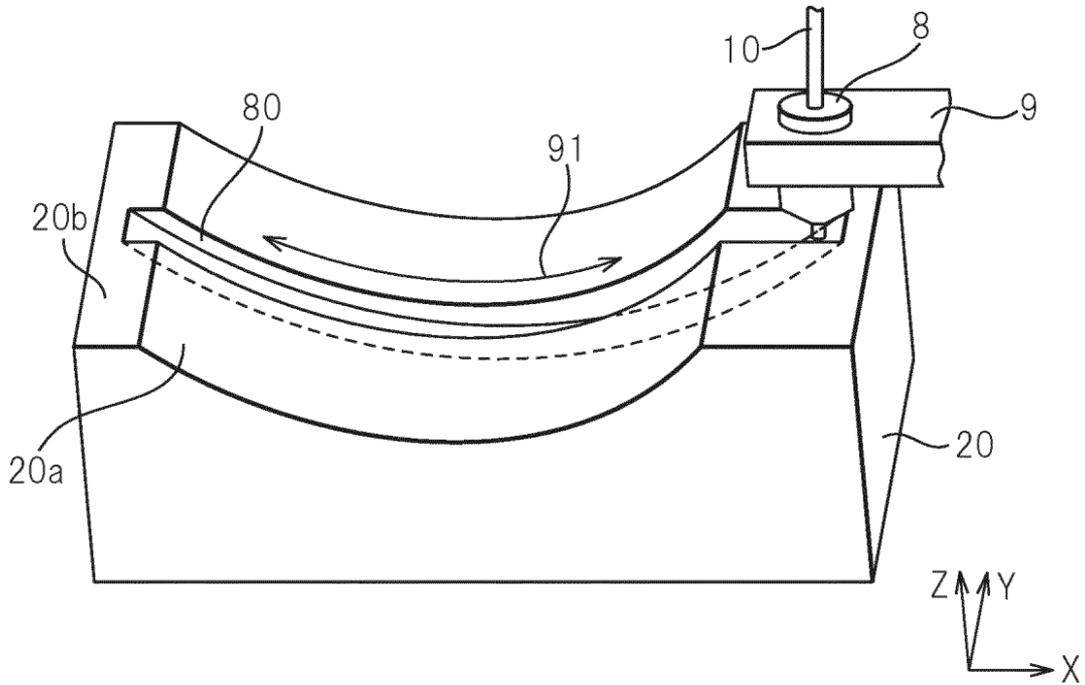


FIG. 4

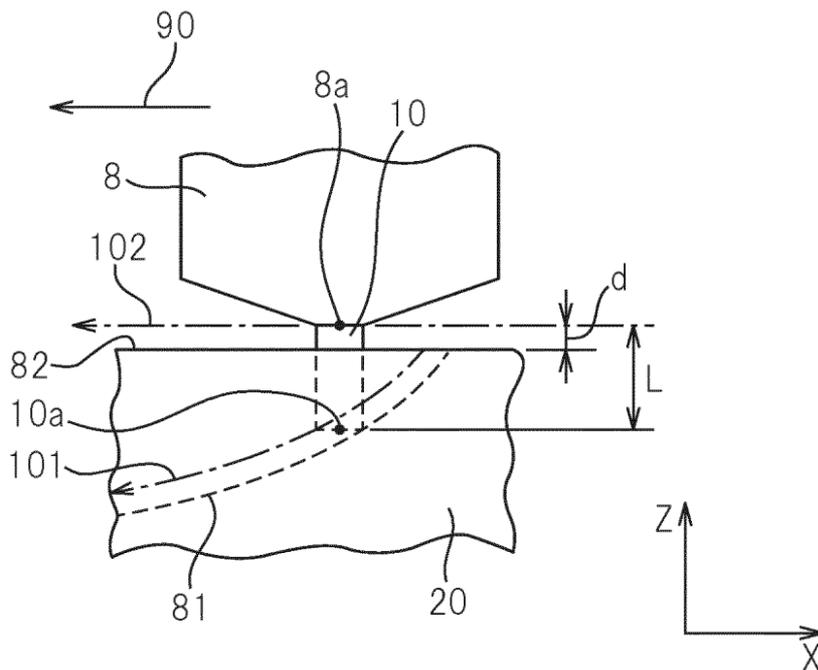


FIG. 6

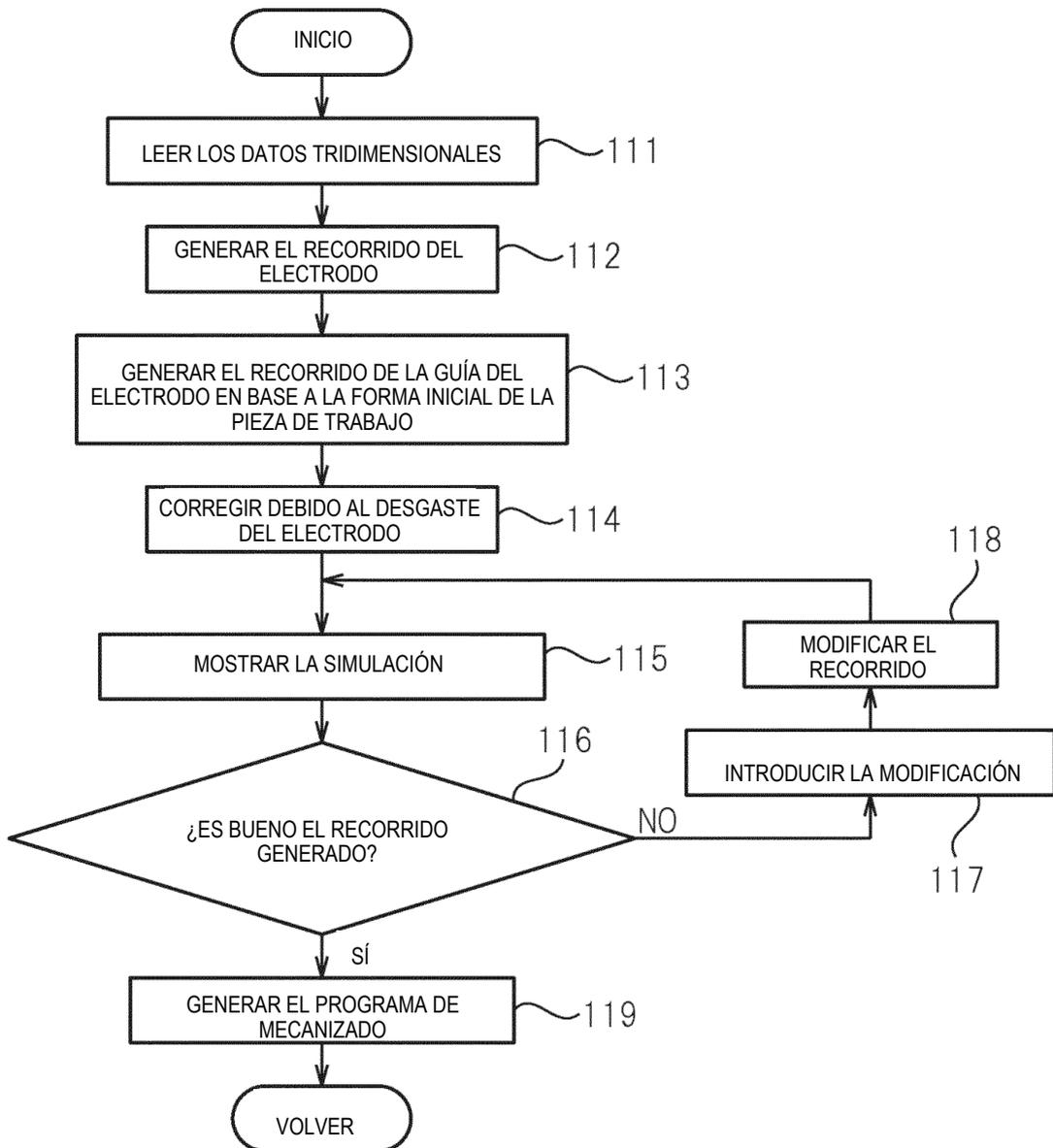


FIG. 7

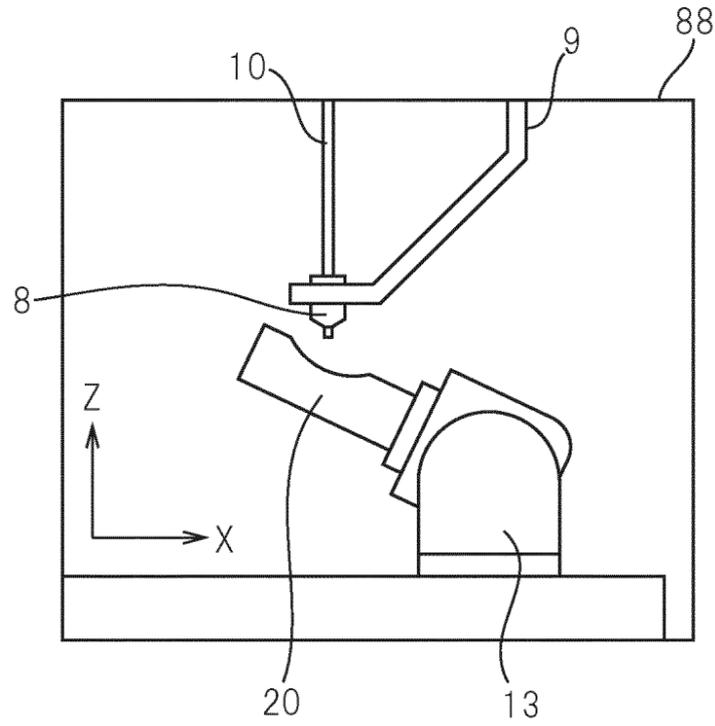


FIG. 8

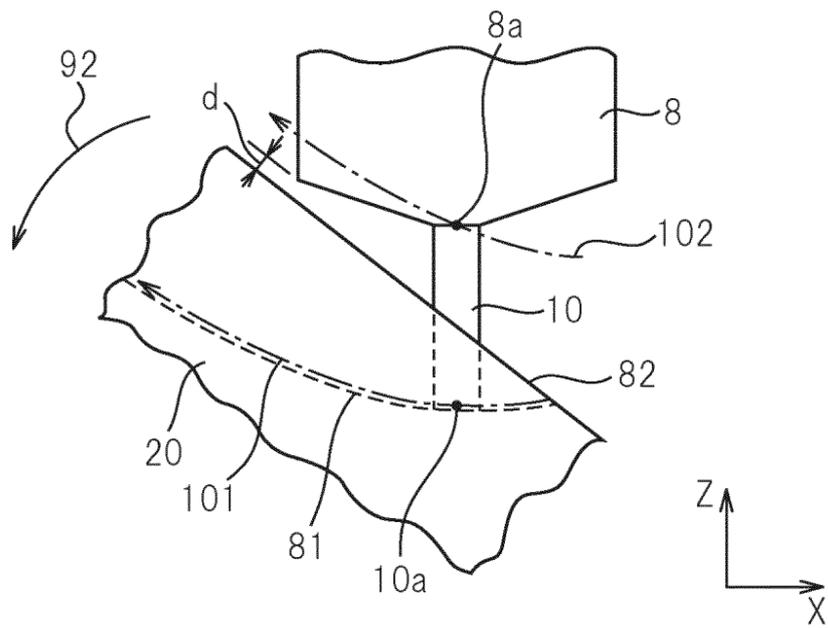


FIG. 9

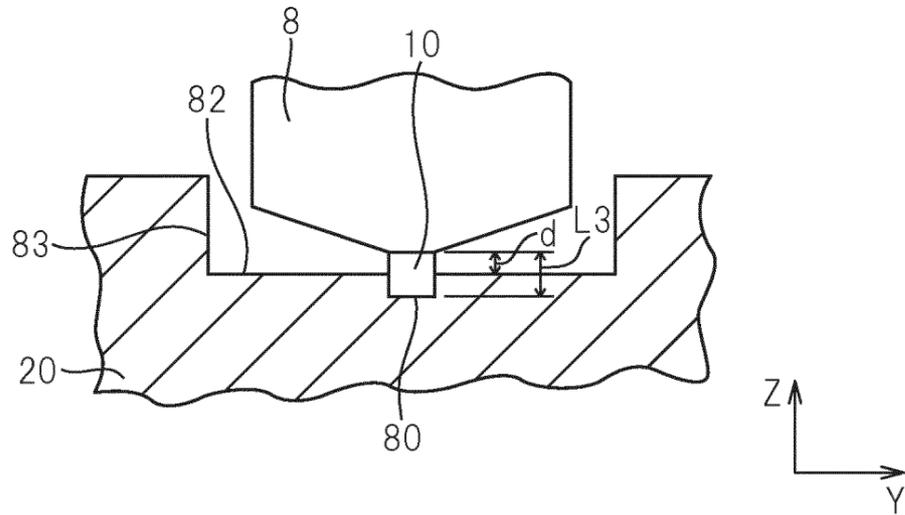


FIG. 10

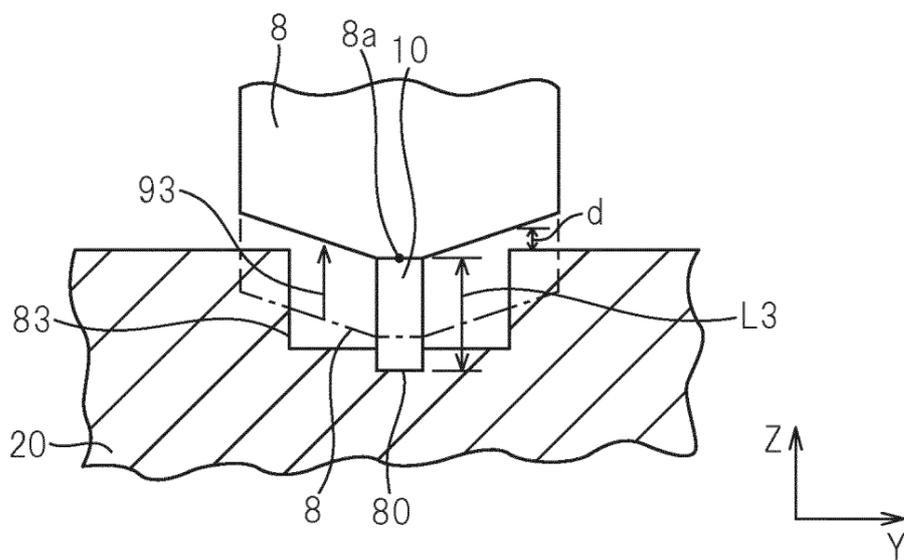


FIG. 11

