(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 323 369**

(51) Int. Cl.:
B23H 7/20 (2006.01)
G05B 19/4065 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **04026586 .0**
(96) Fecha de presentación : **29.11.1999**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1508394**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **23.02.2005**

(54) Título: **Procedimiento y aparato para controlar una máquina de electroerosión.**

(30) Prioridad: **04.12.1998 DE 198 56 098**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
14.07.2009

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
14.07.2009

(73) Titular/es: **AGIE S.A.**
Via dei Pioppi 2
6616 Losone, CH

(72) Inventor/es: **Marchesi, Alberto y**
Riva, Luciano

(74) Agente: **Sugrañes Moliné, Pedro**

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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato para controlar una máquina de electroerosión.

La presente invención se refiere a un procedimiento para el control de procesos de mecanizado en una máquina de electroerosión para avellanado y a un dispositivo adecuado para ello.

Una máquina de electroerosión para avellanado de este tipo se emplea, entre otras cosas, para la fabricación de moldes con una precisión de mecanizado extremadamente alta. En este caso se realizan en una o varias piezas de trabajo una pluralidad de procesos de mecanizado, que por su lado están divididos en varios pasos de trabajo y ciclos de trabajo de diferentes etapas o fases de mecanizado. Para la realización de estos procesos de mecanizado en función de la fase de mecanizado, como por ejemplo el mecanizado en grueso o el mecanizado de precisión, se usan habitualmente diferentes categorías de electrodos, como por ejemplo electrodos de desbastado o electrodos de acabado. En caso de que, adicionalmente, cambie la geometría del mecanizado que se ha de realizar, entonces, en la mayoría de los casos, también se ha de reemplazar el electrodo. Debido a ello se entiende que en función del tipo, heterogeneidad y requerimientos de calidad de los procesos de mecanizado que se hayan de realizar en una máquina de electroerosión para avellanado moderna, el orden de los pasos de trabajo que se han de realizar y los electrodos necesarios, respectivamente, requiere una definición precisa que se encuentra en un programa de control de un control numérico de la máquina de electroerosión para avellanado.

Al ajustar la máquina de electroerosión para avellanado a un mecanizado tan complejo, el usuario de la máquina ha de fijar en el dispositivo de control las entradas de control que determinan qué pasos de trabajo de un proceso de mecanizado se han de realizar, en qué secuencia, con qué electrodos, sobre qué pieza de trabajo. Los procedimientos de control estándar correspondientes al estado de la técnica del tipo mencionado al comienzo requieren para ellos entradas de control en forma de "programas" cerrados, los denominados programas de control secuenciales. Un programa de control de este tipo determina para cada instante del mecanizado total todos los datos de control respecto al mecanizado, secuencia de mecanizado y electrodos usados. Con la pluralidad de los pasos de trabajo que se han de realizar de un mecanizado complejo sobre varias piezas de trabajo y con los diferentes electrodos que se necesitan para ello, el usuario de la máquina pierde fácilmente la visión global, de manera que se pueden producir errores de ajuste que tienen como consecuencia una realización inadecuada del mecanizado, o cuanto menos no económica.

Ciertamente, del estado de la técnica también se conocen procedimientos para la denominada programación orientada a objetos de máquinas herramienta, por ejemplo del documento del Prof. Dr. Ing. Eversheim, Dipl. - Ing. Lenhart, Objektorientiert Programmieren, en: Industrie-Anzeiger 82/1991, páginas 38-40. A diferencia de los programas de control secuenciales, en este caso se usan componentes del programa que pueden ser usados una y otra vez para una modificación del programa de control. En este caso se propone únicamente una estructura orientada a objetos del programa fuente. Sin embargo, no se proporciona al usuario de la máquina un medio auxiliar para la realización de determinadas secuencias de mecanizado.

En el documento EP 0 801 340 A1, el solicitante ha proporcionado un procedimiento y un dispositivo para el control de una máquina de electroerosión para avellanado, en el que todo el mecanizado se divide en objetos de mecanizado individuales, como herramienta, paso de trabajo, etc., y se puede supervisar el estado de mecanizado actual de un objeto de mecanizado antes, durante y/o después del mecanizado total, y en caso de que sea necesario, se puede mostrar para el usuario. En este caso, también es posible que el control realice el desarrollo del mecanizado teniendo en cuenta especificaciones determinadas, como la especificación de una estrategia de mecanizado determinada, la especificación de prioridades de objetos de mecanizado individuales, el estado de mecanizado de fines de mecanizado individuales, etc.

Adicionalmente, del documento DE 32 46 268 A1 se conoce un dispositivo de control numérico con un dispositivo para la supervisión de la duración restante de una de varias herramientas, de manera que una herramienta cuya duración todavía no se ha consumido, en caso de que sea necesario, puede ser seleccionada para otros procesos de mecanizado. Con ello se ha de conseguir que durante el mecanizado se produzca el menor número posible de interrupciones, y con ello tiempos muertos como consecuencia de un cambio de herramienta.

La presente invención tiene como objetivo mejorar máquinas de electroerosión para avellanado en lo que respecta a su facilidad de manejo y su eficiencia de trabajo.

La invención alcanza este objetivo por medio de los objetos de las reivindicaciones independientes 1 y 9. Otros aspectos de la invención se extraen de las reivindicaciones dependientes correspondientes, de la siguiente descripción y del dibujo.

Según un primer aspecto, la invención consigue un procedimiento para el control de un gran número de procesos de mecanizado en una máquina de electroerosión para avellanado, que se llevan a cabo por medio de varios electrodos iguales o diferentes, en la que, teniendo en cuenta el desgaste de los electrodos usados para los mecanizados (ARB), ciclos de trabajo (AZ) y/o pasos de trabajo (AS) correspondientes se genera y se ejecuta automáticamente la secuencia de mecanizado de los procesos de mecanizado, y se determina el electrodo usado para cada proceso de mecanizado, y en la que en caso de varios mecanizados iguales los procesos de mecanizados se distribuyen en los diferentes meca-

nizados de tal manera que se obtiene una distribución uniforme del desgaste del electrodo en un número determinado de ciclos de trabajo y/o pasos de trabajo de los varios mecanizados.

Según otro aspecto, comprende un dispositivo para el control de una máquina de electroerosión para avellanado en el que se realiza un gran número de procesos de mecanizado con varios electrodos iguales o diferentes: al menos una memoria de datos para el almacenamiento duradero de datos para la descripción de los electrodos que se requieren para los procesos de mecanizado correspondientes; una interfaz de usuario para la introducción de los datos correspondientes al desgaste de los electrodos usados para los mecanizados, ciclos de trabajo y/o pasos de trabajo individuales; y un generador de secuencias que tomando como base los criterios mencionados y los datos de los electrodos genera una secuencia de mecanizado de modo automático, en la que, en el caso de varios mecanizados iguales, los procesos de mecanizado se distribuyen en los varios mecanizados de tal manera que se obtiene una distribución uniforme del desgaste de los electrodos en un número determinado de ciclos de trabajo y/o pasos de trabajo de los varios mecanizados.

En la elaboración de la secuencia y del programa del control y del mecanizado posterior se tiene en cuenta de modo ventajoso el desgaste de la herramienta, por ejemplo, especificando la vida útil de la herramienta en un número máximo posible de ciclos de trabajo por tipo de mecanizado, por ejemplo ciclos de desbastado o ciclos de acabado. Cuando se alcanza el límite de desgaste prefijado de una herramienta, entonces, en una forma de realización preferida, un sistema de administración o de gestión de la herramienta conforme a la invención descarta la herramienta para el mecanizado posterior, o la rebaja de clase a otra categoría de herramienta, tal y como se explica posteriormente con más detalle. Con ello, la selección conforme a la invención de la secuencia de mecanizado adecuada se basa en el hecho de que el material de electrodos disponible se usa de un modo óptimo, es decir, cada electrodo se usa hasta la expiración de su vida útil individual para varios procesos de mecanizado - con o sin interrupción.

El procedimiento conforme a la invención y el dispositivo correspondiente se pueden transferir, evidentemente, a otros tipos de máquinas de electroerosión para avellanado en las que se produzcan apariciones de desgaste comparables y/o se usen prioridades de mecanizado similares.

El concepto de “proceso de mecanizado” se ha de entender en el presente caso como un término genérico para todos los pasos de trabajo realizados en una máquina de electroerosión para avellanado. Dentro de esto se incluye la realización de una depresión superficial con una geometría de depresión superficial prefijada, que se designa como “mecanizado”. Cada mecanizado se realiza en varias etapas o fases de mecanizado, por ejemplo desbastado sucesivo, semiacabado, acabado y acabado de precisión. En cada fase del mecanizado, un mecanizado está formado, a su vez, por varios pasos de trabajo, que se pueden resumir en los denominados ciclos de trabajo. El concepto de “secuencia de mecanizado” se refiere, según esto, por regla general, a la secuencia de los procesos de mecanizado realizados uno tras otro, que en función del tipo del proceso de mecanizado pueden ser la secuencia de los mecanizados realizados uno tras otro, de los ciclos de trabajo de varios mecanizados y/o de los pasos de trabajo dentro de un ciclo de trabajo de un mecanizado determinado, o una combinación de estas secuencias.

La invención usa para la realización de varios mecanizados iguales una estrategia de distribución del desgaste. En este caso, sin embargo, los mecanizados individuales no se desarrollan respectivamente de forma completa uno tras otro, sino que los procesos de mecanizado realizados uno tras otro están distribuidos en los diferentes mecanizados de tal manera que se mantiene una distribución uniforme del desgaste de los electrodos en un número determinado de ciclos de trabajo y/o pasos de trabajo de los diferentes mecanizados. Tal y como se conoce, un electrodo de depresión superficial sufre durante el mecanizado un desgaste del electrodo, que es debido a la naturaleza electrofísica del proceso de erosión, de manera que el electrodo de depresión superficial, después de la realización de un número determinado de pasos de trabajo se desgasta totalmente. Debido a ello, para conseguir una calidad de mecanizado lo más homogénea posible es ventajoso realizar uno tras otro todos los pasos de trabajo del mismo tipo o de la misma prioridad de los diferentes mecanizados, por ejemplo, en primer lugar todos los primeros pasos de trabajo de los diferentes mecanizados, después todos los segundos pasos de trabajo, etc., hasta que se completen todos los últimos pasos de trabajo de los diferentes mecanizados.

En este contexto, en un ejemplo de realización, preferentemente, se repiten los diversos mecanizados iguales de una región de distribución de desgaste en un orden determinado, por ejemplo 1-2-3-4, uno tras otro, y después de alcanzar un primer (1) o un último mecanizado (4), se repiten en el orden inverso, es decir, 4-3-2-1, las veces que sean necesarias hasta que se hayan realizado todos los pasos de trabajo de los mecanizados. En esta variante de la estrategia de distribución del desgaste se evita que un mecanizado sea mecanizado de modo privilegiado respecto a otro. Como resultado, con la estrategia de distribución de desgaste, todos los mecanizados se electroerosionan igual de bien (o igual de mal). En la variante propuesta, el electrodo “oscila” de un cierto modo a través de las series de pasos de trabajo de la misma prioridad de varios mecanizados desde el primer al último mecanizado, del último al primero, etc., hasta el final de todos los pasos de trabajo de los mecanizados (el denominado procedimiento de oscilación), de manera que todos los mecanizados se realizan muy rápidamente.

Preferentemente, además, en un ejemplo de realización, el desgaste máximo del electrodo de un electrodo se prefija por medio del número máximo de ciclos de trabajo o de pasos de trabajo que pueden ser realizados con este electrodo, fijando al mismo tiempo este número los grupos de ciclos de trabajo o de pasos de trabajo dentro de los que se emplea la estrategia de distribución del desgaste. De este modo, por ejemplo, se unen varios ciclos de trabajo de una fase de mecanizado determinada para formar los denominados grupos de distribución de desgaste, que son mecanizados

respectivamente con un único electro. Después de finalizar el grupo de distribución del desgaste, la vida útil de este electrodo para la fase de mecanizado correspondiente ha transcurrido. Con ello se garantiza que se usen completamente todos los electrodos de un modo especialmente visible.

La secuencia de mecanizado dentro de un grupo de distribución de desgaste de este tipo se puede ajustar, a su vez, según lo desee el usuario de la máquina, por ejemplo preferentemente de tal manera que dentro de un grupo de ciclos de trabajo sólo se sometan a la estrategia de distribución de desgaste secciones seleccionadas de pasos de trabajo. Por ejemplo, sólo los últimos dos pasos de trabajo de varios ciclos de trabajo unidos para formar un grupo de distribución de desgaste de varios mecanizados han de usar una distribución uniforme del desgaste de los electrodos usados, preferentemente en el procedimiento de oscilación mencionado anteriormente.

La información sobre la vida útil de un electrodo de la máquina de electroerosión para avellanado, es decir, durante cuántos ciclos de trabajo o pasos de trabajo de una fase de mecanizado determinada se puede usar un electrodo, y el estado actual de desgaste se puede obtener de diferentes maneras. En el caso de una máquina de electroerosión para avellanado en la que se realizan varios mecanizados con varios ciclos de trabajo, respectivamente, según la secuencia, se prefija para ello preferentemente el desgaste máximo de los electrodos por medio del número máximo de ciclos de trabajo o pasos de trabajo que pueden ser realizados por un electrodo a un sistema de administración de los electrodos, que durante el mecanizado cuenta y registra el número de los ciclos de trabajo o pasos de trabajo realizados. La información sobre la vida útil de los electrodos hace posible el ajuste de un sistema automático de administración o de gestión de electrodos en el control de la máquina de electroerosión para avellanado. Cuando un electrodo determinado ha alcanzado el límite de desgaste prefijado, entonces éste es descartado automáticamente del mecanizado posterior por parte del sistema de administración, o bien es asignado a otra fase de mecanizado, es decir, a otra categoría de electrodos para los que todavía se puede emplear el electrodo. Toda la administración de los electrodos se realiza por medio de un control numérico computerizado inteligente de la máquina.

En un ejemplo de realización, en el sistema de administración del dispositivo de control, los electrodos se describen por medio de un estado de mecanizado actual, adaptándose éste en el transcurso del mecanizado en función del desgaste de los electrodos. El uso conforme a la invención de los electrodos supervisa según esto el estado de desgaste de los electrodos usados y, por ejemplo, de los electrodos disponibles en un intercambiador de electrodos, y en un estado de almacenamiento, asigna a éstos características como “útil”, “inservible” o “rebajado a electrodo de desbastado”, etc.

Para la realización de una secuencia de mecanizado, el control también requiere información detallada sobre los electrodos usados en cada paso de trabajo de la secuencia de mecanizado Según un ejemplo de realización especialmente preferido, para ello se dividen los datos para la descripción de los electrodos en el dispositivo de control en los siguientes grupos, y se administran de modo correspondiente:

- datos abstractos de los electrodos para la descripción de un electrodo normal (V1, V2) que contienen informaciones para la realización de un proceso de mecanizado determinado; y

- datos específicos de los electrodos para la corrección y/o adaptación de los datos de electrodos abstractos a los electrodos (R1, R2) usados realmente o a las características específicas de la máquina,

obteniéndose la descripción de los electrodos uniendo los datos abstractos de los electrodos con los datos específicos de los electrodos.

Los datos abstractos de los electrodos contienen ya todas las informaciones fundamentales sobre lo(s) electrodo(s) que está(n) planificado(s) para la realización de un mecanizado (único) determinado en un tipo de mecanizado determinado. En este caso se trata de la descripción de electrodos normalizados o teóricos que se requieren para la realización de un mecanizado deseado determinado, conteniendo esta descripción abstracta para ello todas las informaciones específicas del mecanizado de los electrodos, como por ejemplo la geometría básica de los electrodos, la forma básica de los electrodos, el material de los electrodos, la categoría de los electrodos, por ejemplo, si se trata de electrodos de desbastado o de acabado. Los datos específicos de los electrodos contienen entonces únicamente datos de corrección, por ejemplo referidos a la medida exacta de los electrodos usados en realidad, por ejemplo la dimensión inferior real que puede diferir de la dimensión inferior (tomada) de la herramienta teórica, así como datos específicos de la máquina, como por ejemplo la posición de inmovilización exacta de los electrodos, la posición actual en un depósito de electrodos en caso de cambio automático de electrodos y/o el estado de desgaste actual de los electrodos usados realmente, tal y como se registra en el sistema de administración mencionado anteriormente. La idea reside en el hecho de generalizar la descripción de los electrodos, es decir, independientemente de la situación encontrada en concreto en la máquina de electroerosión para avellanado y de los electrodos reales usados, realizar una abstracción en la descripción de una herramienta normalizada de tal manera que la descripción de los electrodos se pueda realizar ya previamente al mecanizado real fuera del taller. Preferentemente, un generador de datos inteligente determina ya a partir de la base de los datos abstractos de los electrodos, conjuntamente con los criterios de selección de secuencia conformes a la invención, así como de datos de geometría y juegos de parámetros de tecnología y de proceso existentes en las bases de datos, de modo automático, la secuencia de mecanizado con los parámetros de tecnología y de proceso de pasos de trabajo individuales del mecanizado deseado.

A continuación se describen ejemplos de realización preferidos de la invención a partir del dibujo anexo. A partir de ellos se derivan otras ventajas y características de la invención. En el dibujo se muestra:

Fig. 1 una vista en planta desde arriba de un molde de inyección con varias depresiones superficiales que se han de realizar con una máquina de electroerosión para avellanado;

Fig. 2a, b una representación esquemática de un intercambiador de electrodos de una máquina de electroerosión para avellanado con varios electrodos de depresión superficial dispuestos en sujetadores de electrodos;

Fig. 3 una representación esquemática de una secuencia de mecanizado para la realización de varios mecanizados con diferentes electrodos;

Fig. 4a, b una representación esquemática de la estructura de objeto de diferentes familias de electrodos y los electrodos reales o virtuales correspondientes para el uso en la secuencia de mecanizado según la Fig. 3;

Fig. 5 una representación esquemática de otro ejemplo de una secuencia de mecanizado conforme a la invención;

Fig. 6 una representación esquemática de otro ejemplo de una secuencia de mecanizado conforme a la invención;

Fig. 7 una representación esquemática de otro ejemplo de una secuencia de mecanizado conforme a la invención;

Fig. 8 una representación esquemática de otro ejemplo de una secuencia de mecanizado conforme a la invención;

Fig. 9 una representación esquemática de otro ejemplo de una secuencia de mecanizado conforme a la invención; y

Fig. 10 una representación esquemática de un sistema de control para la generación y realización de secuencias de mecanizado para la realización de uno o varios mecanizados de una pieza de trabajo.

El concepto de control y de administración de electrodos de una máquina de electroerosión para avellanado según la invención se describe ahora con el ejemplo de secuencias de mecanizado preferidas y con las estrategias correspondientes. Éstas, sin embargo, no se han de entender de modo limitado. En función de la selección y la ponderación de los criterios de selección descritos al comienzo se puede generar un número prácticamente ilimitado de secuencias de mecanizado de diferente tipo con la descripción tecnológica correspondiente.

Conjuntamente con las Figuras 1, 2a, b y 3 se explica un primer ejemplo para la generación conforme a la invención de una secuencia de mecanizado determinada en una pieza de trabajo con varios mecanizados, por ejemplo depresiones superficiales de la misma o de diferente geometría. En una máquina de electroerosión para avellanado se ha de fabricar, por ejemplo, un molde de inyección indicado para la producción en serie de un elemento de amortiguación hecho de goma para un acoplamiento de compensación. La Fig. 1 muestra una pieza de trabajo 10 que tiene la forma final de una mitad del molde de un molde de inyección de este tipo. Con la máquina de electroerosión para avellanado, según esto, se han de realizar en la pieza de trabajo 10 ocho depresiones superficiales A a H que están dispuestas en círculo desplazadas entre ellas respectivamente 45º, así como una depresión superficial I en forma anular. En este caso se han de fabricar dos mitades del molde, es decir, la misma disposición de depresiones A a I en otra pieza de trabajo 10' (no mostrada). La pieza de trabajo 10 está montada en este caso sobre un palé 12 que se dispone sobre la mesa de la herramienta de la máquina de electroerosión para avellanado.

Los procesos de mecanizado planeados en la pieza de trabajo 10 comprenden según esto, en total, nueve mecanizados, cada uno de los cuales requiere al menos dos fases de mecanizado, en concreto una fase de desbastado y una fase de semiacabado posterior. Cada fase, por su parte, comprende por cada mecanizado varios pasos de trabajo, que son unidos respectivamente para formar los denominados ciclos de trabajo. La selección de la secuencia de mecanizado, es decir, el orden de las fases, de los pasos de trabajo que se han de desarrollar de un ciclo de trabajo y de los ciclos de trabajo por fase, depende de la selección de la estrategia de mecanizado, que depende, entre otras cosas, del número de electrodos de depresión superficial requeridos y disponibles de las diferentes categorías y de su vida útil. En el presente caso, el usuario de la máquina tiene como objetivo realizar del modo más rápido posible todo el mecanizado en la pieza de trabajo 10, es decir, evitar tiempos de parada, y aprovechar los electrodos disponibles del modo más óptimo posible, es decir, emplear cada uno de ellos hasta su límite de desgaste. Por ejemplo, el número de electrodos disponibles está limitado por medio de la capacidad de alojamiento de un intercambiador de electrodos de la máquina de electroerosión para avellanado que en el transcurso del mecanizado total de una pieza de trabajo intercambia varias veces los electrodos usados. En las Figuras 2a y 2b está representado un extracto de un intercambiador de electrodos de este tipo con un total de doce sujetadores de electrodos 16 en las posiciones P1 a P12. Algunos de los electrodos requeridos para el mecanizado de la pieza de trabajo 10 de la Fig. 1 son tan anchos que requieren más de una espacio de sujeción en el intercambiador de electrodos. El intercambiador de electrodos mostrado, con ello, tiene el espacio suficiente para un total de diez electrodos R1, R2, ..., R10, que se requieren para la fabricación de las dos mitades del molde según la Fig. 1. Un aprovechamiento óptimo del material del electrodo se garantiza cuando para el mecanizado total de una mitad del molde según la Fig. 1 se usan cinco electrodos de depresión superficial, en concreto tres electrodos para la fabricación de las depresiones superficiales reales del elemento de amortiguación A a H y dos electrodos para la depresión superficial I del anillo de unión.

El control de la máquina de electroerosión para avellanado dispone de un sistema de administración de electrodos que registra el estado de desgaste actual de cada uno de los electrodos, y dado el caso, lo modifica durante el mecanizado. Para ello, en el sistema de administración está prefijada la vida útil de un electrodo, y en concreto en forma del máximo número de ciclos de trabajo que se pueden realizar por fase de un mecanizado especial. Adicionalmente, el sistema de administración de electrodos está equipado con un dispositivo contador que cuenta de modo continuo el número de los ciclos de trabajo realizados, y lo almacena en una posición de almacenamiento del sistema de administración. Cuando un electrodo determinado alcanza el máximo número permitido de ciclos de trabajo, entonces el electrodo o bien es descartado por el sistema de administración para el uso posterior, es decir, recibe el estado de almacenamiento de "inservible", o - en caso de que sea posible - el electrodo es rebajado en su clasificación a otra categoría de electrodo para el uso para otra fase del mecanizado. En el último caso, el usuario de la máquina activa en el sistema de administración de electrodos la opción de "movimiento de electrodos con rebaja de clasificación", con lo que éste ajusta el dispositivo de control para que los electrodos de semiacabado, después de alcanzar su límite de desgaste, sean rebajados automáticamente en su clasificación para convertirse en electrodos de desbastado, y se empleen como tales en el decurso posterior del mecanizado.

Para la determinación posterior de la secuencia de mecanizado para la fabricación de las piezas mecanizadas mencionadas se usan los siguientes criterios: en primer lugar se han de realizar todos los primeros pasos de trabajo de los ciclos de desbastado de los mecanizados A a H, de manera que para ello se efectúa la selección de la estrategia de "fase 0" descrita al comienzo. A continuación se han de electroerosionar los ciclos de desbastado del modo más rápido posible, de manera que el dispositivo de control se ajuste a la estrategia de "fase". Durante los ciclos de semiacabado, que en el presente caso representan la última fase de mecanizado, se procura obtener una distribución homogénea del desgaste de los electrodos en los diferentes mecanizados A a H, para conseguir una calidad de mecanizado homogénea. El usuario de la máquina, debido a ello, selecciona la estrategia de distribución de desgaste descrita anteriormente, y debido a ello ajusta el dispositivo de control a la opción "distribución de desgaste en toda la fase de mecanizado". En la zona de la distribución de desgaste se distribuye el desgaste inevitable de los electrodos de modo homogéneo en pasos de trabajos de la misma prioridad de varios mecanizados de la misma fase. El usuario de la máquina especifica la vida útil y el límite de desgaste, ajustando para ello en el sistema de administración de electrodos el máximo número permitido de ciclos de trabajo por fase de mecanizado. Este número determina al mismo tiempo el tamaño del grupo de ciclos de trabajo de una fase dentro del cual se usa la estrategia de distribución de desgaste (el denominado grupo de distribución del desgaste). Cada grupo de distribución del desgaste se mecaniza con un único electrodo de la categoría correspondiente; después de la finalización del grupo, el electrodo ha alcanzado su límite de desgaste, al menos para esta fase. Con un electrodo de semiacabado se pueden realizar, por ejemplo, cuatro ciclos de semiacabado con distribución de desgaste; a continuación, el electrodo ha alcanzado el límite de desgaste como electrodo de semiacabado. Sin embargo, el mismo electrodo puede realizar aún, teóricamente, cuatro o más ciclos de desbastado, es decir, como electrodo de desbastado. Después de esto, el electrodo es inservible de modo general para el uso posterior.

La especificación para la secuencia de mecanizado para la realización de la depresión superficial I circular de la Fig. 1 se realiza de un modo similar. La depresión superficial I se ha de realizar con un único electrodo de desbastado y con un único electrodo de semiacabado.

A partir de estas especificaciones, el dispositivo de control genera de modo automático toda la secuencia de los ciclos de trabajo para la fabricación de las ocho depresiones superficiales del elemento de amortiguación A a H y de la depresión superficial I circular en la pieza de trabajo 10 según la Fig. 1, conjuntamente con la fijación de los electrodos que se han de usar, respectivamente. En la Fig. 3 se representa de modo esquemático esta secuencia de mecanizado. Las depresiones superficiales A a I están indicadas, respectivamente, con ARB A a ARB I. Para cada una de las depresiones superficiales A a H está previsto un ciclo de desbastado (fase de mecanizado 1) y un ciclo de desbastado (fase de mecanizado 2), que están formados por tres o cuatro pasos de trabajo AS, respectivamente. Como consecuencia del límite de desgaste prefijado anteriormente de un máximo de cuatro ciclos de trabajo AZ para los electrodos de desbastado y de semiacabado, los ciclos de desbastado y de semiacabado están unidos para formar respectivamente grupos GR1 a GR4 de cuatro ciclos de trabajo AZ, que son mecanizados, respectivamente, con un único electrodo.

Según la secuencia de la Fig. 3, el dispositivo de control toma en primer lugar un electrodo R1 de la posición P9 en el intercambiador de electrodos de la Fig. 2. Con éste se realizan en primer lugar los ciclos de desbastado de las depresiones superficiales A, B, C y D dentro del primer grupo GR1, y en concreto según la estrategia de "fase 0" prefijada, en primer lugar, todos los primeros pasos de trabajo AS de las cuatro depresiones superficiales A, B, C y D, a continuación el resto de pasos de trabajo AS, cerrándose uno tras otro los segundos y los terceros pasos de trabajo AS de cada uno de los ciclos de trabajo AZ en el orden de las depresiones superficiales D, C, B y A, antes de que se mecanice la siguiente depresión superficial. Después de la conclusión del primer grupo de ciclos de trabajo GR1 se vuelve a depositar el electrodo R1 en el intercambiador de electrodos, y se intercambia automáticamente por un electrodo R2 de la posición P10. Al mismo tiempo, el sistema de administración de electrodos del control almacena el estado del electrodo R1 como "inservible". Otras informaciones sobre el estado de desgaste del resto de electrodos son obtenidas por el sistema de administración de los electrodos por medio de la especificación del máximo número de ciclos de trabajo que se pueden realizar y del registro continuo de los ciclos de trabajo que ya han sido realizados.

Con el nuevo electrodo R2 se realizan a continuación los ciclos de semiacabado de las depresiones superficiales A, B, C y D dentro del grupo GR3, y en concreto según la estrategia de distribución de desgaste ajustada en el denominado procedimiento de oscilación, en el que en primer lugar se realizan todos los primeros pasos de trabajo AS

de las depresiones superficiales A, B, C y D, a continuación todos los segundos pasos de trabajo AS en el orden inverso D, C, B, A, etc., hasta la conclusión de los últimos pasos de trabajo AS en el grupo GR3. Ahora, el electrodo empleado en primer lugar como electrodo de semiacabado se rebaja en su clasificación a la categoría de electrodo de desbastado, ya que ésta ya ha realizado los cuatro ciclos de semiacabado máximos permitidos. El electrodo R2 se sigue usando ahora como electrodo de desbastado para el mecanizado de las depresiones superficiales E, F, G y H, y en concreto según la estrategia de "fase 0" válida para el ciclo de desbastado, es decir, según la misma secuencia de mecanizado que en el grupo GR1. Después de pasar por el grupo de ciclos de trabajo GR2, el electrodo R2 también ha alcanzado el límite de desgaste de un electrodo de desbastado, y debido a ello es rebajado en su clasificación a generalmente "inservible" por parte de la administración de los electrodos. Finalmente se realizan los ciclos de semiacabado de las depresiones superficiales E, F, G y H con un nuevo electrodo R3 del intercambiador de electrodos. A continuación también se rebaja la clasificación del electrodo R3; éste todavía sería adecuado, teóricamente, como electrodo de desbastado para el mecanizado de otra herramienta.

Después de que todas las depresiones superficiales del elemento de amortiguación A a H estén electroerosionadas, el dispositivo de control toma otro electrodo R5 de la posición P1 en el intercambiador de electrodos, y realiza según la secuencia de la Fig. 3 el ciclo de desbastado previsto, y a continuación realiza con otro electrodo R6 el ciclo de semiacabado de la depresión superficial I.

Para la realización de una secuencia de mecanizado de este tipo, el control numérico computerizado de la máquina requiere adicionalmente entradas de control referidas a los tipos de electrodos usados, los datos de la geometría de las depresiones superficiales, el objetivo de calidad y la velocidad de mecanizado, así como a los parámetros de proceso y de tecnología, como la corriente de electroerosión, la forma de impulso, la frecuencia de impulso, los datos de barrido, etc. Conjuntamente con las indicaciones mencionadas anteriormente para la secuencia de mecanizado, a partir de estos datos se determina la sucesión de los pasos de trabajo individuales con los datos correspondientes de tecnología y de proceso. La presente invención proporciona adicionalmente al usuario de la máquina un medio auxiliar para racionalizar la descripción de categorías de electrodos de diferente tipo. Para ello se unen diferentes categorías de electrodos para la realización de un mecanizado determinado, por ejemplo de una de las depresiones superficiales A a I de la Fig. 1, para formar una denominada familia de electrodos, y se considera como objeto en una estructura orientada a objetos del control de la máquina de electroerosión para avellanado. Según esto pertenecen a la misma familia de electrodos todos aquellos electrodos que tienen al menos la misma geometría básica y que tienen una medida inferior prefijada con la que se pueden conseguir las mismas dimensiones finales. Un objeto de la familia de electrodos se puede emplear para varios mecanizados (iguales), es decir, para todos los mecanizados en los que se ha de alcanzar una geometría correspondiente de la depresión superficial.

Según la invención, para la descripción de los electrodos están previstos tres campos de datos en el control:

a) *Datos de la familia de electrodos (los denominados datos de familia)*

Los datos de familia contienen informaciones que sirven para todos los electrodos de una familia de electrodos determinada. Entre éstos se incluyen fundamentalmente indicaciones sobre: Material de los electrodos (con la selección del material de los electrodos se determina la pareja de materiales (electrodo-pieza de trabajo) de la electroerosión, lo que hace posible al control determinar de modo automático los parámetros tecnológicos adecuados. En el caso de que, sin embargo, los elementos de una familia de electrodos tengan diferentes materiales, entonces los electrodos que difieren de los datos de material definidos a nivel de familia han de ser especificados en un nivel de datos posterior); así como la geometría básica de los electrodos, es decir, indicaciones de la forma básica (por ejemplo formas prismáticas, en forma de láminas, formas puntiagudas o formas estándar) e indicaciones de las medidas geométricas básicas.

b) *Datos abstractos de los electrodos (datos de los denominados electrodos virtuales)*

Los datos abstractos de los electrodos contienen informaciones referidas a los electrodos virtuales que están planeados para la realización de un determinado mecanizado en un tipo o fase de mecanizado determinado. Se trata de la descripción de un electrodo normalizado o teórico para la realización del mecanizado determinado, que contiene ya todas las informaciones específicas de mecanizado. Entre los datos abstractos de los electrodos se encuentran, por ejemplo, indicaciones sobre: categoría de los electrodos para un tipo de mecanización especial, por ejemplo electrodos de desbastado, semiacabado, acabado o acabado de precisión; número de electrodos virtuales planeados por tipo de mecanizado, medida inferior teórica o media inferior normalizada (medida inferior = diámetro de la pieza acabada menos diámetro del electrodo), que puede diferir ligeramente de la medida inferior del electrodo (real) realmente usado (a partir del número de los electrodos y de la medida inferior teórica, el control determina conjuntamente con el objetivo de calidad requerido, de modo automático, la secuencia de impulsos y el número de los impulsos por electrodo); y la vida útil de los electrodos expresada en el número máximo de ciclos de trabajo que se pueden realizar por fase de mecanizado.

c) *Datos específicos de los electrodos (datos de los denominados electrodos reales)*

En este caso se trata fundamentalmente de datos de corrección respecto a los datos abstractos de los electrodos de los electrodos virtuales para la adaptación a los electrodos reales usados realmente para la realización

(sencilla o múltiple) de un mecanizado determinado. Estos datos de corrección se refieren, por un lado, a características específicas de los electrodos, como por ejemplo la medida inferior real de los electrodos usados o indicaciones relativas al estado de desgaste actual de los electrodos, y por otro lado a características específicas de la máquina, como indicaciones relativas al modo del cambio de los electrodos y la posición del electrodo en un intercambiador de electrodos automático o robot, indicaciones para el montaje del electrodo en la máquina de electroerosión para avellanado, por ejemplo de si el montaje se realiza en el cabezal del electrodo o sobre la mesa de herramienta, valores de corrección de la posición de los electrodos para la determinación del punto cero preciso del electrodo referido al punto cero del cabezal del electrodo, etc.

Toda la información de un electrodo que ha de ser usado para un ciclo de trabajo determinado se deriva de la suma de los datos específicos del electrodo del electrodo real, de los datos abstractos del electrodo del electrodo virtual y de la familia de datos superior. Este modo de división y agrupación de la descripción de los electrodos favorece la generación de diferentes secuencias de mecanizado, ya que hace posible una adaptación flexible y rápida de la descripción del electrodo a una secuencia de mecanizado modificada, y los nuevos electrodos necesarios para ello, por ejemplo. En el caso de que, por ejemplo, se use un nuevo electrodo real que está dispuesto en una nueva posición en el intercambiador de electrodos, entonces es suficiente con introducir los datos reales de este electrodo en el control, y combinar éstos con los datos virtuales ya existentes del tipo de mecanizado que se desea.

Las Fig. 4a y 4b muestran la estructura de datos de los electrodos, tal y como se usan para la secuencia de mecanizado de la Fig. 3, y concretamente al comienzo del mecanizado. De las cuatro familias de electrodos de la Fig. 4a, en este caso sólo las familias de electrodos Fam. 1 y Fam. 2 son relevantes. En la familia de electrodos Fam. 1, el electrodo de desbastado usado para el grupo de ciclos de trabajo GR1 está determinado por medio de la asignación R1, V1; los dos electrodos de semiacabado para los grupos de ciclos de trabajo GR3 y GR4 se basan en la combinación de los datos de los electrodos reales y virtuales R2, V2 y R3, V2. Adicionalmente, los electrodos de desbastado y de semiacabado están definidos para la realización del mecanizado I por medio de la combinación de datos R5, V4 y R6, V5. En el marco de la estructura orientada a objetos del control total de la máquina de electroerosión para avellanado, una familia de electrodos Fam. 1 y Fam. 2 está supeditada al objeto adicional “grupo de familias”. Esto tiene como consecuencia que las medidas determinadas para el grupo de familias también son válidas en general para todas las familias de electrodos Fam. 1 a Fam. 4.

Adicionalmente, la Fig. 4b ilustra la rebaja de clasificación mencionada anteriormente del electrodo R2 en el transcurso de la secuencia de mecanizado de la Fig. 3. El electrodo R2 allí mostrado está definido en primer lugar como electrodo de semiacabado $\nabla\nabla$ con la combinación de datos R2, V2 dentro de la familia de electrodos Fam. 1. Después de la conclusión de su vida útil (determinada en los datos del electrodo V2 virtual), R2 se transforma por medio de una rebaja de clasificación en un electrodo de desbastado ∇. La descripción total como electrodo de desbastado se consigue sencillamente por medio de que se le asignen los datos del electrodo V1 virtual ya existente, que conforme a la invención contiene todas las informaciones para la realización del proceso de desbastado.

En las Fig. 5 a 9 están representados otros ejemplos para las secuencias de mecanizado que están generadas según los criterios conformes a la invención.

La secuencia de mecanizado con cinco electrodos R1 a R5 según la Fig. 5 es igual a la de la Fig. 3. También allí se prefija la estrategia de “fase 0” para la realización de cuatro mecanizados ARB 1 a ARB 4 del dispositivo de control. Con ello, en cada fase 1, 2 y 3 se realizan en primer lugar siempre los primeros pasos de trabajo de ciclos de trabajo consecutivos de los mecanizados ARB 1 a ARB 4. Para los criterios de la vida útil del electrodo y la distribución de desgaste de los electrodos se seleccionan, sin embargo, los siguientes ajustes: Para la fase 1 (desbastado) se prefija un límite de desgaste de un máximo de cuatro ciclos de alisado, en el que sólo se desea la distribución de desgaste uniforme en los dos últimos pasos de trabajo de los ciclos de trabajo correspondientes; en la fase 2 (semiacabado) están previstos un máximo de tres ciclos del electrodo de semiacabado, habiéndose de realizar la distribución de desgaste uniforme en todos los ciclos de trabajo dentro de los grupos de distribución de desgaste; y en la fase 3 (acabado) están previstos un máximo de dos ciclos de alisado por electrodo, estando inhibida la distribución de desgaste en los tres últimos pasos de trabajo de los ciclos de trabajo correspondientes. Como consecuencia de estas especificaciones de secuencia, el dispositivo de control genera la secuencia de mecanizado representada en la Fig. 5, realizándose en las posiciones representadas simbólicamente por medio de un cuadrado un cambio de electrodo de modo automático por parte de un intercambiador de electrodos.

La estrategia de mecanizado representada en la Fig. 6 se puede comparar con la de la Fig. 5 en la medida que en aquélla se selecciona el mismo ajuste de las vidas útiles de los electrodos y de la distribución de desgaste, e igualmente, según la estrategia de “fase 0”, siempre se realizan de modo consecutivo los primeros pasos de trabajo de los mecanizados. Sin embargo, en este caso, la realización de los trabajos ARB1 a ARB4 se ha de realizar con una prioridad que se reduce escalonadamente desde ARB4 a ARB1, de manera que por parte del usuario de la máquina se ajusta la estrategia de prioridad “fase 0-pieza de trabajo”. A diferencia de la estrategia pura de “fase 0” de la Fig. 5, los pasos de trabajo se realizan dentro de los grupos de distribución de desgaste en el orden de las prioridades de los mecanizados, por ejemplo de ARB 4 a ARB 1. Adicionalmente, la división de los grupos de distribución de desgaste se realiza en cada fase en el orden de las prioridades de los mecanizados.

También la secuencia de mecanizado representada en al Fig. 7 con los electrodos R1 a R7 se basa en el mismo ajuste de vida útil y de distribución de desgaste que las secuencias de mecanizado de las Fig. 5 y 6. Representa una diferencia, sin embargo, la especificación de prioridades de los mecanizados, en concreto la realización priorizada del mecanizado ARB 4 (prioridad: 1) respecto a los otros mecanizados ARB 1 a ARB 3 ((prioridad: 2). Los mecanizados mencionados en último lugar ARB 1 a ARB 3 con la misma prioridad han de ser desarrollados de modo correspondiente a la especificación de la secuencia de mecanizado en la Fig. 5. El ajuste de la secuencia de mecanizado se basa según esto en la estrategia de "pieza de trabajo-fase 0", según la cual en primer lugar se realizan todos los ciclos de trabajo de las fases 1 a 3 del mecanizado ARB 4 prioritario, y a continuación se desarrolla el resto de mecanizados ARB 1 a ARB 3 según la estrategia "fase 0" con la distribución de desgaste ajustada (ver Fig. 5).

Finalmente, las Fig. 8 y 9 muestran secuencias de mecanizado para la realización de diferentes mecanizados ARB 1 a ARB 4. En estas secuencias no tiene lugar ningún ajuste de la distribución de desgaste. La secuencia de mecanizado de la Fig. 8 se basa en el ajuste de la estrategia "fase", y la secuencia de la Fig. 9 se basa en la estrategia "fase 0".

El dispositivo de control conforme a la invención se basa en un control numérico computerizado. En la Fig. 10 está representado esquemáticamente un sistema de control 20 de un control numérico computerizado de la máquina de electroerosión para avellanado para la generación y realización de una secuencia de mecanizado para la realización de diferentes mecanizados sobre una pieza de trabajo 10. El sistema de control 20 dispone de un interpolador 22 que controla el movimiento relativo necesario para el mecanizado de la pieza de trabajo, que determina el contorno de la depresión, entre la pieza de trabajo y el electrodo de depresión. Para ello está previsto, por ejemplo, un accionamiento acoplado con la mesa de herramienta móvil en la dirección del eje principal x, y, z, que recibe las señales de control del interpolador 22. El sistema de control 20 requiere un programa de control, que además de los datos de posición de la o de las piezas de trabajo, datos de geometría y contorno de las depresiones superficiales deseadas, también contiene datos tecnológicos, como la precisión de mecanizado, velocidad, rugosidad, etc., y datos de parámetros de proceso, como corriente de electroerosión, corriente de impulso, frecuencia de impulso, datos de barrido, etc., y en concreto para cada paso de trabajo de una secuencia de mecanizado prefijada. En el sistema de control 20 conforme a la invención de la máquina de electroerosión para avellanado se genera automáticamente la secuencia de mecanizado de los pasos de trabajo con los datos de control correspondientes de modo automático. Para ello, el sistema de control 20 presenta una interfaz gráfica (no representada), por medio de la cual se seleccionan y se ajustan en ventanas correspondientes especificaciones para la elaboración de la secuencia de mecanizado, como las prioridades de mecanizados, vida útil de los electrodos, estrategias de distribución de desgaste. Adicionalmente, los datos de los electrodos virtuales (datos abstractos de electrodos) están depositados en un almacenamiento 24 y los datos de los electrodos reales (datos específicos de los electrodos) en un almacenamiento 25 del sistema de control 20. Adicionalmente, en un almacenamiento 28 están almacenados los datos de geometría y de contorno de diferentes mecanizados, así como en bases de datos 30 y 31 diferentes juegos de parámetros de tecnología y de proceso para la realización de los mecanizados. Un generador inteligente de secuencias y de datos 26 determina ahora tomando como base las especificaciones de secuencia prefijadas, los datos de los electrodos virtuales del almacenamiento 24, los datos de geometría del almacenamiento 28 y los datos de tecnología y de proceso de las bases de datos 30, 31, de modo automático, una sucesión determinada de los pasos de trabajo que se han de realizar con los datos de parámetros correspondientes de tecnología y de proceso. Este paso de asignación está representado en la Fig. 5 esquemáticamente por medio de las flechas claras.

Adicionalmente, el control numérico computerizado de la máquina de electroerosión para avellanado dispone de una unidad de administración electrónica (33) para la monitorización de la vida útil de los electrodos, y para el descarte o la rebaja de clasificación de un electrodo gastado del modo descrito anteriormente.

En el momento de la realización de los pasos de trabajo definidos de esta manera (ver las flechas oscuras de la Fig. 5), el interpolador 22 accede a los datos reales depositados en el almacenamiento 25 y lee los datos para el control del movimiento de los electrodos. En este caso se introducen los datos de los electrodos reales como valores de corrección en los pasos de trabajo ya definidos: los valores de corrección determinan por ejemplo la posición de punto cero de los electrodos reales referida al punto cero del cabezal del electrodo; la medida inferior real de los electrodos usados sirve para el control de los movimiento planetarios.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el control de una pluralidad de procesos de mecanizado en una máquina de electroerosión para avellanado, que se realizan por medio de varios electrodos (R1, R2, R3, ..., R15) iguales o diferentes, en el que tomando como base el desgaste de los electrodos (R1, R2, R3, ..., R15) usados para los mecanizados (ARB), ciclos de trabajo (AZ) y/o pasos de trabajo (AS) individuales se genera y se ejecuta de modo automático la secuencia de mecanizado de los procesos de mecanizado, y se determina el electrodo usado para cada proceso de mecanizado, y en el que, en el caso de varios mecanizados iguales se distribuyen los procesos de mecanizado en varios mecanizados de tal manera que se obtiene una distribución uniforme del desgaste de los electrodos en un número determinado de ciclos de trabajo y/o pasos de trabajo de los varios mecanizados.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque los diversos mecanizados iguales de una región de distribución de desgaste se realizan en un orden determinado uno tras otro, y después de alcanzar un primer o un último mecanizado se repiten en el orden inverso las veces que sean necesarias hasta que todos los pasos de trabajo de los mecanizados estén realizados.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el desgaste máximo de los electrodos se prefija por medio del número máximo de los ciclos de trabajo o de los pasos de trabajo que pueden ser realizados con el electrodo, determinando este número al mismo tiempo aquel(aquellos) grupo(s) (GR1, GR2, GR3, GR4) de ciclos de trabajo o de pasos de trabajo dentro de los cuales se usa la estrategia de distribución del desgaste.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado** porque dentro de un grupo de ciclos de trabajo, sólo intervalos seleccionados de pasos de trabajo se someten a la estrategia de distribución de desgaste.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque durante el mecanizado se cuenta y se registra el número de los ciclos de trabajo o de los pasos de trabajo realizados, y después de alcanzar el máximo desgaste de electrodo prefijado, un electrodo determinado se descarta del mecanizado posterior, o bien se rebaja en su clasificación a otra categoría de electrodos.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado** porque en un sistema de administración del dispositivo de control, los electrodos se describen por medio de un estado de mecanizado actual, adaptándose este estado en función del desgaste del electrodo.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque los datos para la descripción de los electrodos se dividen en el dispositivo de control en:

- datos abstractos de los electrodos para la descripción de un electrodo normal (V1, V2) que contienen informaciones para la realización de un proceso de mecanizado determinado; y

- datos específicos de los electrodos para la corrección y/o adaptación de los datos de electrodos abstractos a los electrodos (R1, R2) usados realmente o a las características específicas de la máquina,

en el que la descripción de los electrodos se consigue por medio de la combinación de los datos abstractos de los electrodos con los datos específicos de los electrodos.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado** porque para una secuencia de ciclos de trabajo con diferentes pasos de trabajo, cada uno de ellos dentro de un mecanizado determinado, se determina para cada ciclo de trabajo y/o para cada paso de trabajo un electrodo por medio de la combinación de datos abstractos de electrodos (electrodos virtuales) con diferentes datos específicos de electrodos seleccionados (electrodo(s) real(es)).

9. Dispositivo para el control de una máquina de electroerosión para avellanado en el que se realiza una pluralidad de procesos de mecanizados con varios electrodos (R1, R2, R3, ..., R15) iguales o diferentes, que comprende:

- al menos una memoria de datos (24, 25) para el almacenamiento duradero de datos para la descripción de los electrodos (R1, R2, R3, R15) que se usan para los procesos de mecanizado correspondientes;

- una interfaz de usuario para la especificación de los datos referidos al desgaste de los electrodos (R1, R2, R3, ... R15) usados para los mecanizados (ARB), ciclos de trabajo (AZ) y/o pasos de trabajo (AS) individuales; y

- un generador de secuencias (26) que genera a partir de las especificaciones mencionadas y de los datos de los electrodos una secuencia de mecanizado de forma automática, en el que, en el caso de varios mecanizados iguales, los procesos de mecanizado se distribuyen en varios mecanizados de tal manera que se obtiene una distribución uniforme del desgaste de los electrodos en un número determinado de ciclos de trabajo y/o pasos de trabajo de los varios mecanizados.

10. Dispositivo según la reivindicación 9, **caracterizado** por un sistema de administración que durante el mecanizado registra el número de los ciclos de trabajo o pasos de trabajo realizados con el mismo electrodo, y después de alcanzar el máximo número de ciclos de trabajo o de pasos de trabajo permitidos, el electrodo es descartado para el mecanizado posterior o es rebajado en su clasificación a otra categoría de electrodo.

11. Dispositivo según la reivindicación 10, **caracterizado** porque en un almacenamiento del sistema de administración, los electrodos están descritos por medio de un estado de mecanizado actual, adaptándose este estado en función del desgaste del electrodo.

12. Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizado** por:

- una memoria de datos (24, 25) correspondiente para el almacenamiento duradero de

  (a) datos abstractos de herramienta para la descripción de una herramienta normalizada (V1, V2), y

  (b) datos específicos de herramienta para la corrección y/o adaptación de los datos abstractos de herramienta a la herramienta (R1, R2) usada realmente o a las características específicas de la máquina; y

- en el que la interfaz del usuario también está diseñada para la combinación de los datos de herramienta abstractos con datos de herramienta específicos seleccionados.

13. Dispositivo según la reivindicación 12, **caracterizado** porque adicionalmente están previstos, respectivamente, una memoria de datos (28; 30, 31) para los datos de geometría y de contorno de diferentes mecanizados y al menos una base de datos (30, 31) para los juegos de parámetros de tecnología y de proceso para la realización de los mecanizados, en el que el generador de secuencias (26) determina a partir de las especificaciones de secuencia mencionadas, de los datos abstractos de los electrodos, de los datos de geometría y de contorno y de los datos de tecnología y de procesos, de modo automático, una secuencia de mecanizado con los parámetros correspondientes de tecnología y de proceso.

Fig. 1

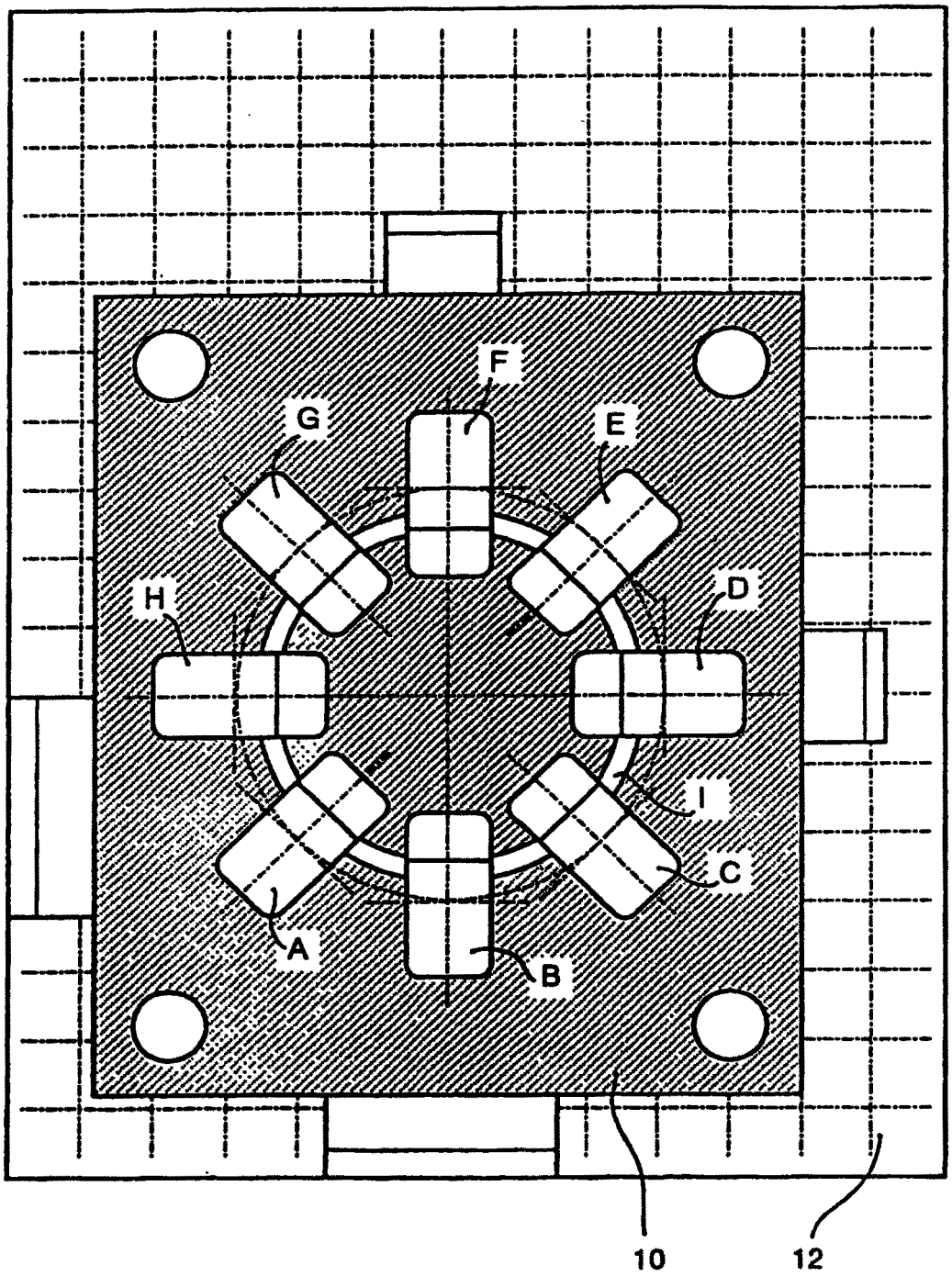


Fig. 2a

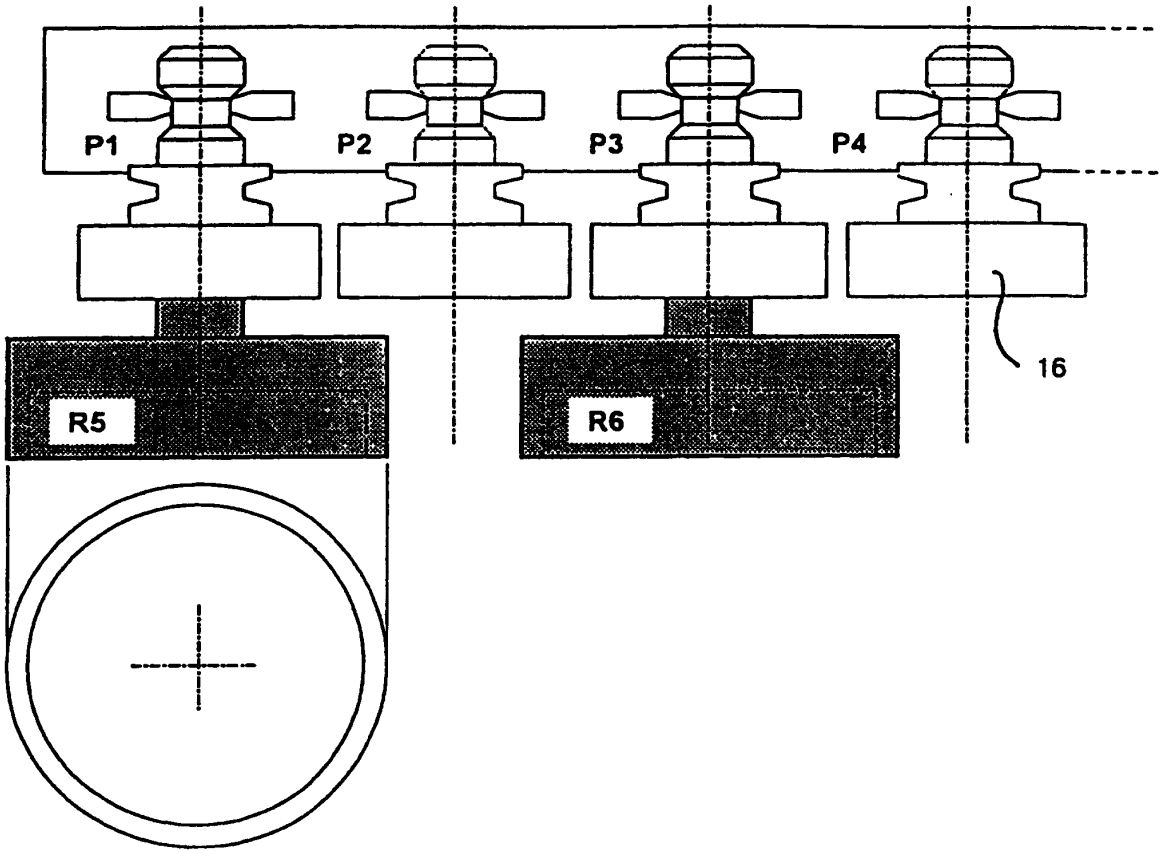


Fig. 2b

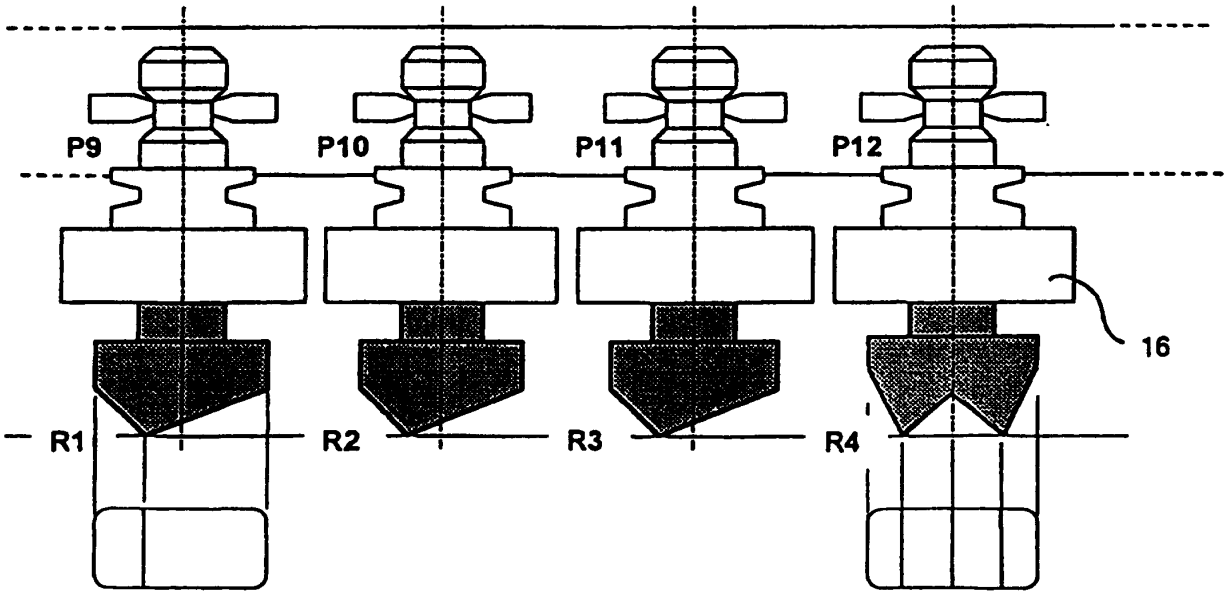
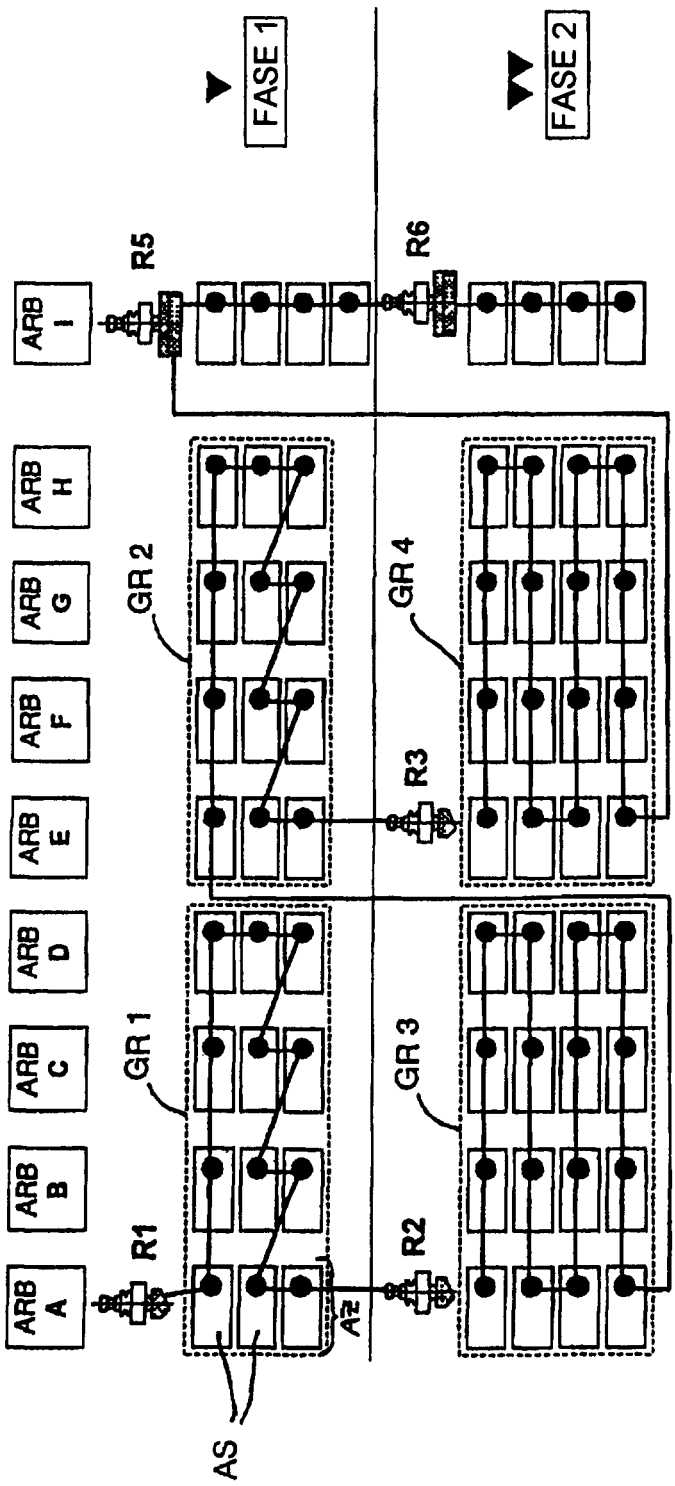


Fig. 3


FASE 1
FASE 2
ARB A
ARB B
ARB C
ARB D
ARB E
ARB F
ARB G
ARB H
ARB I
R1
R2
R3
R5
R6
GR 1
GR 2
GR 3
GR 4
AS
Az

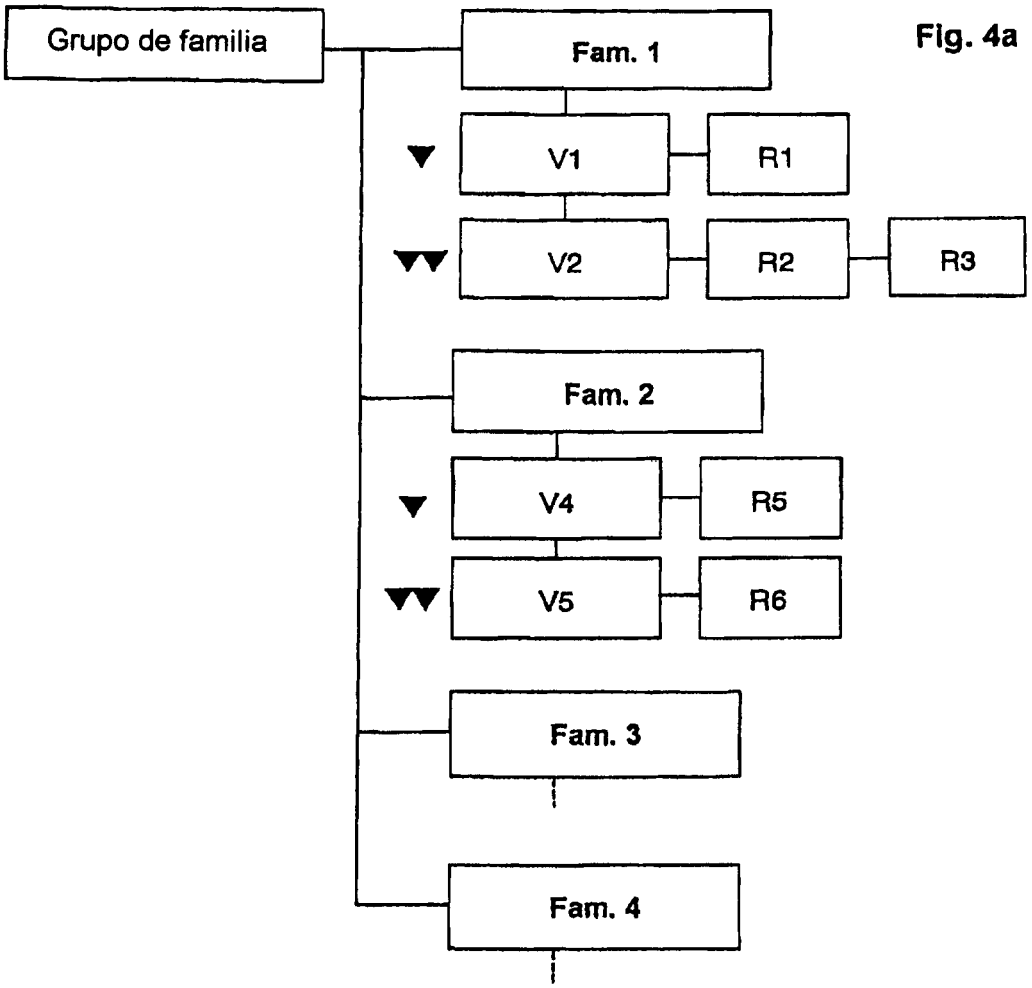

Grupo de familia
Fam. 1
V1
R1
V2
R2
R3
Fam. 2
V4
R5
V5
R6
Fam. 3
Fam. 4

Fig. 4a

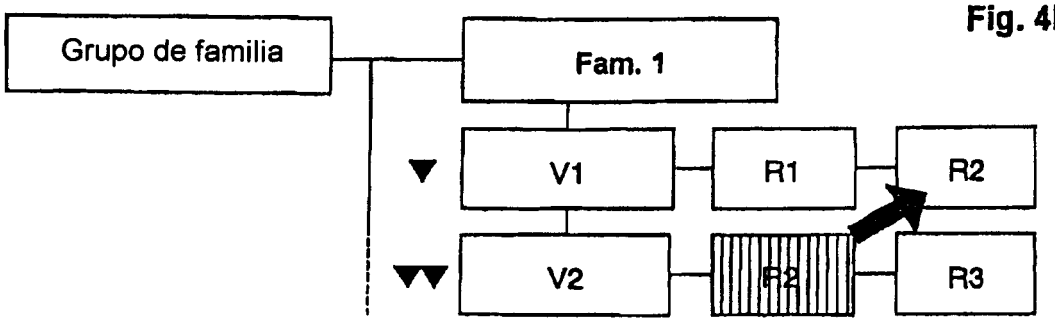

Grupo de familia
Fam. 1
V1
R1
R2
V2
R2
R3

Fig. 4b

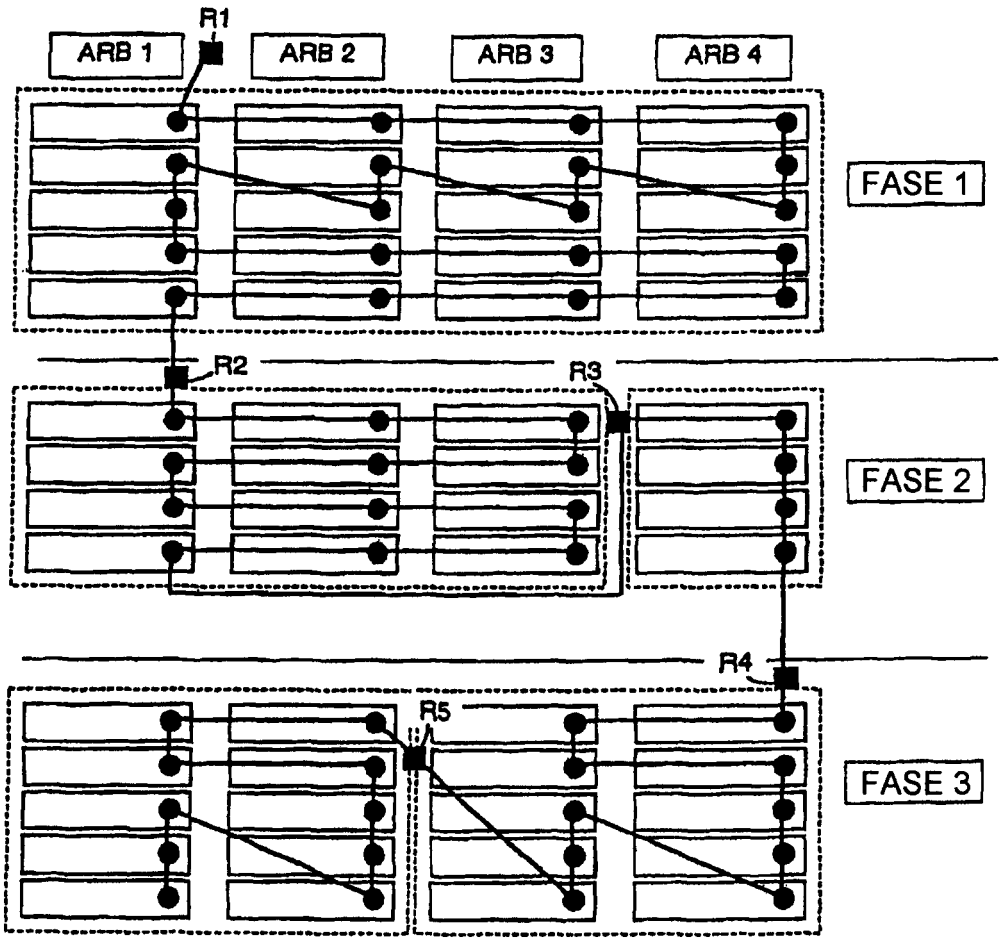


Fig. 5

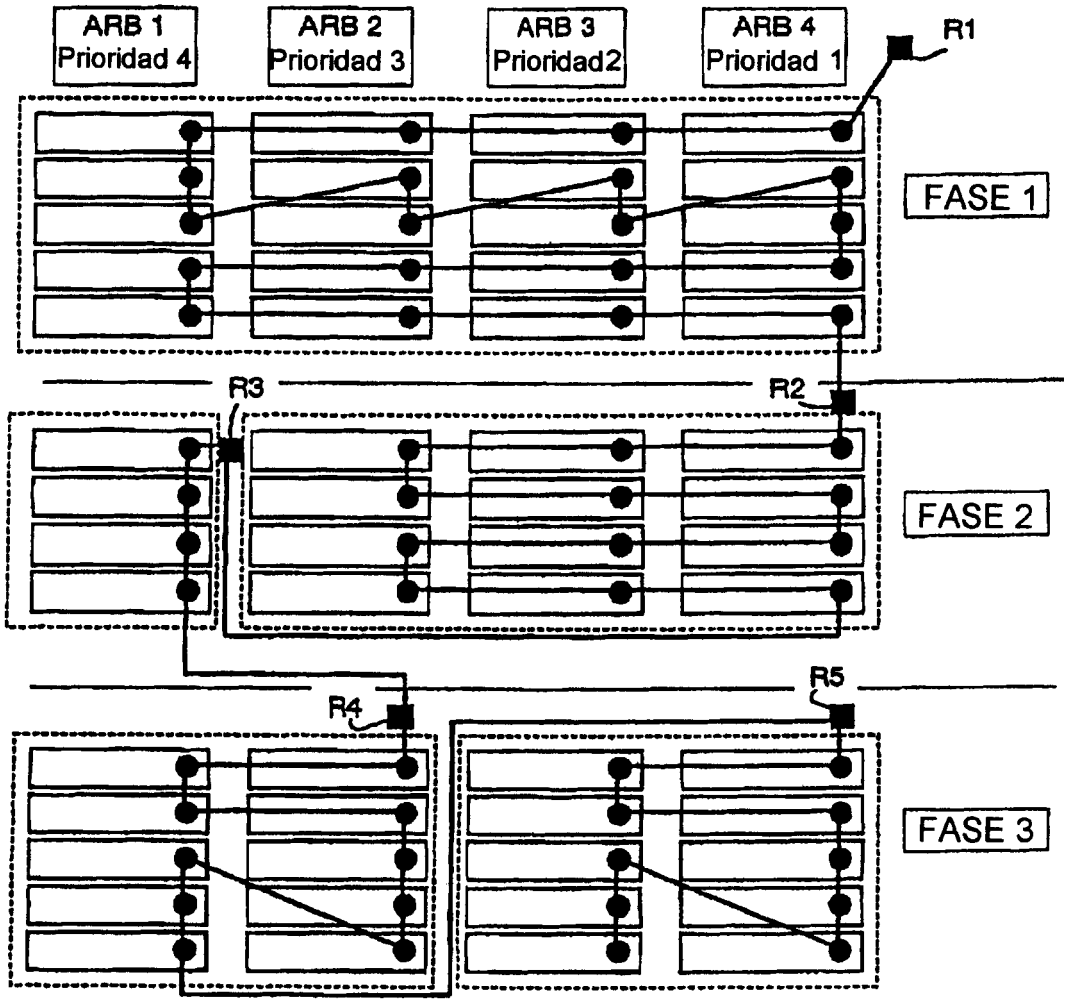

ARB 1
Prioridad 4
ARB 2
Prioridad 3
ARB 3
Prioridad2
ARB 4
Prioridad 1
R1
FASE 1
R3
R2
FASE 2
R5
R4
FASE 3

Fig. 6

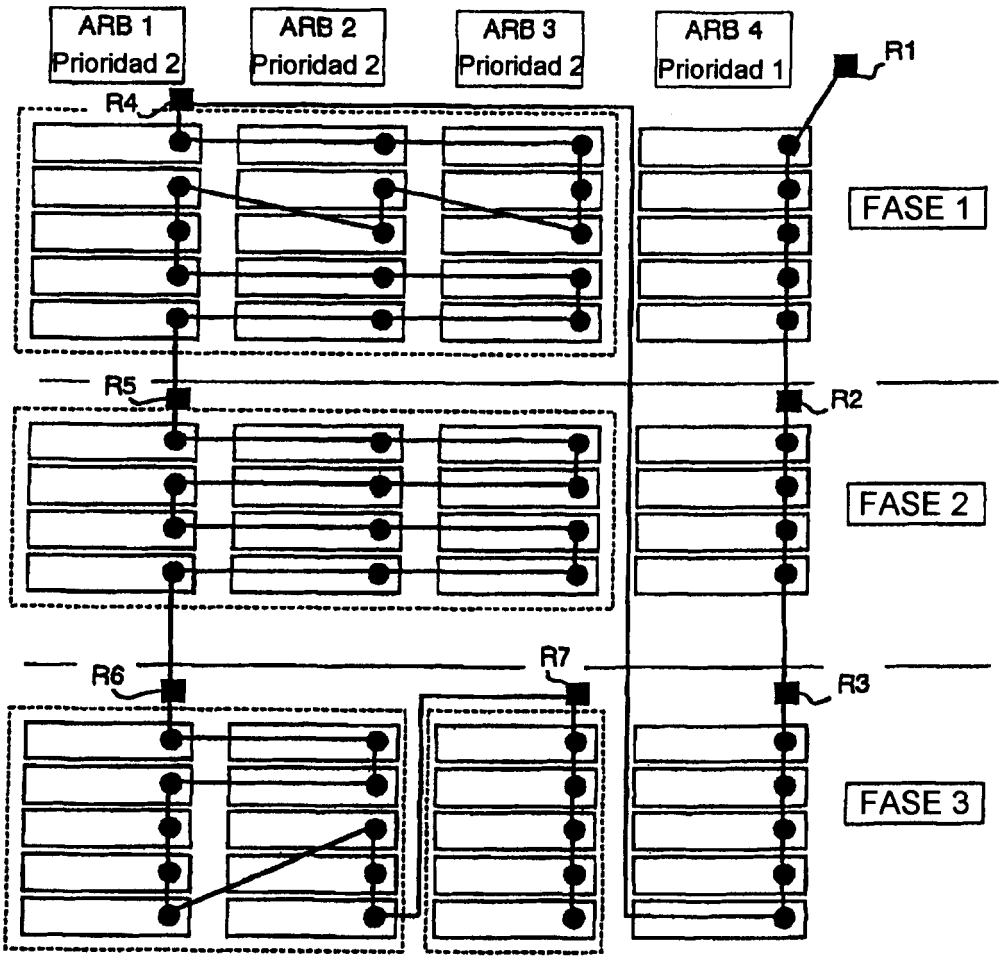

ARB 1
Prioridad 2
ARB 2
Prioridad 2
ARB 3
Prioridad 2
ARB 4
Prioridad 1
R1
R4
FASE 1
R5
R2
FASE 2
R6
R7
R3
FASE 3

Fig. 7

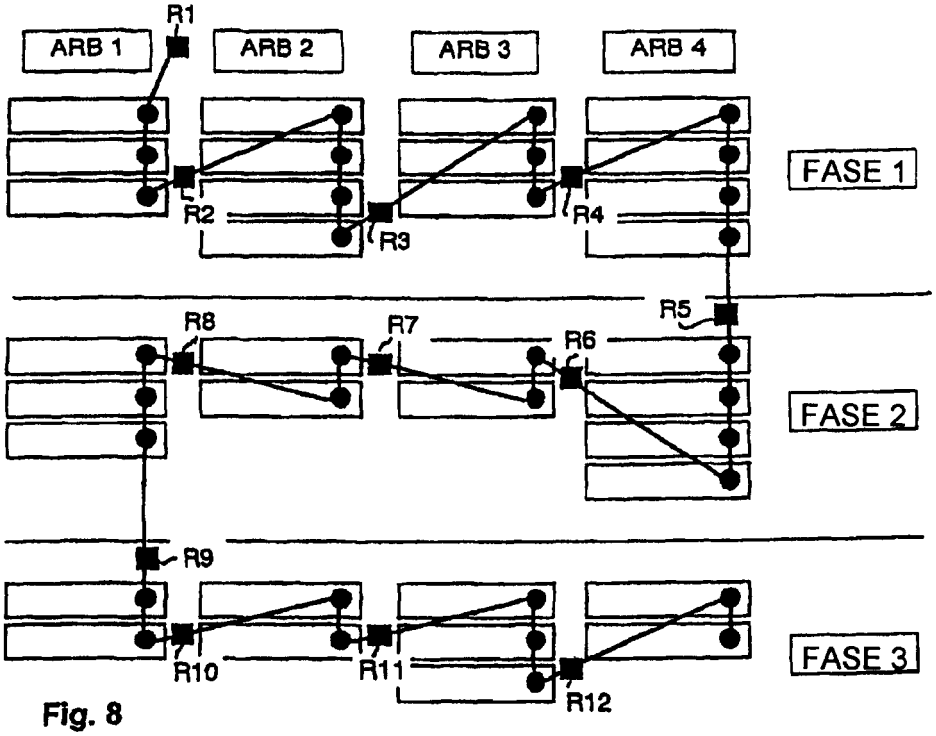

R1
ARB 1
ARB 2
ARB 3
ARB 4
FASE 1
R2
R3
R4
R5
R8
R7
R6
FASE 2
R9
R10
R11
R12
FASE 3

Fig. 8

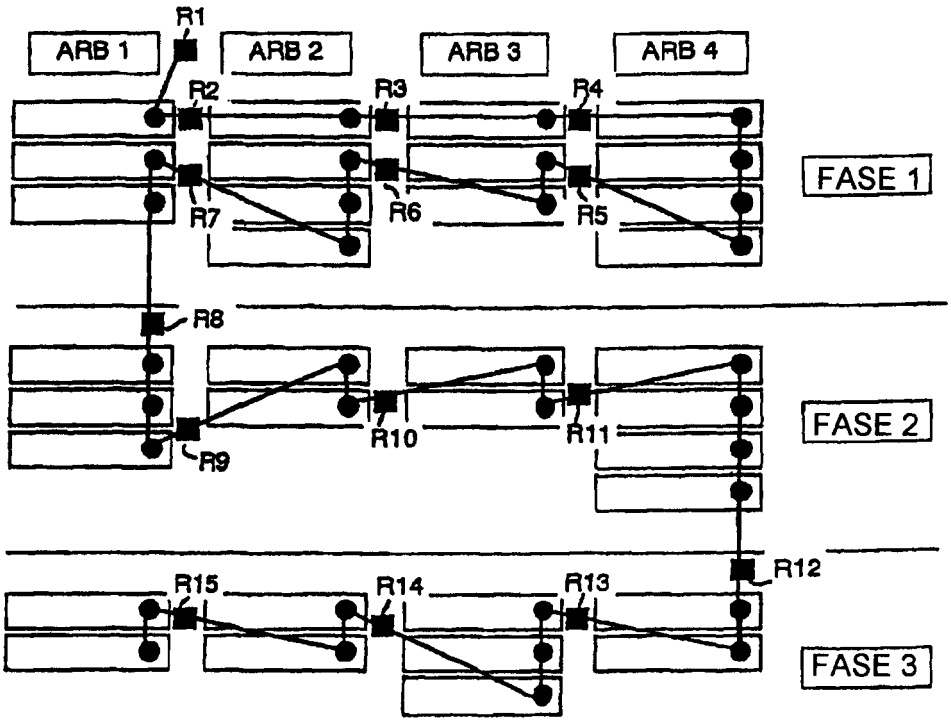
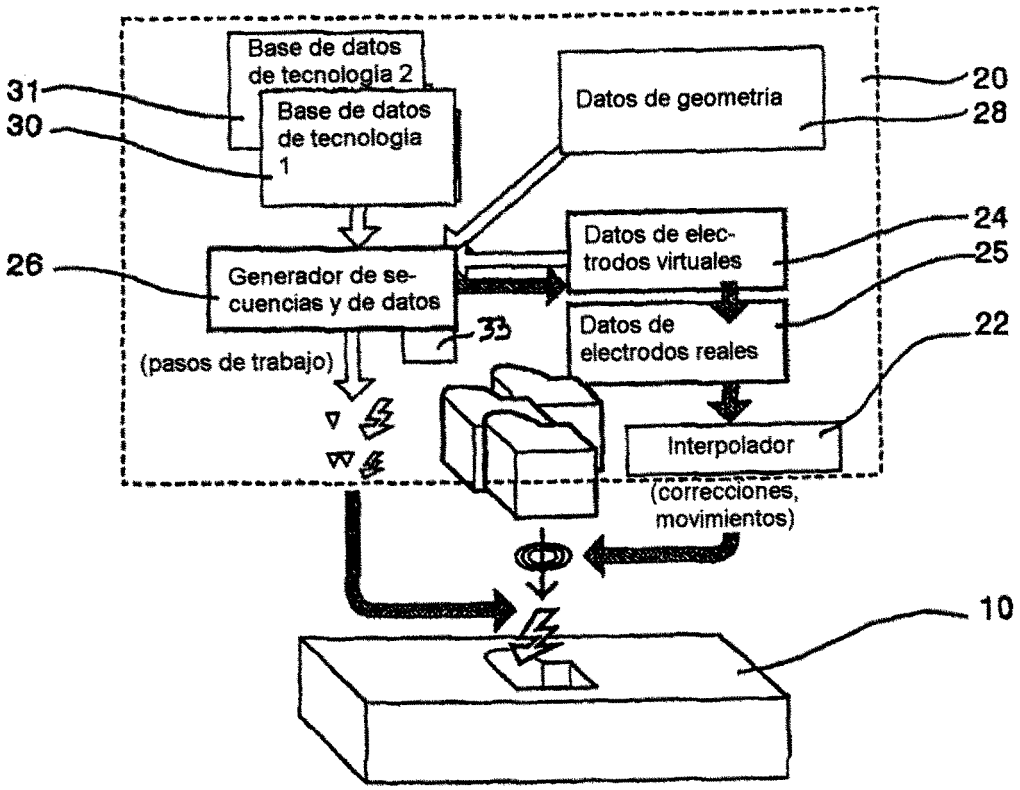

R1
ARB 1
ARB 2
ARB 3
ARB 4
R2
R3
R4
FASE 1
R7
R6
R5
R8
R10
R11
FASE 2
R9
R12
R15
R14
R13
FASE 3

Fig. 9

Fig. 10


Base de datos de tecnología 2
Base de datos de tecnología 1
Datos de geometría
Datos de electrodos virtuales
Generador de secuencias y de datos
Datos de electrodos reales
Interpolador
(pasos de trabajo)
(correcciones, movimientos)
31
30
26
20
28
24
25
22
33
10