

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 553**

51 Int. Cl.:

B23H 7/06 (2006.01)

B23H 7/04 (2006.01)

B23H 7/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2001** **E 01121855 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2013** **EP 1291110**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la mecanización por electroerosión de alambres múltiples**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.10.2013

73 Titular/es:

AGIE CHARMILLES SA (100.0%)
VIA DEI PIOPPI 2
6616 LOSONE, CH

72 Inventor/es:

BELTRAMI, IVANO, DR. PHYS.;
BUDIN, JOSEF y
NAGEL, WOLFGANG

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 425 553 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 y dispositivo para la mecanización por electroerosión de alambres múltiples

La invención se refiere a un procedimiento para la mecanización por electroerosión de una pieza de trabajo, en el que la mecanización se realiza con al menos dos electrodos de alambre (la llamada mecanización de alambres múltiples) así como a una máquina de erosión de alambre correspondiente.

En la máquinas de corte de alambre por electroerosión se genera la forma de la pieza de trabajo a fabricar desplazando el electrodo de alambre y la pieza de trabajo uno hacia el otro, de tal manera que se obtiene el contorno deseado (establecido en el programa NC). El electrodo de alambre es en este caso un alambre sin fin, que es conducido continuamente por delante del punto efectivo y de esta manera se renueva constantemente. Para la mecanización es muy importante, entre otras cosas, el electrodo de alambre utilizado para la consecución de determinados objetivos de mecanización (exactitud, propiedad de la superficie de corte, etc.). Por lo tanto, con frecuencia es conveniente utilizar diferentes electrodos de alambre guante una mecanización compleja. A través de la selección específica de diferentes tipos de electrodos se pueden optimizar diferentes procesos de mecanización con respecto al proceso de erosión o se pueden cortar geometrías simplemente diferentes. En las máquinas de erosión de alambre convencionales es posible realizar diferentes etapas de trabajo con diferentes electrodos de alambre. Sin embargo, a tal fin el operador debe sustituir la bobina de reserva de alambre y debe llamar el programa con parámetros de tecnología adecuados. La mecanización con varios tipos de alambre era, por lo tanto, hasta ahora una excepción; el cometido de mecanización respectivo se realizaba, en general, con un único alambre. No obstante, desde hace algunos años, se conocen ya máquinas de erosión de alambre con una instalación automática de cambio del alambre, como se publica, por ejemplo, en la publicación japonesa JP 56-069037. Una ventaja clara de una máquina de erosión de alambre de este tipo reside en la autonomía elevada. Así, por ejemplo, para la mecanización de la pieza de trabajo se pueden emplear los diferentes tipos de alambre en el marco de una mecanización sin vigilancia. A través del cambio automático de alambre se reduce el tiempo de mecanización y, por lo tanto, se disminuyen también los costes de fabricación.

Existen diversos motivos que pueden conducir a la selección de uno u otro tipo de alambre, pero el criterio de determinación más importante es el radio interior mínimo $r_{\min}$ del contorno a cortar. Éste resulta a partir de la suma de la mitad del diámetro del alambre y de la anchura del intersticio de las chispas como sigue:

$$r_{\min} = \frac{d}{2} + s_{\text{gap}} \quad (1)$$

De ello resulta, a la inversa, que el diámetro del alambre se puede seleccionar como se indica a continuación, con un radio interior mínimo predeterminado:

$$d = 2 \cdot (r_{\min} - s_{\text{gap}}) \quad (2)$$

La utilización de una instalación automática de cambio de alambre y de diversos electrodos de alambre en el marco de mecanizaciones combinadas plantea, sin embargo, problemas nuevos, en particular en lo que se refiere a la repercusión sobre el contorno a cortar. La publicación US 5.237.145, que se considera como estado más próximo de la técnica, describe a este respecto un procedimiento de erosión de alambre, en el que un primer electrodo de alambre es seleccionado a partir de una pluralidad de electrodos de alambre que están preparados sobre rollos de reserva de alambre, el electrodo de alambre seleccionado es enhebrado y se realiza la mecanización por electroerosión, el primer electrodo de alambre es sustituido por un segundo electrodo de alambre con diámetro diferentes y se lleva a cabo para el segundo electrodo de alambre una adaptación del contorno a cortar y de la anchura del intersticio de las chispas. La adaptación del contorno es una corrección de desviación, condicionada por el diámetro diferente del alambre, transversalmente a la dirección de corte respectiva. Por lo tanto, todo el contorno es "reducido" o "incrementado" de manera correspondiente. Sin embargo, a partir de esta publicación no se conocen correcciones de gran alcance.

El documento US-A-5 922 220 muestra un dispositivo de erosión de alambre con una combinación de una guía de alambre abierta en V y una guía toroidal cerrada. Para ángulos cónicos muy pequeños se conduce el electrodo de alambre sólo desde la guía abierta en V. Si se incrementa el ángulo cónico, entonces el electrodo de alambre se apoya en el toroide de la guía toroidal cerrada. El dispositivo de erosión de alambre calcula una corrección de este ángulo cónico y, en concreto, con y sin contacto del electrodo de alambre con la guía toroidal cerrada. Esta corrección actúa siempre en la dirección del desplazamiento de la cabeza de guía inferior del alambre hacia la cabeza de guía superior del alambre. El documento US-A-5 451 737 no calcula tal corrección, sino que la mide por medio de un sensor de la posición del alambre.

Un objetivo de la presente invención es mejorar la exactitud de la mecanización en una máquina de erosión de alambre.

La invención consigue este objetivo, respectivamente, con los objetos de las reivindicaciones 1 y 17. Las configuraciones preferidas de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

La invención, otras características de la invención así como ventajas de la invención se explican en detalle a continuación con la ayuda de configuraciones preferidas de la invención con referencia al dibujo adjunto.

- 5 La figura 1 muestra una vista parcial esquemática de una cabeza de guía superior de alambre, en la que se ilustra el desarrollo de un electrodo de alambre empotrado.

La figura 1b muestra un fragmento de la cabeza de guía de alambre mostrada en la figura 1a y en concreto la guía de alambre.

- 10 Las figuras 2a, b muestran, respectivamente, dos vistas esquemáticas en perspectiva de un espacio de trabajo, un electrodo de alambre tensado entre dos cabezas de guía del alambre y, respectivamente, un punto de centrado con y sin sistema de tensado para el centrado del electrodo de alambre.

La figura 3 muestra una tabla ejemplar, en la que se listan determinados parámetros de electrodos para diferentes electrodos de alambre y un eventual desplazamiento hacia un electrodo de alambre enlazado.

- 15 La figura 1a muestra de forma esquemática una cabeza de guía superior de alambre 2, que lleva un medio de alimentación de corriente 4 así como una guía de alambre 6. La guía de alambre 6 puede ser, por ejemplo, una guía de alambre abierta, como una guía en V. En el estado empotrado, un electrodo de alambre 8 se extiende a través de un canal 10 dentro de la cabeza de guía del alambre 2. Para que el electrodo de alambre 8, especialmente en el caso de una guía de alambre abierta (en forma de V), se apoye con seguridad en ésta y sea conducido con contacto fijo con ésta, el electrodo de mecanización 8 debe conducirse bajo cierto ángulo de entrada mínimo γ_0 con respecto a la vertical hasta la guía de alambre 6. En la figura 1b se representa en ángulo de entrada γ_0 . Éste es el ángulo entre la vertical, que se apoya en la superficie de contacto de la guía de alambre, y el desarrollo del alambre del electrodo de alambre 8 por encima de la guía de alambre 6. En la práctica, este ángulo de entrada mínimo γ_0 se ajusta porque la superficie de contacto de la alimentación de corriente 4 que se encuentran curso arriba de la dirección de avance del alambre está ligeramente desplazada con respecto a la superficie de contacto de la guía de alambre 6 (ver la figura 1a). Este ángulo de entrada γ_0 es, por lo tanto, un ángulo fijo, que resulta a partir de la disposición de la alimentación de corriente 4 y de la guía de alambre 6 en la cabeza de guía del alambre 2.

- 20 En virtud del ángulo de entrada γ_0 diferente, del diámetro del alambre, de los módulos de elasticidad y de otras propiedades del electrodo de alambre 8 así como de las diferentes fuerzas de tracción sobre el electrodo de alambre 8 empotrado resultan pequeñas diferencias en las curvaturas del electrodo de alambre 8 inmediatamente después de su punto de desprendimiento desde la guía de alambre 6, lo que se manifiesta en un desplazamiento δ_0 determinado mostrado en la figura 1b con respecto a la vertical, que se apoya en este punto de desprendimiento. Con otras palabras, la curvatura del electrodo de alambre es ligeramente menor que la curvatura de la guía de alambre, de manera que en la práctica el desplazamiento total δ_0 ha alcanzado ya algunos milímetros después de abandonar la guía de alambre 6. De esta manera, este desplazamiento δ_0 es constante sobre toda la altura de la pieza de trabajo.

- 30 Los diferentes desplazamientos δ_0 conducen a diferentes posiciones de los electrodos de alambre 8 empotrados durante la mecanización de alambres múltiples en la altura de la pieza de trabajo en posición idéntica de la cabeza de guía del alambre 2. Si no se tiene en cuenta esta diferencia durante el cambio del electrodo de alambre 8, entonces se produce una inexactitud de la mecanización, lo que trata de evitar la invención. Evidentemente, en lugar de la guía de alambre 6 abierta descrita es posible también cualquier otra guía, en la que un ángulo de entrada γ_0 con relación a una guía de alambre conduce a diferentes desplazamientos δ_0 en diferentes electrodos de alambre 8.

A tal fin calcula sucesivamente las diferentes posiciones de los diferentes electrodos de alambre 8 utilizados durante la mecanización de alambres múltiples en la altura de la pieza de trabajo o al menos en algún lugar entre la guía superior y la guía inferior del alambre 6 o bien los diferentes desplazamientos δ_0 .

- 45 El desplazamiento δ_0 se puede calcular de acuerdo con las fórmulas siguientes:

$$\delta_0 = \frac{\gamma_0}{2} \sqrt{\frac{E \cdot l}{F}} \quad \text{con} \quad l = \frac{d^4 \cdot \pi}{64}$$

de manera que en la fórmula γ_0 es el ángulo de entrada del electrodo de alambre 8 en la guía de alambre 6, E es el módulo de elasticidad, l es el momento superficial axial de segundo grado derivado a partir del diámetro del alambre y d es el diámetro del alambre.

- 50 A partir de los desplazamientos δ_0 calculados individuales se puede calcular el desplazamiento de las posiciones de los puntos medios del alambre en la altura de la pieza de trabajo, siendo utilizado un electrodo de alambre 8 como

electrodo de referencia (normalmente el electrodo de alambre, con el que se inicia la mecanización de alambres múltiples) y se determina la diferencia de los desplazamientos δ_0 calculados de los restantes electrodos de alambre 8 con respecto al desplazamiento de este electrodo de alambre (o, en cambio, la diferencia de los desplazamientos δ_0 calculados de electrodos de alambre 8 sucesivos durante la mecanización). Durante la mecanización siguiente de alambres múltiples de la pieza de trabajo se utiliza, después de un cambio de electrodo de alambre, el desplazamiento determinado para el nuevo electrodo de alambre 7 y de esta manera se corrige la guía de la trayectoria del nuevo electrodo de alambre 8. La determinación y la compensación por cálculo de la distancia entre los puntos medios del alambre conducen ya a una mejora considerable de la exactitud de la fabricación durante una mecanización de alambres múltiples.

Además, se ha comprobado que diferentes electrodos de alambre tienen diferentes características, que conducen a diferentes desplazamientos δ_0 . Incluso electrodos de alambre del mismo tipo de diferentes proveedores, en los que se ha partido propiamente de que su módulo de elasticidad, etc. es igual, tienen propiedades del material apreciablemente diferentes. Así, por ejemplo, las investigaciones experimentales han mostrado que, por ejemplo la resistencia a la flexión de dos electrodos de alambre del mismo tipo puede variar un 20 % y más, siendo responsable el módulo de elasticidad E en gran medida de esta dispersión. Por último, también el ángulo de entrada γ_0 específico de la máquina en sí y por sí y constante se modifica en virtud del desgaste de la alimentación de la corriente 4 y de la tolerancia de fabricación durante el montaje de la cabeza de guía del alambre 2. El desgaste de la alimentación de corriente 4 conduce, por ejemplo, a un desplazamiento del punto de apoyo del electrodo de alambre 8 en la alimentación de corriente 4 hasta 1 mm. El cálculo del desplazamiento en virtud del parámetro de material registrado es solamente una aproximación.

Para el incremento adicional de la exactitud de fabricación se mide, por lo tanto, el desplazamiento de diversos electrodos de alambre 8. Esto se puede realizar en el marco de varios ciclos de centrado, en los que se calcula, respectivamente, la posición de un punto medio de los electrodos de alambre 8 implicados en la mecanización de alambres múltiples a través del acceso a un lugar de centrado común en el espacio de trabajo. Tal ciclo de centrado se explica a continuación en detalle con la ayuda de las figuras 2a y b. En la figura 2a se muestra la cabeza de guía superior del alambre 2, una cabeza de guía inferior del alambre 14, soportada por un brazo de la guía inferior del alambre 12, el electrodo de alambre 6 que se extiende entre estas cabezas de guía del alambre 2 y 14, una mesa de trabajo 16 en forma de un bastidor, una pieza de trabajo 18 extendida sobre la mesa de trabajo 16 así como un punto de centrado extendido por medio de una instalación de extensión 20 sobre la mesa de trabajo en forma de dos pasadores de central 22 y 24 de forma cilíndrica, que están alineados perpendicularmente entre sí, por ejemplo en la dirección de los dos ejes principales X e Y de la máquina de erosión de alambre. La figura 2b muestra una situación ligeramente modificada, en la que el punto de centrado está colocado en forma de un único pasador 22 de forma cilíndrica directamente en la mesa de trabajo 16.

El reconocimiento del electrodo de alambre 8 en el punto de centrado se puede realizar, por ejemplo, a través de exploración eléctrica. Este procedimiento se aplica ya en conexión con los ciclos conocidos de alineación del alambre. A este respecto, se remite al estado de la técnica. De manera alternativa a la exploración eléctrica, se contemplan también medios de reconocimiento óptico, por ejemplo una célula de medición láser, como se emplea con frecuencia para la medición de herramientas de fresado. Incluso una célula de medición en miniatura podría estar integrada en la cabeza de guía del alambre 2, por ejemplo ligeramente por debajo de la guía del alambre 6. Una célula de medición de este tipo sobre base óptica se describe en los documentos DE 28 26 270 y EP 0 312 056, cuyo contenido es incorporado por este medio por referencia totalmente en la presente solicitud.

La causa de la curvatura del electrodo de alambre 8 y el desplazamiento δ_0 implicado con ello es el desarrollo del alambre dentro de las cabezas de guía del alambre 2 y 14 delante de la guía del alambre 6 (dicho con mayor precisión, en la cabeza de guía superior del alambre 2 en la dirección de avance del alambre curso arriba de la guía de alambre 6 y en la cabeza de la guía inferior del alambre 14 en la dirección de avance del alambre curso debajo de la guía del alambre). Este desarrollo del alambre se da a través de la disposición de un último elemento de guía delante de la guía respectiva del alambre 6. Este elemento de guía se ocupa de que el electrodo de alambre 8 se apoye siempre en la guía de alambre 6. En el ejemplo mostrado en la figura 1a, el elemento de guía es la guía de la corriente 4. No obstante, de manera alternativa se puede emplear cualquier otra guía auxiliar.

Habitualmente, la posición de los electrodos de alambre 8 con respecto al punto de centrado solamente debe medirse en una de las direcciones axiales. La otra dirección no tiene importancia la mayoría de las veces. El elemento de guía y la guía del alambre 6 están dispuestos desplazados entre sí en una dirección predeterminada, para asegurar el ángulo de entrada γ_0 . El desplazamiento δ_0 solamente se mide ahora con preferencia en esta dirección (en el caso de la alimentación de corriente 4 como elemento de guía, esta dirección es, por ejemplo, la dirección de su perpendicular superficial). A tal fin, solamente hay que aproximar el pasador de central 22. Para medir el punto medio del electrodo de alambre 8 en esta dirección, se aproxima, por ejemplo, el electrodo de alambre 8 desde delante hacia el pasador de centrado 22 hasta el contacto, se calcula la posición correspondiente de las cabezas de guía del alambre 2 y 14 en esta dirección, luego se aproxima el electrodo de alambre 8 desde atrás al pasador de centrado 22 hasta el contacto, se calcula la posición correspondiente de las cabezas de guía del alambre 2 y 14 y a partir de ello se determina el punto medio del electrodo de alambre 8 o bien el punto medio del pasador de centrado 22. Esto se realiza de la misma manera con los restantes electrodos de alambre, a partir de lo

cual se deriva finalmente el desplazamiento entre dos electrodos de alambre 8 a partir de las diferencias de los puntos medios determinados respectivos.

El ciclo de centrado tiene lugar en este caso con preferencia con una fuerza de tracción del alambre de referencia F_{Ref} determinada. En este caso, se aplica tal vez aquella fuerza, que se necesita efectivamente para la presente mecanización de alambres múltiples. No obstante, también se pueden realizar varios ciclos de centrado con diferentes fuerzas de tracción del alambre de referencia sobre la zona de aplicación del electrodo de alambre respectivo. Los resultados para los electrodos de alambre individuales se pueden registrar después de su cálculo clasificados junto con otros parámetros relevantes, entre otras cosas, para el cálculo anterior, como el diámetro del alambre, el material del alambre, el módulo de elasticidad, la longitud residual del alambre sobre la bobina de reserva, la fuerza de tracción del alambre de referencia F_{Ref} utilizada en la medición (ver la Tabla de la figura 3, en la que se indica allí en lugar del desplazamiento de los electrodos de alambre 8 con respecto a un electrodo de alambre de referencia 8 para cada electrodo de alambre 8 su punto medio medido del alambre con respecto al lugar de centrado debajo de la columna "Posición de referencia").

Con preferencia, el control dispone a tal fin de una tabla ampliada con todos los electrodos de alambre 8 que se pueden utilizar en esta máquina de erosión de alambre o bien incluso todos los electrodos de alambre 8 de venta en el mercado, que el usuario puede completar, además, a su voluntad, pudiendo introducir otros electrodos de alambre 8, o bien pudiendo realizar otras indicaciones sobre su composición química, valores característicos eléctricos y mecánicos del material, en particular resistencia a la tracción, y eventualmente otras indicaciones sobre las propiedades respectivas. En la Tabla se puede indicar en este caso qué alambres están actualmente centrados entre sí. A tal fin, se indica en la Tabla de la Figura 3 en su columna "centrado con", por ejemplo, que los electrodos de alambre están enlazados entre sí con los números 05, 06 y 09.

Los ciclos de centrado para los electrodos de alambre 8 individuales pueden ser optimizados de tal manera que, por una parte, se reduce al mínimo la inseguridad de la medición y, por otra parte, el tiempo total de medición no es demasiado largo. Por ejemplo, los ciclos de centrado se pueden combinar con otras funciones, que deben realizarse de todos modos durante la instalación, por ejemplo la alineación del alambre o la exploración de puntos de referencia. De esta manera, se eleva el gasto para la preparación de la mecanización de alambres múltiples solamente en una medida insignificante. Los ciclos de centrado son automatizados de una manera ventajosa en la mayor medida posible. Para las etapas restantes que deben realizarse manualmente (por ejemplo colocación del sistema de fijación 20, etc.), el control (MMI/GUI) puede estar configurado de tal manera que apoya al usuario a este respecto a través de la emisión de mensajes correspondientes y la preparación de posibilidades de interacción a través de ventanas de diálogo.

Evidentemente, la medición del desplazamiento sobre un ciclo de centrado es más costosa y requiere más tiempo que su cálculo de acuerdo con la fórmula anterior, puesto que para el primero es necesario, en general, un diálogo con el usuario, el enhebrado automático del electrodo de alambre, la aproximación del punto de centrado, la determinación y el almacenamiento del punto medio del alambre, y la medición para cada electrodo de alambre individual. No obstante, a través de la medición del desplazamiento se tienen en cuenta también las dispersiones mencionadas de los parámetros del material de los electrodos de alambre 8, el estado actual de desgaste de las alimentaciones de corriente y otras variables no detectables por cálculo. Este sobregasto es tolerado en el caso de requerimientos especiales de exactitud.

Además, la aproximación por cálculo del desplazamiento y la medición del desplazamiento se pueden combinar también para realizar, por ejemplo, una verificación de la factibilidad para el desplazamiento medido. En el caso de que el valor calculado y el valor medido se desvíen uno del otro, por ejemplo, más de 20 μm , entonces debe iniciarse, dado el caso, una nueva medición.

La medición de las posiciones de los electrodos de alambre 8 entre sí, que están implicados en una mecanización de alambres múltiples enlazada, debería resolverse evidentemente antes de cada operación relevante para la exactitud de la mecanización de la pieza de trabajo, es decir, por ejemplo ya antes de la aproximación de los puntos de referencia, lo que se realiza durante la mecanización general siempre antes de la operación de erosión propiamente dicha. De esta manera se puede determinar también la posición de la pieza de trabajo empotrada por ejemplo con el electrodo de alambre 8 precisamente empotrado a través de exploración de la pieza de trabajo, siendo mecanizada la pieza de trabajo a continuación con otro electrodo de alambre 8. También a tal fin es necesario que el desplazamiento de estos dos electrodos de alambre 8 entre sí sea conocido de antemano.

El control CNC de la máquina de erosión de alambre está configurado, además, de tal manera que da al usuario la posibilidad de enlazar, por decirlo así, para mecanizaciones de alambres múltiples aquellos objetos de mecanización entre sí que deben mecanizarse con diferentes electrodos de alambre 8. Con objeto de la simplificación de la programación, se puede definir la mecanización, en efecto, en el marco de una estructura de datos orientada al objeto, por ejemplo en objetos, como mecanización, grupo de mecanizaciones, geometría, desbaste, acabado, acabado fino, etc. Con esta estructura del objeto se puede establecer de una manera extremadamente fácil un enlace y se puede visualizar bien. Con el enlace el usuario establece que estos objetos de mecanización tienen una relación geométrica, es decir, que debe tenerse en cuenta el desplazamiento de los diferentes electrodos de alambre 8 que deben utilizarse allí. Los objetos de mecanización individuales son enlazados a tal fin directamente entre sí,

por ejemplo el objeto “mecanización A” con el objeto “mecanización B”, en los que el desplazamiento de los electrodos 8 correspondientes después de su cambio es relevante. Así, por ejemplo, en el caso de una mecanización de alambres múltiples, no necesariamente todos los electrodos de alambre 8 deben realizar una mecanización, que requiere una referencia geométrica de los contornos mecanizados en este caso. Un ejemplo de aplicación típico, en el que la referencia geométrica es a pesar de todo relevante, es una matriz de una herramienta compuesta siguiente, que se corta sobre varias mecanizaciones con diferentes electrodos de alambre 8. En este caso, es importante el desplazamiento del alambre de los electrodos de alambre 8 utilizados para la exactitud de los contornos de corte individuales. El usuario establece, por lo tanto, durante la entrada de las geometrías a cortar, qué contornos de corte deben enlazarse entre sí para la elevación de la exactitud de mecanización. El control CNC supervisa antes del comienzo de la mecanización si para los contornos de corte enlazados entre sí ha sido realizado ya un ciclo de centrado válido en general y en el caso de resultado opuesto, emite un mensaje correspondiente.

Un diálogo posible del control con el usuario durante la instalación se puede manifestar en este caso de la siguiente manera. El usuario comienza con la selección de “Instalar mecanización”. A continuación selecciona las mecanizaciones a realizar y decide a través de una ventana de diálogo correspondiente si en el marco de una mecanización de alambres múltiples quiere realizar una mecanización de alambres múltiples de una manera especialmente exacta, lo que presupone la realización de un proceso de centrado o no, a cuyo fin es suficiente un cálculo del desplazamiento teórico de los electrodos de alambre 8 implicados.

A continuación se indica la lista de los tipos de alambres registrados en una ventana de diálogo y se solicita al usuario que designe aquellos electrodos de alambre 8 que deben realizar el proceso de centrado común. El control investiga a continuación si los electrodos de alambre 8 designados han realizado ya un proceso de centrado común válido o bien si ya una parte de los electrodos de alambre implicados está centrada entre sí. Si esto es confirmado por el control, se emite un mensaje correspondiente al usuario. El usuario o bien puede aceptar entonces el proceso de centrado antiguo, reponerlo o sustituirlo por un proceso de centrado nuevo. Cuando el control establece que los electrodos de alambre designados no han realizado todavía ningún ciclo de centrado común válido, entonces éste es iniciado inmediatamente. De manera alternativa a la entrada directa de los objetos de mecanización a enlazar, el usuario puede enlazar también fácilmente los electrodos de alambre 8 implicados entre sí, compensado el control durante el cambio de alambre de manera automática el desplazamiento del alambre. Simultáneamente con el proceso de centrado iniciado se calcula también el desplazamiento teórico con la ayuda de los valores característicos de alambre registrados y de la fuerza de tracción del alambre utilizada, para verificar la factibilidad del proceso de centrado.

Cuando solamente debe realizarse un proceso de centrado nuevo para una parte de los electrodos de alambre, entonces una ventana de diálogo consulta al usuario si ha sido desplazado el pasador de medición. En caso afirmativo, entonces se reponen los valores de medición de todos los ciclos de centrado anteriores. Además, el control consulta al usuario por la distancia de un rollo de reserva de alambre y la sustitución por un rollo nuevo, si debe realizarse o no la función “sustituir alambres” para todos los electrodos de alambre enlazados entre sí con el electrodo de alambre sustituido nuevo o bien si los alambres de un ciclo de centrado anterior son todavía válidos o no. Es ventajoso proveer la instalación de cambio de alambre con detectores de alambre, para que el control inicie de forma automática las consultas indicadas anteriormente.

Además, la invención se puede combinar con el procedimiento de corte posterior de acuerdo con el documento EP 0 578 018 B1 de la misma solicitante, en el que el control reconoce de forma automática si la trayectoria de corte del primer electrodo de alambre (corte principal) coincide con el segundo electrodo de alambre y, dado el caso, con el tercer electrodo de alambre. Si esto es así, entonces se pueden realizar los cortes posteriores con relación al contorno generado por el corte principal, como se ha descrito en la publicación de patente citada. En este caso, se trata de un caso especial, en el que se puede suprimir un proceso de centrado a pesar de las mecanizaciones de alambres múltiples.

A este respecto, por ejemplo, como se representa en la Tabla de la figura 3 en su columna “Centrado con”, indica que los electrodos de alambre con los números 05, 06 y 09 están enlazados entre sí.

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento para la mecanización por electroerosión de una pieza de trabajo (18), en el que la mecanización se realiza con al menos dos electrodos de alambre (8), que comprende las siguientes etapas:

- cálculo del desplazamiento de las dos posiciones de los al menos dos electrodos de alambre (8) entre sí,
- corrección de las posiciones de los electrodos de alambre (8) después del cambio de un electrodo de alambre (8) hacia al siguiente sobre la base del desplazamiento calculado entre estos electrodos de alambre (8),

caracterizado porque a través de una instalación de control se calcula el desplazamiento, que los electrodos de alambre (8) adoptan durante su empotramiento en virtud de su ángulo de entrada (γ_0), que es provocado a través de un desplazamiento perpendicularmente al desarrollo del electrodo de alambre entre una guía auxiliar (4) y una guía de alambre (6), sobre la guía de alambre (6) correspondiente y sus diferentes propiedades del alambre en la altura de la pieza de trabajo (18), y se corrige la posición de los electrodos de alambre en la dirección del desplazamiento de la guía auxiliar (4) con respecto a la guía de alambre (6).

2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se calcula el desplazamiento.

3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que se calcula el desplazamiento sobre la base del diámetro del alambre, el módulo de elasticidad del electrodo de alambre (8), de la fuerza de tracción sobre el electrodo de alambre (8) y del ángulo de entrada del electrodo de alambre (8) sobre la guía de alambre (8).

4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que se calcula el desplazamiento sobre la base de las fórmulas siguientes:

$$\delta_o = \frac{\gamma_o}{2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{F}} \quad \text{con} \quad I = \frac{d^4 \cdot \pi}{64}$$

en las que γ_0 es el ángulo de entrada del electrodo de alambre (8) en la guía de alambre (6), E es el módulo de elasticidad del electrodo de alambre (8), I es el momento superficial axial derivado del electrodo de alambre (8), F es la fuerza de tracción sobre el electrodo de alambre (8) y d es el diámetro del electrodo de alambre (8).

5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que se mide el desplazamiento.

6.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, en el que se mide el desplazamiento, de manera que

- a) se empotra un primer electrodo de alambre (8),
- b) se mide una primera posición del electrodo de alambre (8) en el espacio de trabajo con relación a un punto de referencia (22; 24),
- c) se empotra un segundo electrodo de alambre (8),
- d) se mide una segunda posición del segundo electrodo de mecanización (8) en el espacio de trabajo con relación al punto de referencia (22; 24),
- e) se determina el desplazamiento como diferencia entre la primera posición medida y la segunda posición medida, y
- f) se repiten las etapas a) a e), dado el caso, para otros electrodos de alambre.

7.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que como punto de referencia se utiliza un punto de centrado común (22; 24).

8.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6 ó 7, en el que las posiciones se miden por medio de una célula de medición óptica integrada en la cabeza de guía del alambre (2).

9.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 8, en el que se mide el desplazamiento de los electrodos de alambre (8) con fuerza de tracción constante sobre los electrodos de alambre (8).

10.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 9, en el que se miden varios principios para el desplazamiento de los electrodos de alambre (8) para diferentes fuerzas de tracción sobre el electrodo de alambre (8).

11.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 10, en el que se mide el desplazamiento de los electrodos de alambre (8) exclusivamente en la dirección del desplazamiento, que provoca el ángulo de entrada (γ_0),

de un elemento de guía para la conducción del alambre (6), en particular en dirección perpendicularmente a la superficie de contacto del electrodo de alambre (8) en una alimentación de corriente (4) que sirve como elemento de guía.

5 12.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 7, en el que sobre la base de un valor medido y de un valor calculado para el desplazamiento se realiza una verificación de la factibilidad para el valor medido.

13.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la mecanización está dividida en objetos de mecanización individuales, y el usuario puede seleccionar qué objetos de mecanización deben enlazarse entre sí, de manera que un enlace significa que se corrige el desplazamiento de los electrodos de alambre (8) implicados en los objetos de mecanización enlazados durante la mecanización.

10 14.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 13, en el que las posiciones medidas son registradas junto con otros parámetros del alambre, como diámetro, fuerza de referencia en una tabla.

15 15.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el usuario puede seleccionar en la tabla cuáles de los electrodos de alambre (8) registrados allí deben enlazarse para la mecanización, de manera que un enlace significa que el desplazamiento de los electrodos de alambre (8) enlazados debe corregirse durante la mecanización.

16.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 13 a 15, en el que durante la instalación se verifica de forma automática si ya han sido medidas las posiciones de los electrodos de alambre (8) enlazados entre sí.

17.- Máquina de electroerosión, que está configurada para una mecanización de alambres múltiples, con:

- una cabeza de guía (2) para la guía de un electrodo mecanización (9),

20 - una instalación de control para el control de la trayectoria de la cabeza de guía (2), en la que la instalación de control está configurada de tal forma que calcula el desplazamiento de las posiciones de al menos dos electrodos de alambre (8) entre sí y corrige las posiciones de la cabeza de guía (2) durante la mecanización de la pieza de trabajo después del cambio de un electrodo de alambre (8) hacia el siguiente sobre la base del desplazamiento calculado entre estos electrodos de alambre (8),

25 caracterizada porque la instalación de control está configurada de tal forma que calcula el desplazamiento, que los electrodos de alambre (8) adoptan durante su empotramiento en virtud de su ángulo de entrada (γ_0) sobre una guía de alambre (6) correspondiente y sus diferentes propiedades del alambre en la altura de la pieza de trabajo (18), y se corrige la posición de los electrodos de alambre en la dirección del desplazamiento de la guía auxiliar (6).

30 18.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 17, en el que la instalación de control está configurada para la realización de un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 16.

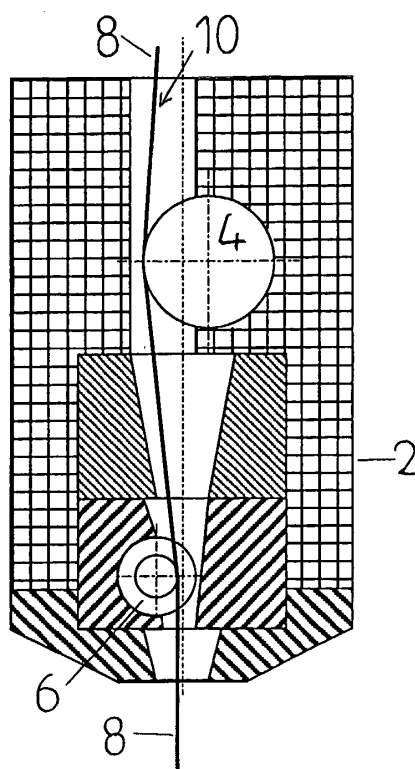


Fig.1a

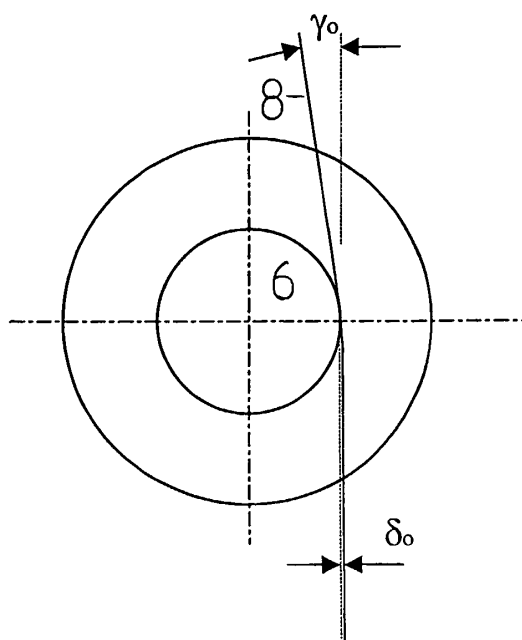


Fig.1b

Fig.2a

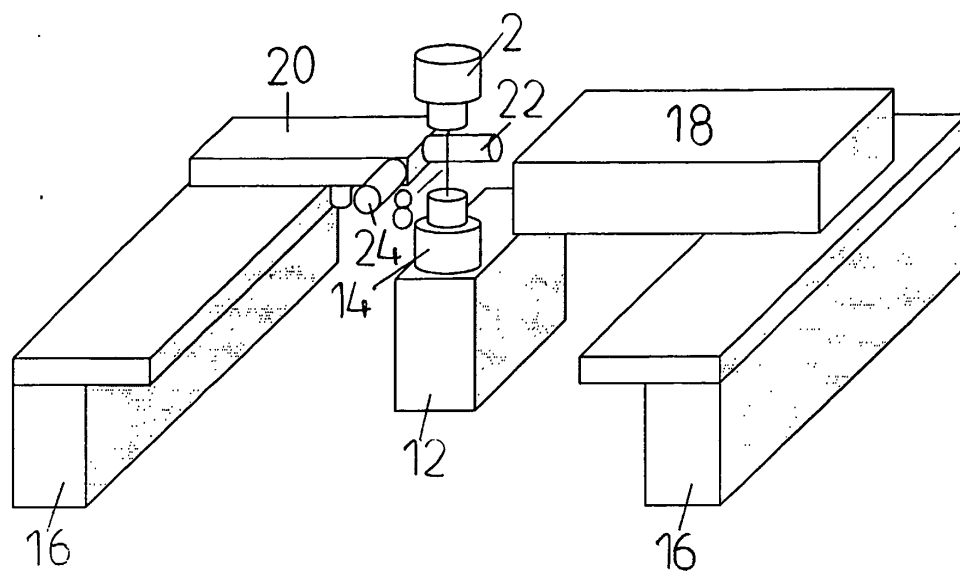
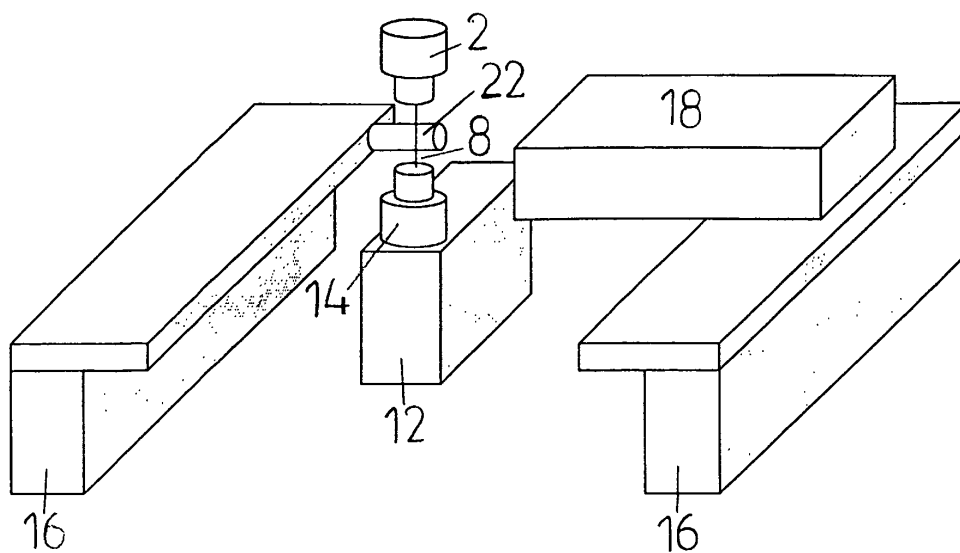


Fig.2b



Long. resid. [m]	Fuerza refer. [N]	Posición refer. [mm]	Centrado con [-]
0		-	-
0		-	-
0		-	-
0		-	-
47053 /59K	4.5	53.977	[05-06-09]
51997 /52K	10.0	53.974	[05-06-09]
1965 /29K	15.0	-	-
0		-	-
19268 /36K	20.0	53.968	[05-06-09]
0		-	-
0		-	-
0		-	-
0		-	-
0		-	-
0		-	-