

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 951 412**

51 Int. Cl.:

B23H 3/04 (2006.01)

B23H 9/10 (2006.01)

B23H 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.04.2018 E 18168364 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.05.2023 EP 3403754**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para el procesamiento electroquímico de una pieza de trabajo metálica**

30 Prioridad:

17.05.2017 DE 102017110733

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

20.10.2023

73 Titular/es:

**LEISTRITZ TURBINENTECHNIK NÜRNBERG
GMBH (100.0%)**

**Markgrafenstr. 36-39
90459 Nürnberg, DE**

72 Inventor/es:

**LIEBL, CINDY y
SCHMIDT, GEORG**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 951 412 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y procedimiento para el procesamiento electroquímico de una pieza de trabajo metálica

- 5 La invención se refiere a un dispositivo para el procesamiento electroquímico de una pieza de trabajo metálica que comprende varios electrodos móviles linealmente de una posición inicial a una posición final a través de respectivas unidades de accionamiento lineal con un área cartográfica dirigida a la pieza de trabajo según el concepto genérico de la reivindicación 1. Tal dispositivo es conocido por el documento DE 10 2011 082 795 A1.
- 10 Para el procesamiento de piezas de trabajo metálicas que están constituidas por un material eléctricamente conductivo, cuando se deben generar geometrías complejas se emplea un procedimiento para el mecanizado electroquímico (ECM - Electro Chemical Machining). Un ejemplo de una pieza de trabajo que se puede producir mediante tal mecanizado ECM es un componente de pala de una máquina de circulación, como por ejemplo una pala de motor o similar.
- 15 En el caso del procedimiento ECM se trata de un procedimiento cartográfico sin arranque de viruta. Un dispositivo útil para ello comprende varios electrodos que son móviles linealmente a través de una unidad de accionamiento lineal apropiada de una posición inicial, en la pieza de trabajo aún sin procesar, a una posición final con pieza de trabajo procesada entonces. Estos electrodos móviles forman cátodos correspondientes, mientras que el componente forma el ánodo. Entre las áreas cartográficas dirigidas a la pieza de trabajo, que definen la geometría final tridimensional que debe presentar la pieza de trabajo, y la propia superficie del material, durante el procedimiento cartográfico total se forma un canal de fluido de tipo ranura, que forma un circuito cerrado alrededor de la pieza de trabajo, de modo que un electrolito puede circular en este canal, que aloja y transporta el material disuelto.
- 20 A modo de ejemplo, tal dispositivo es conocido por el documento DE 10 2012 201 052 A1. El dispositivo diseñado para la producción de palas de una máquina de circulación comprende un gran número de electrodos separados. Visto en dirección longitudinal de la pieza de trabajo, es decir, en la pala de esta, es decir, a lo largo de la longitud de la hoja de pala entre el pie de la pala y la banda de cubierta, en su dispositivo están previstos tres electrodos móviles respecto a la superficie de la pala bajo diferentes ángulos, lo que posibilita una guía con los electrodos también bajo muescas a mantener. Visto en dirección circunferencial, es decir, alrededor de la propia hoja de pala, en total están previstos seis electrodos, estando constituidos los electrodos que forman el lado superior de la hoja de pala y el lado inferior de la hoja de pala, visto en dirección longitudinal de la hoja de pala, a su vez por los tres electrodos descritos. Los electrodos dispuestos distribuidos alrededor de la circunferencia de la hoja de pala se mueven asimismo linealmente a la superficie de la pala a través de correspondientes accionamientos lineales, durante el movimiento están distanciados entre sí y coinciden solo al alcanzar la ubicación final, y en esta posición reproducen la geometría de pala tridimensional.
- 25 Ya que los electrodos distribuidos alrededor de la circunferencia, entre los cuales están previstos correspondientes elementos de sellado para cerrar y hermetizar el canal de fluido que circula alrededor de la hoja de pala están distanciados entre sí, o bien convergen por primera vez durante casi el tiempo de ajuste total hasta alcanzar la posición final, consecuentemente, entre los electrodos individuales se producen campos que no se procesan o se procesan insuficientemente, como resultado del hecho de que a estos campos entre los electrodos distanciados entre sí no se asigna, o bien se contrapone un electrodo, o bien un área cartográfica. Por lo tanto, las secciones de material correspondientes se procesan y se eliminan solo en el último momento, efectuándose esto a veces de modo que se eliminen partes sólidas cuya unión con la pieza de trabajo se separa antes de alcanzar la posición final, o con esta, a través de los electrodos aproximados muy estrechamente.
- 30 Por lo tanto, tiene lugar una elaboración de superficie relativamente inhomogénea, después de que, en campos entre los electrodos adyacentes, distanciados entre sí y acercados, en primer lugar tiene lugar un procesamiento nulo y a veces apenas rudimentario, también con provisión progresiva de los electrodos. Por consiguiente, en el campo de choque de dos electrodos adyacentes se forman forzosamente zonas cuyo procesamiento es diferente, o bien inhomogéneo, respecto al procesamiento de las áreas adyacentes superpuestas con un electrodo durante su movimiento de provisión. Esto conduce a una superficie de la pieza de trabajo acabada que presenta inhomogeneidades.
- 35 En especial, también en el campo de los cantos de hoja de pala se producen dificultades. El lado superior e inferior de la hoja de pala se procesa a través de electrodos de gran área. En el campo de los cantos, donde se dan radios muy estrechos, se dan consecuentemente zonas que están en un ángulo muy agudo hasta un curso paralelo respecto a la dirección de movimiento de los electrodos adyacentes que procesan el lado superior o inferior. En especial en el campo de los cantos se producen las dificultades descritas anteriormente, en este, en el estado de la técnica se trabaja solo con un electrodo muy estrecho que procesa el campo de los cantos, que converge asimismo con el electrodo de lado superior o inferior adyacente inmediatamente al alcanzar la posición final.
- 40 Por lo tanto, la invención toma como base el problema de indicar un dispositivo mejorado en comparación para el procesamiento ECM de componentes metálicos, en especial de componentes de pala de una máquina de circulación.
- 45 Para la solución de este problema está previsto un dispositivo según la reivindicación 1.
- 50
- 55
- 60
- 65

La invención se distingue por que los electrodos adyacentes se tocan y se superponen, o bien se solapan, durante el movimiento de ajuste total, de modo que limitan el canal de fluido que circula alrededor de la pieza de trabajo, cerrado y de tipo ranura, con sus áreas cartográficas que se unen entre sí en solapamiento debido al contacto. Durante el movimiento de ajuste los electrodos cambian, ya que se ajustan respecto a la pieza de trabajo con diferentes direcciones de movimiento, precisamente en su posición relativa entre sí, pero quedan permanentemente en contacto, aumentando el solapamiento durante el movimiento de ajuste, ya que se aproximan aún más entre sí debido al mecanizado de material. Debido al contacto permanente, también el canal de fluido permanece limitado y cerrado permanentemente a través de las áreas cartográficas.

Esto conduce a que el campo total de la pieza de trabajo a procesar, que está superpuesto con las áreas cartográficas, esté permanentemente superpuesto, es decir, que cada punto de superficie del campo de la pieza de trabajo está superpuesto con el área cartográfica combinada de mayor tamaño, mientras que al procesamiento ECM total se contraponen un área cartográfica. Esto conduce a su vez a que el todo el campo de la pieza de trabajo superpuesto se pueda procesar de manera homogénea, por consiguiente no se forman campos de canto o marginales de un electrodo al otro, ya que debido a la superposición, o bien al solapamiento, tampoco se da una ranura de electrodo en este campo de transición. Por consiguiente, la pieza de trabajo procesada acabada muestra una imagen de procesamiento homogénea en el campo procesado a través de áreas cartográficas, de modo que la calidad de trabajo se mejora claramente frente a los modos de trabajo previos.

Para garantizar que, durante el movimiento de ajuste, por una parte los electrodos sean móviles relativamente entre sí a pesar del contacto y que, por otra parte, se de la hermetización del canal de fluido, un electrodo previsto entre dos electrodos presenta en el área cartográfica dos áreas de deslizamiento con las que este se desliza sobre respectivas áreas de deslizamiento exteriores de ambos electrodos adyacentes. Por lo tanto, los electrodos que interactúan entre sí presentan geometrías de deslizamiento correspondientes que posibilitan un contacto de superficie y un deslizamiento de superficie respectivo. En el caso de un componente de pala, a modo de ejemplo están previstos dos electrodos contrapuestos, de los cuales uno presenta un área cartográfica para la formación de la geometría del lado superior y el otro presenta un área cartográfica para la formación de la geometría del lado inferior. Un tercer electrodo dispuesto entre ambos, con su área cartográfica, sirve para formar el campo de los cantos del componente de pala. Este tercer electrodo medio presenta en su área cartográfica por una parte la sección cartográfica que define la geometría de canto de pala en la geometría final, pero por otra parte también dos áreas de deslizamiento dispuestas en posición adyacente, que conceden una geometría esencialmente en forma de V al área cartográfica completa. Ambas áreas de deslizamiento se deslizan en áreas de deslizamiento formadas sobre el lado exterior de electrodo de ambos electrodos adyacentes, casi complementarias. Por consiguiente, debido al soporte de electrodo de superficie, por una parte resulta un contacto permanente que permite una buena guía, pero por otra parte también resulta un contacto hermético, que hermetiza el canal de fluido en cualquier posición relativa de los electrodos entre sí. Los electrodos hechos casi siempre de latón permiten un deslizamiento sencillo, pobre en deslizamiento.

Si se forma un componente alargado en sección transversal, plano y que presenta cantos redondeados, como por ejemplo un componente de pala, por consiguiente están previstos dos electrodos contrapuestos entre sí, que presentan áreas cartográficas que reproducen el lado superior e inferior de la pieza de trabajo, mientras que el al menos un tercer electrodo dispuesto entre estos presenta un área cartográfica que reproduce preferentemente el campo de los cantos de la pieza de trabajo. No obstante, si la pieza de trabajo tiene otra geometría, las áreas cartográficas del electrodo superior e inferior, así como de al menos un electrodo lateral, están realizadas naturalmente de otro modo, según geometría final tridimensional a elaborar.

En el caso de un componente plano que presenta dos cantos laterales, como por ejemplo un componente de pala, además es conveniente que también el segundo canto se someta a un procesamiento selectivo, si este es necesario. En este caso es conveniente que esté previsto un cuarto electrodo contrapuesto al tercer electrodo, que presenta un área cartográfica que reproduce el campo de los cantos de la pieza de trabajo. En este caso, por lo tanto, se emplean cuatro electrodos que son móviles, a modo de ejemplo, ortogonalmente entre sí en el caso de un componente de pala. Ambos electrodos que forman los cantos, en el caso ejemplar el tercer y el cuarto electrodo, se superponen con sus correspondientes bordes, o bien sus áreas de deslizamiento, a ambos electrodos que forman el lado superior e inferior, es decir, el primer y el segundo electrodo, en sus áreas de deslizamiento exteriores presentes. No obstante, esta disposición de electrodos, o bien este tipo de superposición, también es conveniente si se debe producir un componente diferente a un componente de pala.

Por lo tanto, en principio, independientemente de la geometría de la pieza de trabajo a producir, pueden estar previstos tres o cuatro electrodos.

No obstante, si se produce como pieza de trabajo un componente de pala de una máquina de circulación con una sección de pala con una sección transversal plana, alargada, como se ha descrito, el primer y el segundo electrodo forman el lado superior e inferior plano con sus correspondientes áreas cartográficas, mientras que el tercer, y en caso dado el cuarto electrodo presentan áreas cartográficas que reproducen el campo de los cantos que presenta un radio reducido.

Si se emplean solo tres electrodos, lo que es suficiente, a modo de ejemplo, si se debe procesar una pieza de trabajo en solo tres lados, es conveniente que ambos electrodos exteriores se deslicen a lo largo de un componente de canal estacionario que delimita el canal de fluido. Este componente de canal, que actúa como elemento de sellado, sirve como área de sellado y deslizamiento en la que descansan y a lo largo de la cual se deslizan ambos electrodos exteriores. Incluso en el caso de un componente de pala en el que el canto de pala al que se une el componente de canal no se procesa o se procesa en un paso de procesamiento posterior, es conveniente tal configuración de tres electrodos, pudiéndose tocar también ambos electrodos exteriores, que se deslizan a lo largo de los componentes de canal, en la posición final, de modo que también en este campo de los cantos se da un mecanizado de material sin formar una geometría de cantos definida a través de un cuarto electrodo.

No obstante, si se emplean cuatro electrodos, dos electrodos contrapuestos entre sí se superponen a los otros dos electrodos. Tal geometría es especialmente ventajosa en la producción del componente de pala de una máquina de circulación si ambos campos de los cantos requieren un procesamiento y el componente de pala se debe configurar tridimensional en un único paso de trabajo.

Debido al solapamiento de los electrodos, también en el caso de geometría de pieza de trabajo compleja, como por ejemplo una pala de una máquina de circulación que presenta áreas curvadas y, en caso dado, torsionadas en dirección longitudinal, es posible disponer los ejes de movimiento de las unidades de accionamiento lineal de dos electrodos adyacentes bajo un ángulo de 90° entre sí, es decir, los ejes de movimiento de las unidades de accionamiento lineal discurren perpendicularmente entre sí en el caso de tres o cuatro electrodos. No obstante, esto no es obligatorio. Según geometría concreta de la pieza de trabajo a fabricar, también puede ser absolutamente conveniente disponer los ejes de movimiento de las unidades de accionamiento lineal de dos electrodos adyacentes bajo un ángulo menor o mayor que 90°.

En este contexto es especialmente conveniente que las unidades de accionamiento lineal para el ajuste del ángulo entre los ejes de movimiento de dos unidades de accionamiento lineal adyacentes sean móviles a lo largo de una trayectoria circular. Referido al propio dispositivo, esto ofrece la posibilidad de poder variar la disposición espacial de los ejes de movimiento de las unidades de accionamiento lineal y con esta su posición relativamente entre sí, de modo que se da una medida elevada de flexibilidad por parte del dispositivo. Ya que los electrodos son elementos liberables, que se pueden unir a la unidad de accionamiento lineal de manera intercambiable, se ofrece la posibilidad de poder reequipar el dispositivo para la producción de piezas de trabajo de otra forma. De este modo, es posible sin más intercambiar los electrodos y posicionar electrodos que presentan áreas cartográficas de otra forma, así como también ajustar correspondientemente los ejes de movimiento, por consiguiente modificar el ángulo entre dos ejes de movimiento adyacentes. Además, se da una medida elevada de flexibilidad respecto a las piezas de trabajo producibles con un dispositivo, o bien la respectiva cartografía de las correspondientes geometrías de superficie.

El ajuste de las unidades de accionamiento lineal se efectúa fácilmente siendo estas móviles a lo largo de una trayectoria circular. Para hacer que el posicionamiento sea lo más preciso posible, cada unidad de accionamiento lineal se mueve preferentemente a través de un actuador a lo largo de la trayectoria circular para posibilitar un posicionamiento altamente preciso y un enclavamiento en la respectiva posición final.

El movimiento de cada electrodo se efectúa a través de una unidad de accionamiento lineal separada como se ha descrito. Esta comprende preferentemente un husillo roscado estacionario accionable a través del motor de accionamiento y una rosca que corre sobre este, que está acoplada a un soporte de electrodo. Por lo tanto, se realiza un motor de husillo, que posibilita un posicionamiento altamente preciso del electrodo. Alternativamente, también puede estar previsto un husillo roscado móvil linealmente que porta el electrodo, que está acoplado al motor de accionamiento.

Como motor de accionamiento se emplea preferentemente un motor de torsión, con el que es posible asimismo un posicionamiento altamente preciso. Además, si el dispositivo trabaja en un funcionamiento pulsado, por consiguiente si la corriente y/o la tensión no se aplica permanentemente sino que se pulsa con una frecuencia de varios Hz, el motor de torsión ofrece también la posibilidad de extraer brevemente de la posición cartográfica los electrodos en frecuencia correspondiente para la apertura, o bien el aumento temporal del canal de fluido en el caso de corriente y tensión desconectada, y a continuación moverlos de nuevo a la posición cartográfica en el caso de corriente y tensión aplicada.

Convenientemente está prevista una instalación de control que controla el funcionamiento de todos los componentes relevantes del dispositivo. En este caso, el funcionamiento a través de esta instalación de control es controlable preferentemente siendo móviles los electrodos hacia la pieza de trabajo partiendo de la posición inicial en primer lugar en un primer modo de funcionamiento con corriente aplicada permanentemente y tensión aplicada permanentemente, y siendo móviles hasta la posición final después de alcanzar una posición intermedia definida en un segundo modo de funcionamiento, de manera intermitente en un funcionamiento pulsado alternadamente hacia y desde la pieza de trabajo con corriente aplicada de manera pulsada y tensión aplicada de manera pulsada. Por consiguiente, esta configuración de la invención especialmente conveniente prevé un dispositivo en el que, en un paso de trabajo, se pueda elaborar una misma pieza de trabajo en dos modos de funcionamiento diferentes, esto es, un primer modo de funcionamiento con corriente y tensión aplicada permanentemente, el denominado "modo de generador", así como un segundo modo de funcionamiento con corriente y tensión aplicada de manera pulsada, el denominado "modo pulsado"

o "modo PECM". En el primer modo de funcionamiento se presenta permanentemente tensión y corriente a través de los cátodos, es decir, los electrodos, y la pieza de trabajo como ánodo, con avance de los electrodos preferentemente constante, permanente, de modo simultáneo. Este primer modo de funcionamiento se realiza hasta que se ha alcanzado una posición intermedia definida previamente, que se registra a través de una técnica de medición apropiada. Al alcanzar la posición intermedia se ha efectuado ya un mecanizado de material suficiente en el primer modo de funcionamiento. A continuación, por parte de la instalación de control se conmuta automáticamente a un segundo modo de funcionamiento, que sirve para el procesamiento fino, o bien el procesamiento final de la superficie. En este modo pulsado, la corriente y la tensión se aplican solo de manera pulsada, a modo de ejemplo con una frecuencia 5 - 15 Hz. Es decir, esta se conecta y se desconecta con esta frecuencia. En este funcionamiento pulsado, si se aplica la corriente y la tensión, el respectivo electrodo se acerca aún más a la pieza de trabajo, es decir, la ranura se reduce en comparación con la anchura de ranura en el primer modo de funcionamiento. Debido a la ranura muy estrecha, el flujo electrolítico a través de la ranura se reduce hasta limitarse casi completamente. No obstante, para poder descargar los productos mecanizados cuando el pulso de corriente y tensión ha concluido y consecuentemente se ha desconectado la corriente y la tensión, simultáneamente a la desconexión se aproximan los electrodos ligeramente, de modo que se aumenta la ranura de manera temporal y el electrolito sometido a presión puede circular a través de la ranura, enjuagando los productos mecanizados en este caso. Después se conduce de nuevo el electrodo a la posición de mecanizado con correspondiente frecuencia y se aplica la corriente y la tensión, etc. Este segundo modo de funcionamiento se mantiene hasta que se ha reproducido la geometría final.

Por lo tanto, durante un único proceso de procesamiento, o bien un único ciclo de movimiento, según la invención es posible procesar dos modos de funcionamiento diferente de la posición inicial a la posición final mediante correspondiente activación de los componentes en cuestión por medio de la instalación de control. Es decir, el dispositivo se puede accionar tanto en el funcionamiento de generador como también en el funcionamiento pulsado. En este caso, de modo especialmente ventajoso no es necesario un reposicionamiento de la pieza de trabajo, es decir, un cambio de dispositivo. Es decir, la pieza de trabajo siempre permanece en una única posición de alojamiento, de modo especialmente ventajoso no se da ningún tipo de tolerancias de posicionamiento, que son inevitables en último término con un cambio de dispositivo. Ya que en ambos modos de funcionamiento se emplean también los mismos electrodos, es decir, tampoco se cambian estos, tampoco por esta parte se produce una tolerancia o defectos cartográficos. El dispositivo según la invención posibilita la utilización de las ventajas de ambos modos de funcionamiento diferentes dentro de un único proceso de procesamiento, junto con un procesamiento extraordinario, por homogéneo, de la superficie de la pieza de trabajo.

En este caso, a cada electrodo se asigna convenientemente una instalación de sensores que se comunica con la instalación de control, a través de la cual se puede registrar directa o indirectamente la posición de cada electrodo, controlando la instalación de control el funcionamiento en función del registro de sensores. La respectiva instalación de sensores permite un registro de posición altamente preciso, de modo que siempre es conocida la posición exacta del respectivo electrodo. En función de la posición del electrodo, según modo de funcionamiento, la instalación de control controla los correspondientes componentes, es decir, en cualquier caso los motores de torsión que son responsables del avance, así como el generador, cuando este se tiene que variar en su rendimiento. En el modo pulsado se controla forzosamente tanto el generador como también cada motor de torsión, registrándose la consecución de la posición final por elevación a través de la respectiva instalación de sensores y controlándose correspondientemente el generador, que se conecta cuando se ha alcanzado la posición final y se desconecta de nuevo correspondientemente a la frecuencia por pulsos controlada, tras lo cual el motor de torsión hace retroceder de nuevo el electrodo para la apertura del canal de fluido, etc. En caso dado, la instalación de control también controla una bomba, a través de la cual se transporta el electrolito, y que está activa permanentemente, a modo de ejemplo en el modo de generador, mientras que se acciona asimismo de manera pulsada en el modo pulsado.

En un perfeccionamiento de la invención, para el posicionamiento automático de la pieza de trabajo en la posición de trabajo en una cámara de trabajo puede estar prevista una instalación de posicionamiento. Esta instalación de posicionamiento posibilita posicionar una pieza de trabajo a procesar dispuesta en esta, ya que se registra, en caso dado, a través de una correspondiente tecnología de sensores o técnica de medición, en la cámara de trabajo en la que se efectúa el mecanizado. Durante el procesamiento, la pieza de trabajo permanece en la instalación de posicionamiento, de modo que también por esta parte se sujeta, o bien se posiciona una sola vez.

La instalación de posicionamiento comprende preferentemente un husillo móvil linealmente, en el que está prevista una instalación de alojamiento para el mantenimiento de la pieza de trabajo. Este husillo, que está posicionado, a modo de ejemplo, verticalmente, posibilita una introducción de la pieza de trabajo desde arriba en la cámara de trabajo y una correspondiente extracción una vez concluido el procesamiento. A este también se asigna naturalmente un correspondiente motor de accionamiento, a modo de ejemplo a su vez un motor de torsión, que posibilita una precisión de exactitud elevada.

En este caso es concebible que el husillo y, de este modo, la pieza de trabajo efectúen un movimiento puramente lineal durante el movimiento de la pieza de trabajo a la posición de trabajo, o bien mientras que la pieza de trabajo está en reposo en la posición de trabajo. Alternativamente, es concebible que el husillo sea giratorio alrededor de su eje longitudinal durante el traslado de la pieza de trabajo a la posición de trabajo y/o mientras que la pieza de trabajo se encuentra en la posición de trabajo. En el caso de una pieza de trabajo que presenta ya intrínsecamente una

geometría ligeramente torsionada alrededor del eje longitudinal, esto posibilita enhebrar la pieza de trabajo, en este caso, a modo de ejemplo, un componente de pala, entre los electrodos con un ligero movimiento de giro, es decir, compensar la torsión dada por parte de la pieza de trabajo mediante el ligero movimiento de giro durante el movimiento de entrada. También durante el trabajo es a veces necesario, según geometría a reproducir, girar mínimamente la pieza de trabajo, a modo de ejemplo en un ángulo como máximo hasta 1º.

En un perfeccionamiento de la invención puede estar previsto un depósito asignado a la instalación de posicionamiento, en el que se pueden introducir varias piezas de trabajo a mecanizar, que son extraíbles automáticamente a través de la instalación de posicionamiento o una instalación de cambio asignada y, en caso dado, también se pueden introducir de nuevo en este tras el procesamiento. Por lo tanto, es posible equipar el depósito con el número deseado de piezas de trabajo o el número máximo extraíble de piezas de trabajo e impulsar a continuación un funcionamiento automático, dándose un funcionamiento completamente automático desde la extracción de las piezas de trabajo a procesar hasta el depósito de las piezas de trabajo procesadas. El dispositivo de posicionamiento con su instalación de alojamiento puede sujetar, posicionar y trasladar de nuevo al depósito automáticamente la respectiva pieza de trabajo a procesar. Si entre el depósito y la instalación de posicionamiento está conectada una instalación de cambio, esta aloja la pieza de trabajo y la transfiere correspondientemente. También este funcionamiento se controla preferentemente a través de la instalación de control central.

Para posibilitar un alojamiento siempre igual de las piezas de trabajo, cada pieza de trabajo se aloja convenientemente en un soporte de pieza de trabajo separado, que se puede sujetar a través de la instalación de posicionamiento, o bien su instalación de alojamiento. De este modo, también por su parte se puede dar una misma intersección definida de pieza de trabajo a pieza de trabajo.

Además del propio dispositivo, la invención se refiere además a un procedimiento para el procesamiento electroquímico de una pieza de trabajo bajo empleo de un dispositivo del tipo descrito anteriormente. Según la invención, el procedimiento se distingue por que los electrodos se mueven durante el procesamiento de la posición inicial hacia la pieza de trabajo a la posición final, y simultáneamente se bombea un fluido entre la pieza de trabajo y los electrodos a través del canal de fluido delimitado radialmente a través de las áreas cartográficas.

En este caso, la instalación de control se puede controlar preferentemente siendo móviles los electrodos hacia la pieza de trabajo partiendo de la posición inicial en primer lugar en un primer modo de funcionamiento con corriente y tensión aplicada permanentemente, y siendo móviles hasta la posición final después de alcanzar una posición intermedia definida en un segundo modo de funcionamiento, de manera intermitente en un funcionamiento pulsado alternadamente hacia y desde la pieza de trabajo con corriente y tensión aplicada de manera pulsada.

Otras ventajas y particularidades de la presente invención resultan de los ejemplos de realización descritos a continuación. En este caso muestran:

la Fig. 1

una primera disposición de electrodos de un dispositivo ECM con tres electrodos en la posición inicial,

la Fig. 2

la disposición de electrodos de la Fig. 1 en la posición final,

la Fig. 3

una segunda disposición de electrodos de un dispositivo ECM con cuatro electrodos en la posición inicial,

la Fig. 4

la disposición de electrodos de la Fig. 3 en la posición final,

la Fig. 5

una vista parcial en sección de un dispositivo ECM con representación de los electrodos y sus unidades de accionamiento lineal,

la Fig. 6

una representación del principio de un dispositivo ECM con unidades de accionamiento lineal orientables, y

la Fig. 7

una representación del principio de un dispositivo ECM con todos los componentes.

La Fig. 1 muestra como parte de un dispositivo 1 según la invención para el procesamiento electroquímico de una pieza de trabajo metálica 2 una disposición de electrodos 3 que comprende en el ejemplo mostrado cuatro electrodos separados 4, 5, 6, 7 que son móviles en su totalidad respecto a la pieza de trabajo 2 a través de unidades de accionamiento lineal separadas, no mostradas más detalladamente. Los electrodos 4 - 7 forman cátodos, mientras que la pieza de trabajo 2 forma el ánodo. Los electrodos 4 - 7 son móviles linealmente a través de las unidades de accionamiento lineal a lo largo de los ejes de movimiento 8, 9, 10, 11, siendo los ejes de movimiento 8 - 11 perpendiculares entre sí en el ejemplo de realización mostrado.

En el funcionamiento está previsto un canal de fluido 12 permanente, que circula alrededor de la pieza de trabajo 2 mostrada aquí en sección transversal, cerrado de tipo ranura, que está delimitado y hermetizado radialmente hacia fuera, de manera exclusiva a través de las áreas cartográficas 13, 14, 15, 16 de los electrodos 4 - 7 en el ejemplo de realización mostrado. A través del canal de fluido 12 circula un electrolito con suficiente presión perpendicularmente al plano de representación, que sirve para el procesamiento electroquímico de la pieza de trabajo 2 y a través del cual se transportan desde la ranura de fluido 12 los productos descargados simultáneamente.

La Fig. 1 muestra la posición inicial con pieza de trabajo 2 aún no procesada. Evidentemente, los electrodos 4 - 7 engranan entre sí, o bien se solapan marginalmente. A tal efecto, los electrodos 5 y 7 contrapuestos entre sí presentan áreas de deslizamiento planas 17, o bien 18, que tocan y se apoyan herméticamente desde el lado exterior en las correspondientes áreas de deslizamiento 19, 20 de los electrodos 4 y 6, asimismo contrapuestos entre sí. Por lo tanto, se dan áreas de deslizamiento que interaccionan entre sí en electrodos adyacentes. Después de superponerse respectivamente a dos electrodos 4 y 6 adyacentes, los electrodos 5 y 7 presentan una geometría casi en forma de V en el campo del área cartográfica, formándose entre las áreas de deslizamiento 17, o bien 18, la verdadera geometría cartográfica, que debe reproducir los cantos redondeados de la pieza de trabajo 2.

Cada geometría cartográfica 13 - 16 se realiza por secciones de modo que, en la posición final, muestra el negativo de la sección del área de la pieza de trabajo 2 procesada acabada, que se debe procesar con el respectivo electrodo 4 - 7. En el caso de los electrodos 4 y 6, estos son el lado superior e inferior de la pieza de trabajo 2, que es un componente de pala para una máquina de circulación. En el caso de los electrodos 5 y 7, estos son ambos cantos correspondientes de la pieza de trabajo 2, que presentan un radio reducido.

Como se ha descrito, la Fig. 1 muestra la disposición de electrodos 3 al comienzo del verdadero funcionamiento ECM. Los electrodos 4 - 7 están muy alejados relativamente, el grado de solapamiento aún no es demasiado grande. A continuación, tras conexión del transporte de electrolito y aplicación de corriente en un primer modo de funcionamiento, el denominado "descenso de generador" con corriente y tensión aplicada de manera constante y vía de ajuste lineal, los electrodos 4 - 7 se mueven linealmente hacia los ejes de movimiento 8 - 11, es decir, hacia la flecha, y consecuentemente se empujan entre sí. Debido a la tensión aplicada, que puede ascender a más de 1000 amperios, y a la tensión de 6 - 200 V, correspondientemente al procedimiento ECM se produce un mecanizado del material de la pieza de trabajo en su superficie, es decir, se reduce el volumen de la pieza de trabajo. Las respectivas superficies se forman mediante las respectivas secciones contrapuestas a estas de las áreas cartográficas 13 - 17 de los respectivos electrodos 4 - 7.

El movimiento de ajuste lineal con presión constante y tensión constante en el primer modo de funcionamiento (descenso de generador) se mantiene hasta que se ha alcanzado una profundidad de descenso, es decir, una posición intermedia definida. Esto se registra a través de una técnica de medición o tecnología de sensores apropiada. A continuación, por parte de la instalación de control central se conmuta automáticamente a un segundo modo de funcionamiento, el denominado modo PECM. En este, la corriente y la tensión se aplican solo de manera pulsada, a modo de ejemplo con una frecuencia 5 - 15 Hz.

Se aplica un pulso de corriente y tensión cuando el respectivo electrodo se encuentra en la posición de trabajo. Si se desconecta la corriente, el electrodo se retira ligeramente de la pieza de trabajo 2, de modo que el canal de fluido 12 se abre adicionalmente, es decir, la anchura de ranura aumenta en cierta medida y el electrolito puede circular mejor a través. A continuación se coloca de nuevo el respectivo electrodo y se lleva a la posición de trabajo, tras lo cual se aplica de nuevo corriente y tensión, etc. Por consiguiente, tanto respecto a la tensión y la corriente como también respecto al posicionamiento del electrodo se da un funcionamiento intermitente. A este respecto se debe sostener que la anchura de ranura en el primer modo de funcionamiento, es decir, en el descenso del generador, es ligeramente mayor que en el segundo modo de funcionamiento, es decir, en el funcionamiento PECM. Mientras que en el primer modo de funcionamiento la anchura de ranura asciende aproximadamente a 0,2 - 0,3 mm, en el segundo modo de funcionamiento esta asciende, a modo de ejemplo, a 0,05 - 0,1 mm, cuando se aplica corriente y tensión, por consiguiente cuando se mecaniza. En el segundo modo de funcionamiento, la anchura de ranura aumenta, a modo de ejemplo a 0,2 - 0,3 mm, mediante el desplazamiento de los electrodos.

Por lo tanto, se efectúan dos modos de funcionamiento diferentes dentro de un único proceso de procesamiento, es decir, un proceso de ajuste de una posición inicial mostrada en la Fig. 1 a la posición final mostrada en la Fig. 2, en la que, véase la Fig. 2, los electrodos 4 - 7 están muy alejados. Por consiguiente, los campos de solapamiento de las áreas de deslizamiento 17, 18 y 19, 20 han aumentado claramente en comparación con la posición inicial.

Evidentemente, las áreas cartográficas 13 - 16 se complementan con sus secciones de área que definen el contorno final de la pieza de trabajo 2 tras el procesamiento ECM, es decir, las secciones en el campo del lado superior e inferior, así como en el campo de ambos cantos, y definen la clara geometría tridimensional reproducida en la pieza de trabajo 2. Después de que los electrodos 4 - 7 se tocan entre sí y hermetizan la ranura de fluido 12 durante el proceso de ajuste total de la posición inicial según la Fig. 1 a la posición final según la Fig. 2, esta geometría final se hace extremadamente homogénea a través de la circunferencia total de la pieza de trabajo, ya que en cualquier punto alrededor de la circunferencia de la pieza de trabajo 2 un área cartográfica se contrapone al respectivo electrodo adyacente y se efectúa, por consiguiente, un mecanizado de material en cualquier posición. Este mecanizado de material que se efectúa en cualquier posición se asegura durante el movimiento de ajuste total, independientemente del modo de funcionamiento, de manera que se puede conseguir un mecanizado extremadamente homogéneo y, de este modo también una imagen de superficie extremadamente homogénea.

Los respectivos electrodos 4 - 7 se extienden a través de la longitud total de la pieza de trabajo a procesar, en el ejemplo mostrado una parte de pala de una máquina de circulación. Esta está delimitada en el extremo delantero y trasero, a modo de ejemplo, a través de un pie de pala, así como una banda de cubierta, entre la que se sumergen los electrodos 4 - 7.

Las Figuras 3 y 4 muestran otra vista parcial de un dispositivo ECM 1 según la invención, empleándose los mismos signos de referencia para componentes iguales. Aquí están previstos solo tres electrodos 4, 5, 6 con sus respectivas áreas cartográficas 13, 14, 15. Como en la configuración según las Figuras 1 y 2, el electrodo 5 con sus áreas de deslizamiento 17 se superpone a las correspondientes áreas de deslizamiento adyacentes 19 y 20 de los electrodos 4 y 6.

En esta configuración solo está previsto un electrodo 5 que reproduce solo del lado de los cantos. En el lado contrapuesto está previsto un componente de canal 21, en el que ambos electrodos 4 y 6 se deslizan y descansan herméticamente con correspondientes secciones de canto 22, 23 de forma algo diferente.

También aquí, los electrodos 4 - 6 se pueden aproximar linealmente a lo largo de los ejes de movimiento 8, 9, 10 a través de correspondientes unidades de accionamiento lineal, se deslizan uno respecto al otro con sus áreas de deslizamiento 17, 19 y 20, mientras que los electrodos 4, 6 se deslizan en el componente de canal 21 con sus campos de canto 22, 23. En la posición final mostrada en la Fig. 4, el grado de solapamiento de los electrodos 5 con los electrodos 4 y 6 aumenta claramente de nuevo, de manera similar al ejemplo de realización según las Figuras 1 y 2. En el lado de los cantos contrapuesto de la pieza de trabajo 2, las secciones de canto 22, 23 de los electrodos 4, 6 están en contacto. Debido a la geometría de las respectivas áreas cartográficas 13, 15 de ambos electrodos 4, 6 en la transición a las secciones de canto 22, 23, también en esta configuración que presenta solo tres electrodos es posible dar forma redondeada a los cantos de la pieza de trabajo 2 en este campo, asimismo correspondientemente a una geometría predeterminada.

La Fig. 5 muestra a su vez en una vista en detalle ampliada un corte de un dispositivo ECM 1 según la invención con un armazón de máquina 24 en el que está prevista una cámara de trabajo 25, en la que tiene lugar el verdadero procesamiento ECM. A modo de ejemplo se muestran los cuatro electrodos 4, 5, 6, 7, así como las correspondientes unidades de accionamiento lineal 26, 27, 28, 29.

Cada unidad de accionamiento lineal 26 - 29, de las que solo se describe una a continuación, según la cual las unidades de accionamiento presentan idéntica estructura en principio, presenta un motor de accionamiento 30 en forma de un motor de torsión 31, que comprende un husillo de accionamiento 32 al que se une un soporte de electrodo 33 desplazable linealmente. El husillo de accionamiento que presenta la rosca exterior se gira a través de un motor de torsión 31. Esta se guía a una rosca 34 estacionaria y se acopla con el soporte de electrodo 33. El soporte de electrodo 33 se mueve linealmente en una rotación de husillo con el husillo 32 según dirección de giro del husillo. De este modo se efectúa la respectiva colocación de los electrodos 4 - 7 individuales. La estructura, o bien la configuración de las unidades de accionamiento lineal 26 - 29 mostradas es únicamente de naturaleza ejemplar. También son concebibles otros conceptos de movimiento lineal, aunque estos deben tener en común un motor de torsión 31, que posibilita un funcionamiento de ajuste intermitente muy rápido, al ser de frecuencia muy elevada, necesario para el funcionamiento PECM, y que también permite por otra parte un posicionamiento altamente preciso.

Todas las unidades de accionamiento lineal 26 - 29 son activables por separado, es decir, la instalación de control de orden superior activa por separado cada motor de torsión 31, de modo que se puede efectuar el movimiento del electrodo de manera óptima.

En la configuración según la Fig. 5, las unidades de accionamiento lineal 26 - 29 son estacionarias. Por lo tanto, los motores de torsión 31 son inmóviles, únicamente los husillos 32 y los soportes de electrodo 33 se guían de manera móvil linealmente. Es decir, el ángulo entre los ejes de movimiento de las unidades de accionamiento lineal 26 - 29 es estacionario, asciende a 90° como se muestra en la Fig. 1 de manera ejemplar.

Para dar una posibilidad de variación respecto al ángulo del eje, en la Fig. 6 se muestra una vista parcial de un dispositivo 1, en el que las unidades de accionamiento lineal 26 - 29 son móviles a lo largo de una trayectoria circular,

como se representa a través de la flecha P1. A tal efecto, a modo de ejemplo está prevista una trayectoria guía 35 circular, en la que están alojadas las unidades de accionamiento lineal 26 - 29 a través de componentes de carro separados o similares, que no se muestran más detalladamente. Estos son giratorios alrededor del centro Z, que se sitúa en el centro de la cámara de trabajo 25. Esto se efectúa de manera ejemplar a través de un respectivo actuador o motor de accionamiento 36, preferentemente en forma de un motor de torsión o un servomotor, que presenta en cada caso las unidades de accionamiento lineal 26 - 29 allí mostradas.

De este modo es posible ajustar el ángulo de las unidades de accionamiento lineal 26 - 29 relativamente entre sí, cuando esto es necesario por motivos de geometría de la pieza de trabajo, o bien de geometría de electrodo de los electrodos intercambiables.

La Fig. 7 muestra finalmente una representación del principio de un dispositivo 1 según la invención para la realización del procedimiento ECM. Aquí se muestran únicamente de manera ejemplar ambas unidades de accionamiento lineal 26, 28, ambas en posición ortogonal entre sí. También se representan ambos electrodos 4, 6 asignados, así como la pieza de trabajo 2 que se encuentra entre ellos.

La pieza de trabajo 2 está alojada, o bien fijada en un soporte de pieza de trabajo 37, que está sujeto por una instalación de alojamiento 38 de una instalación de posicionamiento 39, o bien está fijado en esta. La instalación de posicionamiento 39 presenta un correspondiente husillo no mostrado, en el que está dispuesta una instalación de alojamiento 38. Como se representa mediante la flecha doble P2, con esta es posible mover la pieza de trabajo 2 hacia y fuera de la cámara de trabajo 25.

En este caso es concebible que el husillo, o bien la instalación de alojamiento 38, durante el movimiento de la pieza de trabajo 2 a la posición de trabajo y/o mientras que la pieza de trabajo se encuentra en la posición de trabajo, gire alrededor de su eje longitudinal, de modo que la pieza de trabajo 2 se pueda enhebrar entre los electrodos 4 - 7 en el caso de una correspondiente torsión de esta.

A la instalación de posicionamiento 39 se asigna además un depósito 40, así como una instalación de cambio 41 óptima, aquí representada a trazos. En el depósito 40 están alojados un gran número de piezas de trabajo 2 a procesar, que están dispuestas ya de manera fija en correspondientes soportes de pieza de trabajo 37. Este depósito 40 se puede equipar previamente por la persona que atiende el dispositivo 1. En el funcionamiento, por ejemplo la instalación de cambio 41 sujeta el correspondiente soporte de pieza de trabajo 37 de la siguiente pieza de trabajo a procesar y traslada esta a la instalación de posicionamiento 39, que sujeta esta con la instalación de alojamiento 38, que está acoplada al husillo no mostrado más detalladamente. A la inversa, el funcionamiento alterno de una pieza de trabajo 2 procesada se efectúa tras el procesamiento, esta se extrae de nuevo de la instalación de posicionamiento 39 a través de la instalación de cambio 41 y se traslada al depósito 40.

Por lo demás, se muestra una instalación de transporte y abastecimiento 42, a través de la cual el electrolito necesario para el funcionamiento ECM se alimenta a un circuito cerrado de la cámara de trabajo 25 y se evacua de este. La instalación 42 comprende una bomba apropiada, que proporciona la presión de trabajo necesaria.

Por lo demás, se representa el abastecimiento de energía 43, que comprende un generador, a través del cual los electrodos 4 - 7, que forman el cátodo, así como la pieza de trabajo 2, que forma el ánodo, se abastecen con la corriente de trabajo necesaria en una cuantía de varios 100 a varios 1000 amperios.

Por lo demás, se muestra una instalación de control central 44, que controla el funcionamiento de todos los componentes de trabajo del dispositivo 1 según la invención, es decir, la instalación de abastecimiento de corriente 43, o bien el generador, la instalación 42 para el abastecimiento de electrolito, la instalación de posicionamiento 39, así como la instalación de cambio 41. A esta se asignan correspondientes instalaciones de sensor que calculan los correspondientes parámetros de funcionamiento o posición, etc., y sobre cuya base se controla la instalación de control 44 en el funcionamiento. Las instalaciones de medición o sensor comprenden correspondientes sensores para el registro altamente preciso de la respectiva posición del electrodo, lo que es necesario para el funcionamiento de activación de los motores de torsión 31 en ambos modos de funcionamiento. Además, de este modo también se controla el correspondiente posicionamiento de los electrodos en la posición de trabajo o extraída en el funcionamiento PECM, etc. Lo mismo se considera naturalmente en relación con la instalación de posicionamiento 39, aquí se registra la correspondiente administración a la posición final de la pieza de trabajo 2, es decir, la posición de trabajo, como también naturalmente posicionamientos o cierres de proceso en el ámbito de un cambio de piezas, etc.

Por lo demás, en el funcionamiento PECM es necesaria una activación altamente precisa del abastecimiento de corriente 43, es decir, del generador, ya que este solo se pulsa. La frecuencia de pulso del generador 43, pero con ella también la frecuencia con la que los motores de torsión 31 introducen y extraen los electrodos, se sitúa habitualmente en el intervalo de 5 - 10 Hz, pero también puede ser más elevada, a modo de ejemplo hasta 15 Hz.

En especial, la instalación de control 44 es responsable de conmutar preferentemente de manera constante el modo de funcionamiento del dispositivo 1 según la invención del primer modo de funcionamiento, en el que los electrodos 4 - 7 se proporcionan preferentemente de manera constante con corriente aplicada de manera permanente y

habitualmente constante, al segundo modo de funcionamiento, el funcionamiento PECM, en el que se efectúa un mecanizado de material pulsado. El disparador, que sirve para la conmutación del primer al segundo modo de funcionamiento, es el registro de una correspondiente posición o posición intermedia que adoptan los electrodos 4 - 7 y que indica que se mecanizó suficiente material a través del respectivo electrodo. Por consiguiente, en el primer modo de funcionamiento se efectúa casi un procesamiento grueso con mecanizado de material relativamente elevado, mientras que en el segundo modo PECM pulsado se efectúa el procesamiento fino hasta el contorno final. Todo esto dentro de un único dispositivo a través de la conmutación de modo de funcionamiento, así como en un único ciclo de movimiento y en un único montaje, es decir, a pesar de la realización de dos modos de procesamiento diferentes, la pieza de trabajo 2 siempre permanece en una misma posición, por consiguiente no se tiene que reposicionar. Esto también se considera naturalmente para los electrodos 4 - 7, que se emplean igualmente durante ambos modos de funcionamiento en la misma posición sin proceso de cambio.

REIVINDICACIONES

- 5 1.Dispositivo para el procesamiento electroquímico de una pieza de trabajo metálica, que comprende varios electrodos móviles linealmente relativamente a la pieza de trabajo de una posición inicial a una posición final a través de unidades de accionamiento lineal, con un área cartográfica dirigida a la pieza de trabajo, estando previstos al menos tres electrodos (4, 5, 6, 7), que están dispuestos en posición desplazada alrededor de la circunferencia de la pieza de trabajo (2) y los electrodos (4, 5, 6, 7) delimitan con sus áreas cartográficas (13, 14, 15, 16) un canal de fluido (12) en circuito cerrado alrededor de la circunferencia de la pieza de trabajo (2), **caracterizado por que** los electrodos adyacentes (4, 5, 6, 7) durante el movimiento de ajuste total de la posición inicial a la final se tocan y se superponen por secciones, presentando un electrodo (5, 7) previsto entre dos electrodos (4, 6) en el área cartográfica (14, 16) dos áreas de deslizamiento (17, 18) con las que se desliza sobre respectivas áreas de deslizamiento (19, 20) exteriores de ambos electrodos adyacentes (4, 6).
- 15 2.Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** dos electrodos contrapuestos (4, 6) presentan áreas cartográficas (13, 15) que reproducen el lado superior e inferior de la pieza de trabajo (2), mientras que el al menos un electrodo (5) dispuesto entre estos presenta un área cartográfica (14) que reproduce preferentemente el campo de los cantos de la pieza de trabajo (2).
- 20 3.Dispositivo según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** está previsto un cuarto electrodo (7) dispuesto en contraposición al tercer electrodo (5), que asimismo presenta preferentemente un área cartográfica (16) que reproduce el campo de los cantos de la pieza de trabajo (2).
- 25 4.Dispositivo según la reivindicación 2 o 3, **caracterizado por que** la pieza de trabajo (2) es un componente de pala de una máquina de circulación con una sección de pala con una sección transversal plana, alargada, presentando el primer y el segundo electrodo (4, 6) áreas cartográficas (13, 15) que reproducen el lado superior e inferior y presentando el tercero y en caso dado el cuarto electrodo (5, 7) áreas cartográficas (14, 16) que reproducen un campo de cantos que presenta un radio reducido.
- 30 5.Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**, en el caso de tres electrodos (4, 5, 6), ambos electrodos exteriores (4, 6) se deslizan a lo largo de un componente de canal (21) estacionario que delimita el canal de fluido (12).
- 35 6.Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que**, en el caso de cuatro electrodos (4, 5, 6, 7), dos electrodos (5, 7) contrapuestos se superponen a los otros dos electrodos (4, 6).
- 40 7.Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los ejes de movimiento (8, 9, 10, 11) de las unidades de accionamiento lineal (26, 27, 28, 29) de dos electrodos adyacentes (4, 5, 6, 7) se disponen bajo un ángulo de 90°.
- 45 8.Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** los ejes de movimiento (8, 9, 10, 11) de las unidades de accionamiento lineal (26, 27, 28, 29) de dos electrodos adyacentes (4, 5, 6, 7) se disponen bajo un ángulo menor o mayor que 90°.
- 50 9.Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las unidades de accionamiento lineal (26, 27, 28, 29) para el ajuste del ángulo entre los ejes de movimiento (8, 9, 10, 11) de dos unidades de accionamiento lineal (26, 27, 28, 29) adyacentes son móviles a lo largo de una trayectoria circular (35).
- 55 10.Dispositivo según la reivindicación 9, **caracterizado por que** cada unidad de accionamiento lineal (26, 27, 28, 29) es móvil a través de un actuador (31) a lo largo de la trayectoria circular.
- 60 11.Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** cada unidad de accionamiento lineal (26, 27, 28, 29) presenta un husillo roscado (32) estacionario accionable a través del motor de accionamiento (31) y una tuerca (34) que corre sobre este, que está acoplada a un soporte de electrodo (33), o por que está previsto un husillo roscado (32) móvil axialmente con soporte de electrodo (33) acoplado a este.
- 65 12.Dispositivo según la reivindicación 11, **caracterizado por que** cada motor de accionamiento es un moto de torsión (31).
- 13.Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** está prevista una instalación de control (44), a través de la cual es controlable el funcionamiento del dispositivo (1) de tal manera que los electrodos (4, 5, 6, 7) son móviles hacia la pieza de trabajo (2) partiendo de la posición inicial en primer lugar en un primer modo de funcionamiento con corriente aplicada permanentemente y tensión aplicada permanentemente, y son móviles hasta la posición final después de alcanzar una posición intermedia definida en un segundo modo de funcionamiento, de manera intermitente en un funcionamiento pulsado alternadamente hacia y desde la pieza de trabajo (2) con tensión pulsada y corriente aplicada de manera pulsada.

- 5 14. Dispositivo según la reivindicación 13, **caracterizado por que** a cada electrodo (4, 5, 6, 7) se asigna convenientemente una instalación de sensores que se comunica con la instalación de control (44), a través de la cual se puede registrar la posición de los electrodos (4, 5, 6, 7), controlando la instalación de control (44) el funcionamiento en función del registro de sensores.
- 10 15. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** está prevista una instalación de posicionamiento (39) para el posicionamiento automático de la pieza de trabajo (2) en la posición de trabajo en una cámara de trabajo (25).
- 15 16. Dispositivo según la reivindicación 15, **caracterizado por que** la instalación de posicionamiento (39) presenta un husillo móvil linealmente con una instalación de alojamiento para el mantenimiento de la pieza de trabajo (2).
17. Dispositivo según la reivindicación 16, **caracterizado por que** el husillo es giratorio alrededor de su eje longitudinal durante el traslado de la pieza de trabajo (2) a la posición de trabajo y/o mientras que la pieza de trabajo (2) se encuentra en la posición de trabajo.
- 20 18. Dispositivo según una de las reivindicaciones 15 a 17, **caracterizado por que** está previsto un depósito (40) asignado a la instalación de posicionamiento (39), en el que se pueden introducir varias piezas de trabajo (2) a procesar, que se pueden extraer automáticamente a través de la instalación de posicionamiento (39) o una instalación de cambio (41).
- 25 19. Dispositivo según la reivindicación 18, **caracterizado por que** cada pieza de trabajo (2) se aloja en un soporte de pieza de trabajo (37), que se puede sujetar a través de la instalación de posicionamiento (39) o la instalación de cambio (41).
- 30 20. Procedimiento para el procesamiento electroquímico de una pieza de trabajo bajo empleo de un dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los electrodos se mueven durante el procesamiento de la posición inicial hacia la pieza de trabajo a la posición final, y simultáneamente se bombea un fluido entre la pieza de trabajo y los electrodos a través del canal de fluido delimitado radialmente a través de las áreas cartográficas.
- 35 21. Procedimiento según la reivindicación 20, **caracterizado por que** la instalación de control controla el funcionamiento del dispositivo de tal manera que los electrodos se mueven hacia la pieza de trabajo partiendo de la posición inicial en primer lugar en un primer modo de funcionamiento con corriente aplicada permanentemente y tensión aplicada permanentemente, y se mueven hasta la posición final después de alcanzar una posición intermedia definida en un segundo modo de funcionamiento, de manera intermitente en un funcionamiento pulsado alternadamente hacia y desde la pieza de trabajo con corriente aplicada de manera pulsada y tensión aplicada de manera pulsada.

FIG. 1

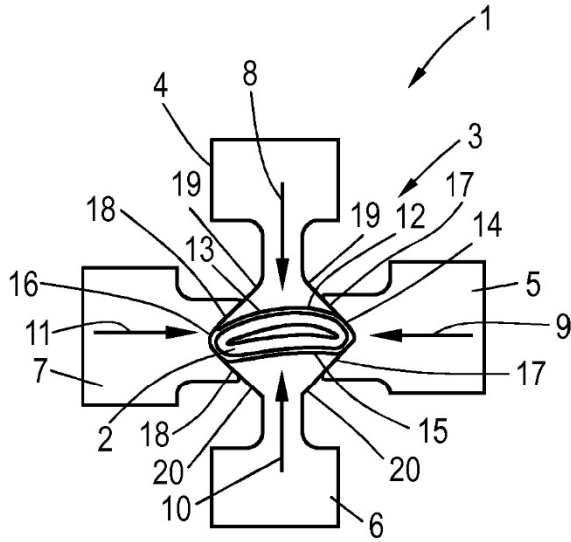


FIG. 2

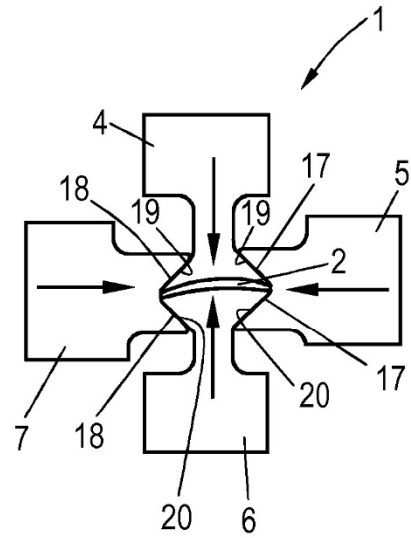


FIG. 3

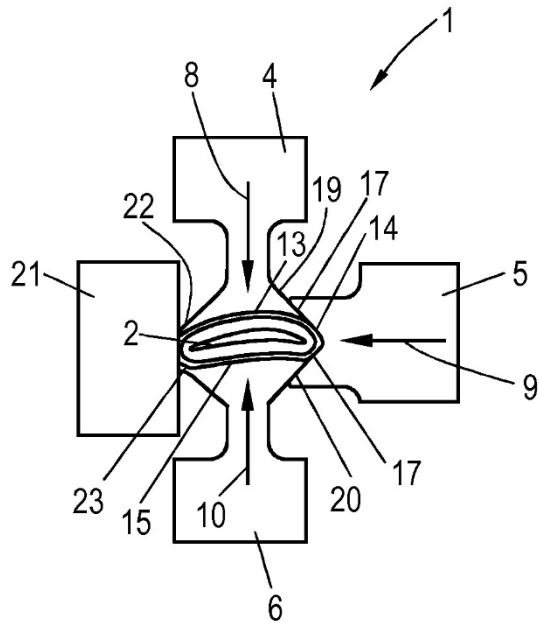


FIG. 4

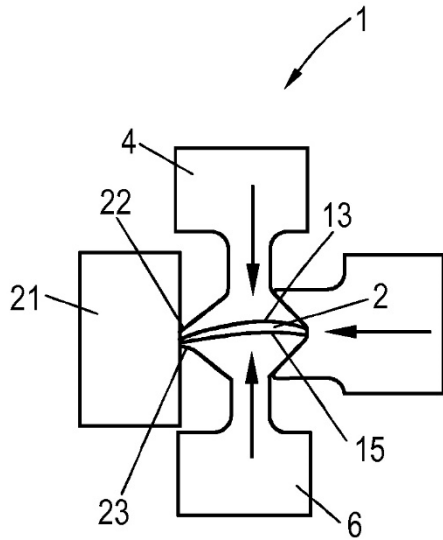


FIG. 5

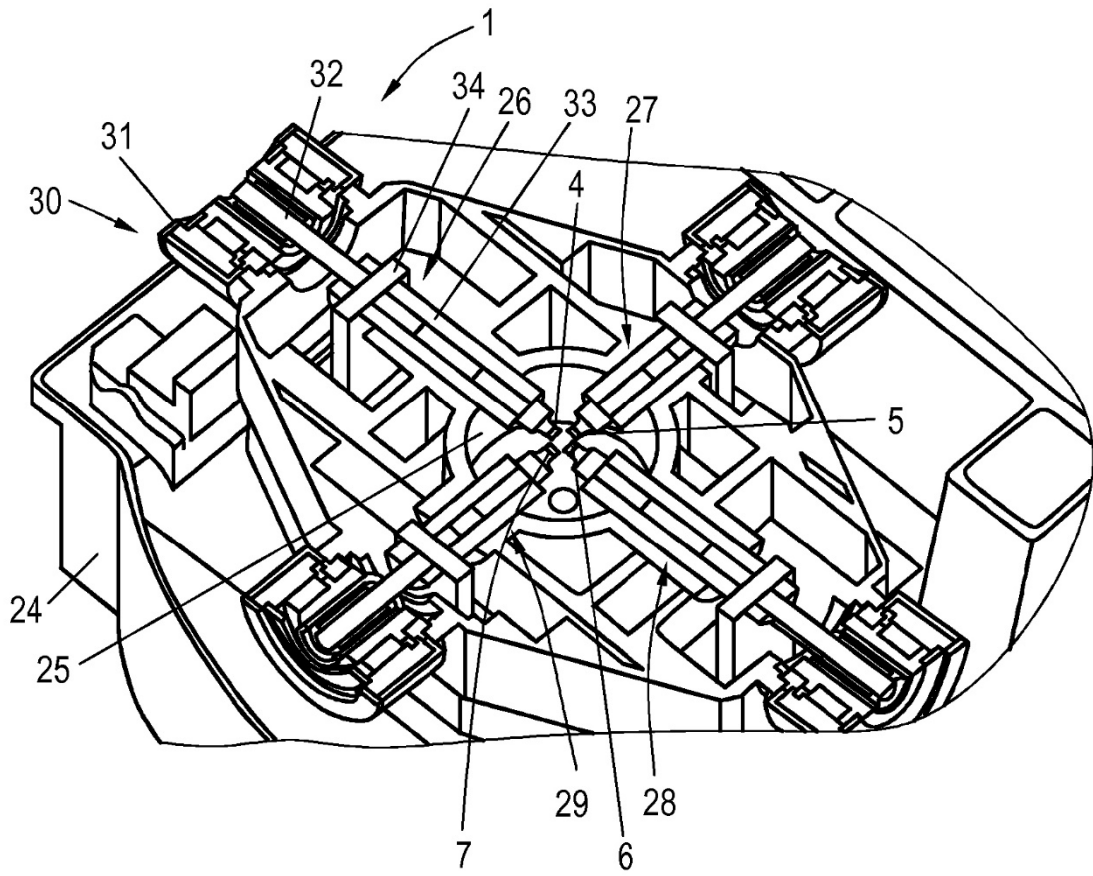


FIG. 6

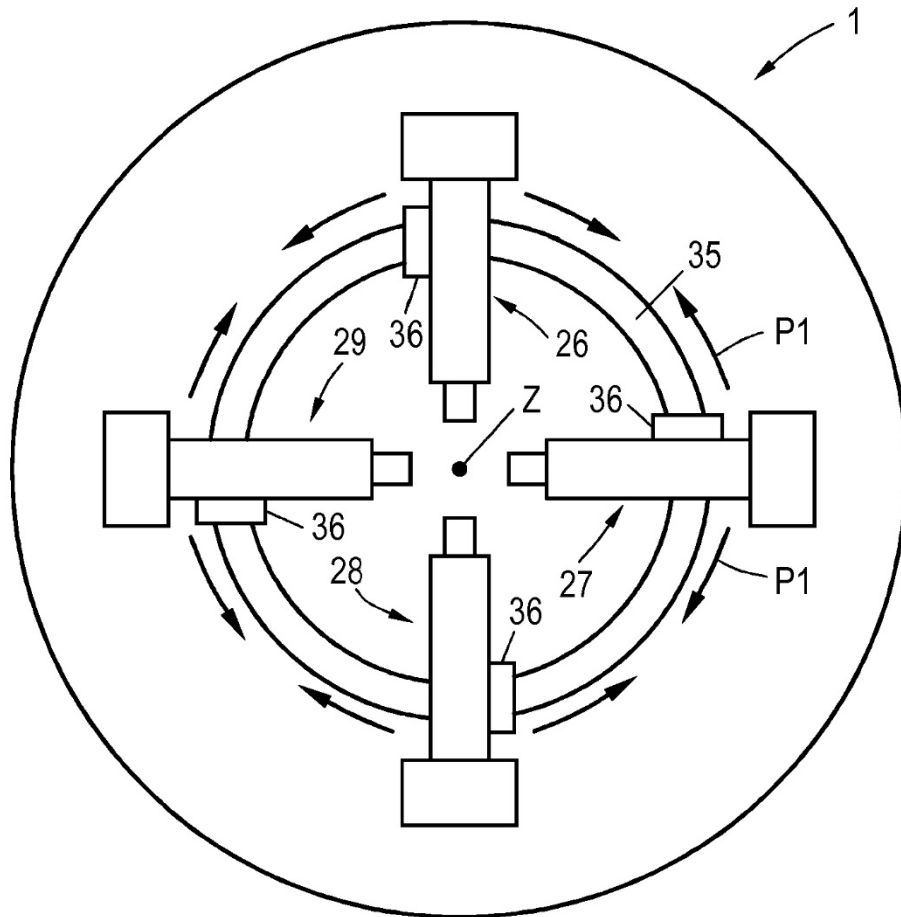


FIG. 7

