

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 503**

51 Int. Cl.:

B23H 3/04 (2006.01)

B23H 9/14 (2006.01)

B23H 7/28 (2006.01)

B23H 9/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.03.2012 PCT/EP2012/054288**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.09.2012 WO12123421**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2012 E 12713622 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 2686126**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para mecanizar electroquímicamente piezas de trabajo**

30 Prioridad:

17.03.2011 DE 102011014364

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

03.10.2018

73 Titular/es:

**STOBA SONDERMASCHINEN GMBH (100.0%)
Mittereschweg 1
87700 Memmingen, DE**

72 Inventor/es:

**GÜNTHER, OLIVER;
HÖG, THOMAS y
KONIETZNI, HANS-JOACHIM**

74 Agente/Representante:

SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro

ES 2 684 503 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 mecanizar electroquímicamente piezas de trabajo

5 La invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para el mecanizado electroquímico de piezas de trabajo, tal como por ejemplo boquillas. A este respecto, las piezas de trabajo pueden mecanizarse en estado no endurecido o estado endurecido sin o con orificios de inyección ya realizados.

10 Las boquillas del tipo en cuestión se requieren con frecuencia en máquinas de combustión interna, en particular en la producción de motores diésel. Tales boquillas se caracterizan porque presentan en un cuerpo de base una perforación. Esta perforación está realizada por ejemplo como perforación de orificio ciego. Hay boquillas con orificio ciego para motores diésel en diferentes realizaciones. Así, por ejemplo, es posible un orificio ciego cónico o también cilíndrico. Además, se distingue también entre un orificio de asiento y un orificio ciego. En las boquillas con orificio ciego resulta que las verdaderas aberturas para la salida del combustible en la cámara de combustión no se encuentran directamente en el centro o en la base del orificio ciego, sino más bien en el borde superior del orificio ciego. En la mayoría de los casos están previstas allí en forma de anillo en el contorno. Sin embargo, al menos está presente una boquilla de salida como perforación. Además, también es posible usar boquillas con orificio ciego de tal manera que se usen por así decirlo como acumuladores de presión, regulando regula de manera correspondiente la verdadera salida de combustible en el orificio ciego, no encontrándose sin embargo la boquilla de salida en el orificio ciego, sino en una boquilla independiente. En este caso se usa el orificio ciego por ejemplo, por así decirlo, como acumulador de presión. Los orificios ciegos del tipo en cuestión tienen un diámetro aproximadamente de 0,5 hasta como máximo 1 mm, pero por regla general de 0,8 mm.

25 El mecanizado de la propia perforación no ofrece regularmente ninguna dificultad, dado que estas pueden mecanizarse de manera suficientemente exacta con procedimientos de mecanizado mecánico correspondientes. También es posible sin problemas un pulido y en particular un afino a continuación con los procedimientos de mecanizado conocidos para ello. Ofrecen regularmente problemas las boquillas que están dotadas de una perforación de orificio ciego, cuyo volumen ciego de boquilla se encuentra en el fondo o en la base de la perforación ciega. Esta no puede mecanizarse con métodos de mecanizado convencionales de tal manera que presente una exactitud superficial y/o un afinado suficientes. El problema del mecanizado mecánico es también que la superficie terminada entre tanto para la perforación ciega ya no puede dañarse, cuando deba mecanizarse la perforación ciega. Tampoco hay una posibilidad de mecanizado mecánico suficiente para eliminar o alisar las impresiones superficiales en forma de fisuras o grietas, ligeras elevaciones o depresiones que se encuentran en el material. Los resultados que se obtuvieron con un método de mecanizado, concretamente el repasado, han sido igualmente insuficientes. La rugosidad del orificio ciego o volumen ciego de boquilla se redujo solo ligeramente a pesar de un esfuerzo bastante elevado. El mecanizado electroquímico de tales boquillas o perforaciones ciegas de boquillas en el volumen ciego de boquilla tampoco había sido satisfactorio hasta la fecha, dado que con los cátodos conocidos no podían mecanizarse las superficies. El cátodo, que conduce el flujo de electrolitos directamente a la superficie que debe mecanizarse, conduce a que en este punto tenga lugar un desgaste correspondiente, sin embargo un mecanizado completo del volumen ciego de boquilla no ha sido posible hasta la fecha con procedimientos electroquímicos. Debido a la diferente configuración de los volúmenes ciegos de boquilla se requiere en cada caso la producción adaptada en cada caso con respecto a la superficie que debe mecanizarse y por tanto muy costosa.

45 Por el documento DE 10 2004 054 587 B1 se conoce un procedimiento para la producción de microperforaciones reproducibles así como un dispositivo para ello. A este respecto se fabrica una microperforación reproducible con determinadas propiedades hidráulicas por medio de procesos electroquímicos en una posición en una pieza de trabajo, en la que ya existe una perforación previa. Esta perforación previa tiene un diámetro menor que la microperforación posterior. Además, a este respecto no se trata de una perforación ciega o de orificio ciego, sino de una perforación continua. A este respecto, el cátodo se pone en el orificio ciego realizado previamente y se mueve entonces a una velocidad definida a través del electrodo, cuando es sometido a la acción de un electrolito y corriente eléctrica. Un movimiento giratorio del cátodo no se da a conocer en este documento.

55 En el documento DE 103 12 986 se describe un procedimiento y un dispositivo para mecanizar orificios de manera electroerosiva. En este caso se trata de mecanizar un orificio ya perforado previamente de manera electroerosiva. En consecuencia se mecaniza también en este caso una perforación realizada previamente de diámetro pequeño, que se obtuvo mediante mecanizado mecánico, hasta una medida final de manera electroerosiva. El procedimiento electroerosivo está caracterizado por que el desgaste de material se consigue por medio de una secuencia de descargas eléctricas no estacionarias, que están separadas temporalmente entre sí, es decir, que solo hay una única chispa a la vez. Las descargas se generan mediante fuentes de alimentación de más de 200 voltios y tienen lugar siempre en un medio de mecanizado dieléctrico. A diferencia del mecanizado electroquímico, en el que se usa un electrolito como líquido, en el mecanizado electroerosivo se prevé un dieléctrico, es decir un líquido no conductor. Una desventaja adicional del mecanizado electroerosivo es que las herramientas en este caso se erosionan, es decir se desgastan, igualmente con el tiempo. Este no es el caso, por ejemplo, del mecanizado electroquímico. Por lo demás, la perforación debe realizarse con forma cónica visto de arriba hacia abajo. El mecanizado de orificios ciegos o del volumen ciego de un orificio ciego tampoco se da a conocer en este documento. Con una solución de este tipo no es posible el mecanizado de orificios ciegos.

5 Por el documento DD 135 974, que puede considerarse el estado de la técnica más próximo, se conocen un procedimiento y un dispositivo para el desgaste electroquímico de metal. Sin embargo, esta solución sirve para el desgaste electroquímico de metal para el mecanizado de piezas de trabajo, que están configuradas con simetría de rotación. A este respecto, el electrodo de la herramienta está configurado como recipiente y el recipiente y la pieza de trabajo rotan. La solución de electrolito se suministra sin presión, con lo que en al menos un lado de la herramienta que debe mecanizarse se forma un intersticio menor, en el que puede tener lugar el desgaste de material.

10 Además, por el documento DD 97 368 del año 1972 se conoce un dispositivo para el mecanizado electroquímico de metal, en particular para ranurar y separar, con suministro del electrolito a presión y accionamiento externo del cátodo. En este caso se describe que el cátodo presenta en el interior un canal que aloja el fluido. Por lo demás se describen perforaciones de distribución que discurren de forma radial.

15 En el documento US 2004/0 124 078 A1 se describe un mecanizado electroquímico de ruedas de turbinas de avión. A este respecto, también se hace que la herramienta, concretamente el cátodo, experimente un movimiento giratorio. Sin embargo, el líquido electroquímico se inyecta desde fuera sobre el cátodo, con lo que tiene lugar aparentemente el mecanizado en la superficie de la aleta de turbina. Tampoco puede deducirse un mecanizado de orificios ciegos o boquillas con orificio ciego de este dispositivo. Por el documento EP 1 535 686 A2 se conoce un procedimiento y un dispositivo para el mecanizado superficial de perforaciones, tal como perforaciones de orificio ciego. Un estado de la técnica próximo se conoce también por el documento EP 1 629 922 A1. Partiendo de este estado de la técnica, el objetivo de la invención es poner a disposición un procedimiento y un dispositivo con el que se posibilite un mecanizado electroquímico de piezas de trabajo, en particular de boquillas con perforaciones ciegas, así como un desgaste sumamente exacto de manera más económica que en el estado de la técnica y con una alta exactitud.

20 La invención parte del estado de la técnica descrito anteriormente y propone un procedimiento según la reivindicación 1. La invención se refiere también a un dispositivo según la reivindicación 9. Según la invención se introduce un cátodo, que está montado por ejemplo en un soporte, en una pieza de trabajo sostenida en un dispositivo de sujeción. El cátodo tiene en su interior al menos un canal, a través del que puede conducirse el líquido de electrolito hasta el volumen ciego de la perforación. Mediante el movimiento giratorio se posibilita que el volumen ciego de la perforación ciega pueda tener lugar mediante sollicitación por un electrolito con un giro al mismo tiempo del cátodo y de la pieza de trabajo, preferiblemente dirigidos en sentidos de giro opuestos. A este respecto, es suficiente llevar a cabo en un periodo de tiempo bastante corto un mecanizado electroquímico del volumen ciego de boquilla, sin que se dañen las superficies ya afinadas de la boquilla, en particular de la perforación ciega.

30 Por lo demás se consiguen los resultados deseados del desgaste y en particular del alisado del volumen ciego de boquilla, de modo que en el caso de la utilización prevista posterior de la boquilla se consigue una mayor resistencia a la presión con un mejor flujo. En consecuencia, mediante el alisado superficial puede reducirse adicionalmente también el consumo de combustible de motores de combustión. Al haber creado ahora, tanto el procedimiento como el dispositivo para mecanizar electroquímicamente piezas de trabajo, una posibilidad de mecanizar la perforación ciega o su volumen ciego finalmente con un esfuerzo relativamente pequeño en comparación con el estado de la técnica, se consigue que las imprecisiones que se producen durante el mecanizado mecánico puedan eliminarse completamente mediante el "mecanizado posterior" electroquímico. Ya no es necesaria ahora una fabricación laboriosa de cátodos adecuados en cada caso con respecto al caso de aplicación y ya no se requieren procedimientos de mecanizado mecánico inexactos. La cuota de rechazo durante la producción de boquillas correspondientes se reduce prácticamente hasta cero.

40 Mediante el mecanizado electroquímico, tal como se ha descrito anteriormente, se consigue un desgaste de material de aproximadamente 40 μm . Dado que el volumen ciego de la boquilla de orificio ciego presenta un diámetro de como máximo 0,8 mm, existe naturalmente el problema de que hay que llevar el líquido de electrolito hasta el volumen ciego de boquilla. Esto se soluciona mediante la invención al tener el cátodo al menos un canal, que introduce a presión el líquido de electrolito en el volumen ciego de boquilla. Para ello se prevé una presión de sistema de aproximadamente 5 a 10 bar. Mediante la sollicitación con líquido de electrolito, este llega al volumen ciego de boquilla, lo que también es necesario para posibilitar en todo caso un mecanizado electroquímico. Mediante el movimiento giratorio de la pieza de trabajo y del cátodo se distribuye el líquido de electrolito uniformemente en el volumen ciego de boquilla, de modo que la superficie está humectada al menos por todas partes. Debido a las dimensiones puede imaginarse que no hay mucho espacio para la evacuación del electrolito consumido y en particular también tiene que garantizarse que llegue líquido de electrolito de manera uniforme al volumen ciego de boquilla. Esto consigue porque el cátodo presenta un canal que se encuentra en el interior del cátodo, que puede distribuir el líquido de electrolito uniformemente por toda la superficie del volumen ciego de boquilla. A este respecto se prefiere naturalmente que la abertura de salida para el líquido de electrolito esté algo acodada en el cátodo hacia fuera dirigida hacia el borde del volumen ciego de boquilla, de modo que no llega de manera exactamente centrada al volumen ciego de boquilla, sino lateralmente allí donde están las zonas verdaderamente críticas del desgaste. Mediante el desplazamiento del cátodo y de la pieza de trabajo en un movimiento giratorio, en particular en sentido opuesto, se elimina también un problema adicional, concretamente el problema de la exactitud. Incluso en el caso

del centrado más exacto, es decir al aproximarse y dimensionar de manera exacta el cátodo en el volumen ciego de boquilla, puede suceder que se genere un volumen ciego de boquilla ligeramente excéntrico, porque precisamente el cátodo no está posicionado de manera exactamente centrada. Si se giran ahora la pieza de trabajo y el cátodo al mismo tiempo, en particular en sentidos opuestos o con diferente velocidad en el mismo sentido, los dos movimientos giratorios se solapan y se compensan las imprecisiones dado el caso presentes, de modo que se genera un orificio ciego de boquilla exactamente circular.

Para el comienzo del mecanizado electroquímico es suficiente, por ejemplo, que una gota de electrolito llegue a la perforación ciega. Esto puede tener lugar naturalmente también de tal manera que al introducir el cátodo, dado el caso, se active brevemente el flujo de electrolitos para centrar entonces el cátodo. Si el cátodo está entonces centrado, pueden solicitarse, en el caso del comienzo al mismo tiempo de los movimientos giratorios del cátodo y de la pieza de trabajo, con corriente e igualmente solicitar el flujo de electrolitos naturalmente con presión. Así es posible entonces un mecanizado exacto. Sin embargo, la invención no se limita a este modo de proceder. Más bien, con la invención también es posible no solicitar el flujo de electrolitos hasta que el cátodo está centrado exactamente.

Una ventaja adicional se consigue mediante el modo de proceder novedoso, al poder mecanizar de manera muy exacta concretamente una zona de transición, que se encuentra por ejemplo entre el orificio ciego y la verdadera perforación de salida de boquilla. En el estado de la técnica hasta la fecha sucedía que aquí ciertas denominadas elevaciones a modo de estribo se encontraban todavía en la salida del orificio ciego en la dirección de la perforación de salida de boquilla. Con ayuda del procedimiento novedoso ahora es posible alisar todavía también estas zonas, de tal manera que también en este caso se obtenga un desarrollo de la corriente esencialmente favorable en el caso de utilizar de manera genérica la boquilla.

También resulta ventajoso cuando, especialmente para ello, pero también para el eventual mecanizado posterior del propio volumen ciego de boquilla, el mecanizado electroquímico se complementa mediante rebaje electroquímico. Preferiblemente, para ello al movimiento giratorio se le puede solapar naturalmente entonces además un movimiento lineal, de modo que en el caso de una solicitud al mismo tiempo con corriente y electrolito, pueda tener lugar en este caso un mecanizado electroquímico combinado con rebaje electroquímico.

Con respecto al estado de la técnica, tal como se ha descrito al principio, por ejemplo en el documento DE 10 2004 054 587, se muestra una solución en la que está previsto un movimiento relativo entre la herramienta y la pieza de trabajo. Sin embargo, en esta solución se realiza por ejemplo una perforación láser antes del mecanizado electroquímico en la pieza de trabajo y mediante el mecanizado electroquímico "se perfora del todo" hasta la medida deseada. Precisamente esto no es lo que se quiere con la solución según la invención, dado que a este respecto por regla general en la perforación realizada previamente, que se obtuvo mecánicamente o mediante láser o de otra manera, ya hay un alisado totalmente suficiente, que en particular está afinado. El afinado debe conservarse, para que no deba tener lugar un nuevo tratamiento posterior. Por lo demás, con esta solución definitivamente no es posible corregir las rugosidades o imprecisiones que se encuentran en la zona de volumen ciego mediante un mecanizado electroquímico. En la solución según el documento DE 10 2004 054 587, el líquido de electrolito puede salir a través de la perforación continua realizada previamente, sin que tenga que o pueda tener lugar un mecanizado en una "zona de volumen ciego". Por lo demás, la evacuación del líquido de electrolito en la dirección del cátodo no está prevista en absoluto. Un mecanizado electroquímico preciso no es posible, en particular en las zonas críticas. Un sentido de giro en el mismo sentido u opuesto del cátodo y de la herramienta tampoco puede deducirse de este documento, de modo que mediante la solución según la invención ahora se ponen a disposición por primera vez posibilidades para poder llevar a cabo el mecanizado de perforaciones de orificio ciego o boquillas con orificio ciego en la medida deseada. A este respecto se consigue un desgaste de material de aproximadamente 40 a 50 μm . Esto es, en comparación con la solución que se propone en el documento DE 10 2004 054 587, una medida bastante reducida, lo que requiere un mecanizado sumamente exacto.

Tampoco en el documento DE 103 12 986 está contenida ninguna indicación de mecanizar electroquímicamente un orificio ciego. Más bien en este caso está previsto un procedimiento electroerosivo y también en este caso una perforación realizada previamente como perforación continua, que debe realizarse cónicamente de arriba abajo. Para ello se deforma elásticamente la herramienta de mecanizado dentro de la guía de electrodo. Si se hiciese esto así, por ejemplo en una boquilla de orificio ciego, esto conduciría automáticamente a un cortocircuito. Además, tampoco podría mecanizarse en absoluto la base del orificio ciego, concretamente el verdadero volumen ciego, con una solución según el documento DE 103 12 986, porque en este caso tiene lugar un mecanizado electroerosivo. Los documentos conocidos adicionales del estado de la técnica describen todos una solución con la que no es posible por ejemplo un mecanizado de un orificio ciego en una boquilla de orificio ciego. En consecuencia, por primera vez mediante la invención se pone a disposición una solución con la que es posible el mecanizado extremadamente exacto de un orificio ciego, en particular en la zona de volumen ciego, es decir en la verdadera zona en la que están dispuestas las perforaciones de boquilla y en la que debe influirse activamente en las relaciones de corriente del combustible. A este respecto, el proceso puede repetirse con cualquier frecuencia, es decir en tantos volúmenes ciegos de boquilla como se quiera, sin que se dañe o se desgaste la herramienta.

Correspondientemente a un perfeccionamiento de la invención, el procedimiento se caracteriza porque la pieza de

trabajo se sujeta por medio de un dispositivo de sujeción en un dispositivo para el mecanizado electroquímico y se polariza como ánodo. A este respecto, el cátodo para el mecanizado se adapta aproximadamente a uno del contorno de la pieza de trabajo o de la perforación ciega que debe mecanizarse. El cátodo se centra a continuación en la perforación ciega y se conduce un líquido de electrolito a al menos un canal de corriente previsto en el cátodo hacia la punta del cátodo. Ventajosamente, el líquido de electrolito se conduce hacia fuera lateralmente en la dirección de la superficie que debe mecanizarse y se hace que la pieza de trabajo y/o el cátodo con una sollicitación al mismo tiempo con líquido de electrolito y corriente experimentan un movimiento giratorio. Mediante esta medida se consigue distribuir la corriente de electrolito uniformemente por toda la superficie del volumen ciego de boquilla y obtener un desgaste en particular uniforme. Además, mediante el movimiento giratorio se consigue compensar las imprecisiones de la propia perforación ciega mediante el mecanizado electroquímico y desgastar y/o mecanizar uniformemente toda la superficie visto desde arriba como círculo. La superficie del volumen ciego de la perforación ciega se alisa a continuación muy uniformemente.

Según la invención, el cátodo está adaptado al contorno de la perforación de orificio ciego y está configurado aproximadamente en forma de aguja y presenta una punta. En la punta que desemboca por ejemplo en forma cónica del cátodo se desvía el líquido de electrolito lateralmente y con respecto al eje de simetría de la punta de cátodo de manera acodada hacia la superficie que debe mecanizarse. Esto también sirve en particular para la configuración de un círculo idealizado visto desde arriba tras el mecanizado del volumen ciego de boquilla. En particular esto conduce también a que – a diferencia que en los procedimientos convencionales – no solo se mecanice la punta o el centro del volumen ciego de boquilla sino también las superficies que se encuentran lateralmente. Además, ahora se eliminan imprecisiones del mecanizado mecánico mediante este procedimiento electroquímico. En consecuencia, según un perfeccionamiento de la invención se desvía el líquido de electrolito así hacia el volumen ciego de la perforación ciega, para mecanizar toda la superficie de cabeza del volumen ciego.

Preferiblemente, el cátodo y/o la pieza de trabajo se hacen girar durante la operación de mecanizado con una velocidad de desde 20 hasta 40 revoluciones por minuto. A este respecto, no desempeña ningún papel si hay un movimiento giratorio en el mismo sentido o en sentidos opuestos del cátodo y la herramienta. Sin embargo, preferiblemente está previsto un sentido de giro opuesto del cátodo y la herramienta o movimientos giratorios en el mismo sentido con velocidades relativamente diferentes.

Según una variante del procedimiento según la invención está prevista una duración de mecanizado de desde 2 s hasta 30 s, preferiblemente de 5 s. La superficie que debe mecanizarse se solicita por ejemplo durante la operación de mecanizado en el dispositivo con de 30 a 180 amperios-segundo. La corriente de proceso se suministra a la pieza de trabajo tanto como corriente continua como corriente continua pulsada con altas densidades de corriente de pico. La relación de pulso/pausa se selecciona de tal manera que tiene lugar una evacuación de calor suficiente en el intersticio. Según cuánto deba desgastarse mediante el mecanizado electroquímico de la superficie, puede variarse a este respecto la intensidad de corriente y/o el flujo o la presión de electrolitos. Por lo demás, naturalmente también es posible variar de manera correspondiente la duración de tiempo del mecanizado.

Como líquido de electrolito se usa preferiblemente nitrato de sodio con una concentración del 5-30 por ciento, preferiblemente del 20 por ciento. Como presión de proceso para el líquido de electrolito está prevista una presión de desde 5 hasta 10 bar. Sin embargo, este uso de líquido de electrolito en forma de nitrato de sodio no debe entenderse en modo alguno como limitativo. También pueden utilizarse otros líquidos de electrolitos adecuados con el procedimiento según la invención.

Mediante el flujo de electrolitos se conduce hacia fuera el material desgastado (hidróxido) y llega a una instalación de procesamiento, donde se purifica y dado el caso se procesa, para utilizarlo de nuevo.

En una variante alternativa del procedimiento según la invención está previsto que la superficie que debe mecanizarse se mecanice alternativa o adicionalmente mediante rebaje electroquímico y/o rectificado o pulido electroquímico. Esto también sirve para aumentar adicionalmente la exactitud superficial y la calidad superficial.

Para poder evaluar el resultado del mecanizado electroquímico, la invención propone en un perfeccionamiento, que se realice un examen óptico, preferiblemente mediante barrido óptico, para, en el caso de un desgaste dado el caso insuficiente en la superficie que debe mecanizarse, realizar un nuevo mecanizado con parámetros dado el caso adaptados. A este respecto, por ejemplo, un sistema óptico en forma de una cámara o en forma de un sensor óptico, se dirige hacia la superficie que debe mecanizarse, detectándose y registrándose la superficie de manera completa, o bien si no teniendo lugar un barrido, es decir, que se examina por secciones el mecanizado en la superficie. A partir del resultado del barrido óptico puede deducirse entonces si es necesario un nuevo mecanizado y si para ello tienen que modificarse, dado el caso, el ángulo de ataque de la boquilla o la duración de mecanizado, la presión o el flujo de electrolitos o la intensidad de corriente de la relación pulso/pausas o la intensidad de pulso.

Un perfeccionamiento ventajoso adicional propone que para el examen sin destrucción del volumen ciego de boquilla se fabrique una probeta del interior de la perforación ciega antes del mecanizado.

Tras el mecanizado, entonces se fabrica una probeta adicional del interior de la perforación ciega y ambas probetas

se comparan entre sí, para comprobar el resultado del mecanizado. Este es un modo de proceder excelente para poder evaluar el resultado de mecanizado. A este respecto, la comparación puede llevarse a cabo con dispositivos de prueba previstos para tales fines. A este respecto, también es posible documentar estas probetas correspondientemente de manera gráfica y por ejemplo llevar a cabo una comparación gráfica mediante superposición o solapamiento de las superficies.

Para fabricar la(s) probeta(s) se usa preferiblemente una masa de modelado rápido. Esta se conoce, por ejemplo, para la fabricación de impresiones dentales de la técnica odontológica. Para ello se usa por ejemplo Aginal. Esta masa de modelado rápido tiene la ventaja de que tiene lugar una introducción rápida y en particular también un endurecimiento rápido de la masa, con lo que pueden fabricarse impresiones muy exactas. La masa tiene propiedades de contracción extremadamente reducidas. La extracción de esta masa de modelado rápido tras el endurecimiento tampoco causa problemas, dado que no se produce ninguna unión estrecha con la superficie interna de la perforación ciega y de la superficie mecanizada.

Naturalmente, la invención propone en un perfeccionamiento también que se realice un examen de la operación de mecanizado por medio de una técnica de medición de campo magnético o técnica de ultrasonidos antes y después del mecanizado, para evaluar el resultado del mecanizado. También en este caso está prevista naturalmente una evaluación gráfica correspondiente mediante el solapamiento de los resultados del examen antes y después del mecanizado.

El procedimiento según la invención se caracteriza según una variante también porque para el centrado del cátodo se sitúa el propio cátodo mediante aproximación cerca del orificio ciego de la boquilla. Tiene lugar en primer lugar una aproximación lineal, para posicionar el cátodo con su punta relativamente cerca del orificio ciego. Para conseguir ahora también un centrado con respecto al orificio ciego, se pivota entonces ligeramente de manera lateral el cátodo con respecto al eje de simetría de la perforación ciega y se aproxima así al diámetro ideal de la perforación ciega. Si el cátodo para el mecanizado está posicionado centrado de manera óptima en este sentido, puede tener lugar el mecanizado. Al hacer que el cátodo experimente un movimiento giratorio durante el mecanizado y/o un movimiento giratorio al mismo tiempo de la pieza de trabajo se consigue en particular resultados óptimos en el mecanizado superficial y/o una mejora del centrado del volumen ciego de boquilla en relación con el eje central de la perforación.

Mediante la invención se propone también un dispositivo para el mecanizado electroquímico de piezas de trabajo, tal como por ejemplo de boquillas, preferiblemente con una perforación ciega. El dispositivo propuesto sirve en particular para realizar el procedimiento tal como se ha presentado anteriormente en las más diversas formas de realización y variantes. El dispositivo se caracteriza porque están previstos un cátodo montado de manera giratoria en un soporte y un dispositivo de sujeción montado de manera giratoria para la pieza de trabajo. Por lo demás, el dispositivo para el mecanizado electroquímico está equipado o configurado como es habitual para el mecanizado electroquímico. Así, naturalmente está previsto un suministro para el líquido de electrolito al igual que una evacuación. Por lo demás están presentes recipientes de reserva y generadores de presión correspondientes para líquido de electrolito, así como una alimentación eléctrica, para poner a disposición durante el mecanizado intensidades de corriente correspondientes. Naturalmente, para el dispositivo también están presentes los motores de alimentación o dispositivos correspondientes. Este puede ser por ejemplo un motor lineal. Sin embargo, a este respecto puede tratarse también de un dispositivo hidráulico, que alimenta por ejemplo el cátodo. El dispositivo de sujeción para la pieza de trabajo también está configurado de la manera habitual. Sin embargo, según la invención tanto el cátodo, en o con el soporte, así como el dispositivo de sujeción o la pieza de trabajo, están montados de manera giratoria en el dispositivo de sujeción. Un accionamiento correspondiente para generar el movimiento giratorio está naturalmente comprendido igualmente por el dispositivo según la invención. A este respecto puede estar previsto igualmente un accionamiento común, así como accionamientos separados.

La gran ventaja del montaje giratorio o bien del cátodo o bien del dispositivo de sujeción o bien sino de los dos ya se explicó detalladamente en la descripción del procedimiento. Mediante esta configuración giratoria se consigue concretamente obtener un mecanizado óptimo en particular de una perforación ciega y en este caso en particular del volumen ciego de una boquilla. Mediante el montaje giratorio del cátodo y del dispositivo de sujeción se consigue generar el movimiento relativo mencionado al principio.

También resulta ventajoso que el cátodo y/o el dispositivo de sujeción puedan moverse linealmente uno hacia el otro o alejándose uno del otro. Con ello puede posicionarse el cátodo por ejemplo de manera óptima en el volumen ciego de boquilla. Esta capacidad de movimiento también es importante para la posición del propio cátodo, es decir la aproximación antes de la operación de mecanizado. A este respecto, se introduce, como ya se ha descrito más adelante, el cátodo en primer lugar en la perforación ciega y se mueve linealmente en la dirección del volumen ciego de boquilla. Poco antes del mismo se detiene y dado el caso se mide posteriormente o se comprueba, para avanzar entonces todavía a una posición adicional. De manera intermedia en el tiempo se desplaza o se hace pivotar el cátodo y/o el dispositivo de sujeción ligeramente difiriendo del eje de simetría del cátodo o del perforador de volúmenes ciegos de tal manera que se apoya en el interior de la perforación ciega. Entonces tiene lugar un pivotado o un desplazamiento hacia el otro lado. Mediante el centrado de los valores explorados en la dirección X e Y puede posicionarse el cátodo entonces de manera óptima. El procedimiento funciona tanto con un cátodo que

puede desplazarse o pivotar con respecto al eje de simetría, como también con un dispositivo de sujeción que puede desplazarse o pivotar de manera correspondiente. El movimiento lineal es necesario en particular para la alimentación del cátodo en la pieza de trabajo.

5 La invención se caracteriza porque según un perfeccionamiento en el interior del cátodo está previsto al menos un canal de corriente para el líquido de electrolito con al menos una abertura de salida en o cerca de la punta del
 10 cátodo en o sobre el lado dirigido hacia la pieza de trabajo que debe mecanizarse. A este respecto, la abertura de salida está prevista apuntando hacia fuera con respecto al eje de simetría del cátodo y de manera acodada con respecto a la perpendicular. De este modo se provoca que se mecanice no solo el centro de la perforación ciega o
 15 del volumen ciego de boquilla, sino también las zonas superficiales que se encuentran más hacia fuera del volumen ciego de boquilla. Mediante una abertura de salida oblicua, es decir que difiere del eje de simetría, para el líquido de electrolito se consigue un mecanizado en total más homogéneo y más uniforme. Una configuración especialmente
 20 preferible prevé que en el cátodo estén previstos dos canales de corriente con en cada caso una abertura de salida propia para el líquido de electrolito. A este respecto, resulta además favorable que en cada una de las aberturas de salida para el líquido de electrolito en o cerca de la punta estén previstas ranuras de guiado o acanaladuras de guiado, que desvían y/o distribuyen el flujo de electrolitos en la dirección deseada hacia la superficie de pieza de trabajo que debe mecanizarse. Esto también sirve en general para un mecanizado más uniforme, es decir un
 25 desgaste más homogéneo de material en el volumen ciego de boquilla. Preferiblemente el cátodo tiene un diámetro siempre más pequeño que el diámetro de la perforación de orificio ciego. Debido a que el cátodo durante el mecanizado electroquímico por así decirlo se reproduce en el material, se prefiere que el cátodo no esté configurado en punta, sino redondeado, en su lado dirigido hacia el orificio ciego. A este respecto, el redondeado tiene lugar solo en la zona delantera, en teoría en punta, del cátodo. Por lo demás, naturalmente también es posible que se seleccione el rango de pivotado o el radio del movimiento del cátodo mayor que el radio presente. A este respecto, se trata por ejemplo de ampliar el orificio ciego con respecto a la perforación. También puede configurarse el orificio ciego como semiesfera. En este caso el cátodo tiene que hundirse de manera giratoria en el volumen ciego. En el caso de una relación compensada de la velocidad de hundimiento y la velocidad de desgaste se ajusta un intersticio de mecanizado, que es suficiente para el desague del electrolito.

30 También es favorable una solución en la que el cátodo desde el punto de vista del diámetro es siempre menor que el diámetro del orificio ciego. Esto resulta también ventajoso, porque con ello puede garantizarse al mismo tiempo un desague suficiente de electrolito, que ya no es posible en el caso de una configuración a la medida.

35 Resulta ventajoso adicionalmente que el cátodo según un perfeccionamiento pueda desplazarse o hacerse pivotar en el dispositivo con respecto al eje de mecanizado o el eje de simetría de la perforación ciega en la pieza de trabajo. Las ventajas de esta configuración ya se han descrito, dado que esta es muy importante en la realización del posicionamiento del cátodo antes del mecanizado. También puede conseguirse el mismo resultado al poder desplazarse o hacerse pivotar el dispositivo de sujeción con respecto al eje de mecanizado o del eje de simetría. Naturalmente, la invención también comprende una solución en la que tanto el cátodo en el dispositivo como el dispositivo de sujeción en el dispositivo pueden desplazarse o hacerse pivotar con respecto al eje de mecanizado.

40 Según la invención, el cátodo está configurado esencialmente en forma de aguja. De manera similar a una mina de gran tamaño en bolígrafos, el cátodo presenta en el lado dirigido hacia la pieza de trabajo que debe mecanizarse un estrechamiento, que en particular tiene un diámetro externo claramente menor, en particular aproximadamente la mitad de grande que el diámetro interno de la perforación ciega que debe mecanizarse. Por el contrario, el diámetro
 45 del cátodo en la parte superior, es decir en el lado dirigido en sentido opuesto a la pieza de trabajo, presenta aproximadamente el mismo diámetro externo que el diámetro interno de la perforación ciega.

50 Según la invención, el cátodo está formado de un material eléctricamente conductor, resistente a la corrosión. Sin embargo, en cuanto al tipo de material no hay ninguna limitación adicional. Todos los materiales resistentes a la corrosión o eléctricamente conductores son especialmente adecuados para ello. A este respecto, naturalmente está previsto preferiblemente un acero resistente a la corrosión.

55 Naturalmente, el dispositivo según la invención comprende también entradas o salidas para el líquido de electrolito, conexiones eléctricas para el cátodo y el ánodo así como una alimentación eléctrica. En consecuencia, el dispositivo según la invención está construido de manera aproximadamente igual que los dispositivos habituales para el mecanizado electroquímico, concretamente con los correspondientes grupos adicionales correspondientes como se describieron al principio.

60 En este contexto, se indica en particular que todas las características y propiedades descritas con respecto al dispositivo pero también los modos de proceder pueden extrapolarse de manera análoga también con respecto a la formulación del procedimiento según la invención, y utilizarse en el sentido de la invención, y se consideran dados a conocer conjuntamente. Lo mismo es aplicable también en el sentido inverso, lo que significa que características constructivas solo mencionadas con respecto al procedimiento pueden también tenerse en cuenta y reivindicarse en el contexto de las reivindicaciones de dispositivo, y así ser también parte de la invención y de su divulgación.

65 En los dibujos se representa esquemáticamente la invención en particular en un ejemplo de realización. Muestran:

- las Figuras 1a a 1e, componentes principales y detalles del dispositivo según la invención para realizar el procedimiento según la invención,
- 5 las Figuras 2a y 2b, una pieza de trabajo y una probeta según la invención,
- la Figura 3, una representación esquemática de un gráfico de evaluación según la invención, y
- 10 las Figuras 4a a 4d, el transcurso del procedimiento durante el posicionamiento y/o el centrado del cátodo para realizar el procedimiento según la invención.

En las Figuras se designan los mismos elementos o elementos correspondientes entre sí en cada caso con los mismos números de referencia y por tanto no se describirán de nuevo, siempre que no sea conveniente.

15 Las Figuras 1a a 1e muestran componentes principales y detalles del dispositivo según la invención para realizar el procedimiento según la invención. A este respecto, en la Figura 1a se muestra un cátodo 1, que está previsto en un soporte 2. A este respecto, según la invención o bien el cátodo 1 está montado de manera giratoria en el soporte 2 o sino, como resulta evidente a partir de la representación esquemática, también puede girarse el soporte 2 en la dirección de la flecha doble circular a,b. A este respecto, se pretende que el soporte o el cátodo puedan girar tanto

20 en la dirección a como en la dirección b. El cátodo se muestra en este caso todavía antes de la operación de posicionado. En la parte inferior de la Figura 1a se muestra dispositivo de sujeción 4, en el que la pieza de trabajo 3 está sujeta de manera centrada. A este respecto, en la forma de realización representada se trata por ejemplo de un mandril de tres mordazas. A este respecto, también está previsto en este caso de manera favorable, que o bien el soporte 2 pueda hacerse girar en la dirección de la flecha doble a,b, o bien que, según una forma de realización no mostrada, la pieza de trabajo se monte de manera giratoria en el propio soporte. Esto puede tener lugar por ejemplo tras una operación de sujeción. La Figura 1b muestra un cátodo 1 según la invención. En el cátodo 1 está previsto un canal de corriente 11 para hacer pasar el líquido de electrolito hacia la punta 13 del cátodo. El cátodo 1 está estrechado, tal como suma evidente, en la parte inferior, es decir la parte que durante el mecanizado está dirigida hacia la pieza de trabajo 3. A este respecto, el punto de estrechamiento se designa con el número de referencia 14.

30 El círculo, que está nombrado con A, designa el fragmento que se muestra en la Figura 1e. Es decir, en la Figura 1e se representa aumentado el cátodo debido a su tamaño reducido. Esto significa que se refiere a la parte del cátodo 1, que sigue al extremo más grueso del cátodo 1 orientada en la dirección de la pieza de trabajo 3 en la posición de mecanizado. En consecuencia, en la Figura 1e puede verse que el cátodo 1 presenta dos canales de corriente 11,11'. Las aberturas de salida 12,12' no salen directamente en la punta 13 del cátodo 1 del mismo, sino lateralmente en la punta 13 configurada en forma cónica. Para ello, las aberturas de salida 12,12' están redondeadas lateralmente hacia fuera, de modo que no inciden directamente en línea recta sobre la superficie que se mecaniza, sino ligeramente acodada. En esta representación no son evidentes las configuraciones según las cuales en la superficie de la punta 13, empezando en las aberturas de salida 12, están previstas ranuras de guiado o acanaladuras de guiado. Estas sirven para, durante la operación de mecanizado, conducir el líquido de electrolito en los espacios relativamente estrechos entre la pieza de trabajo 3 y el cátodo 1. La Figura 1c muestra esquemáticamente la pieza de trabajo 3, indicándose en esta representación, que el cátodo 1 puede hacerse girar en la dirección a,b. Por lo demás, se indica que en la dirección de la flecha a lo largo del eje de simetría y, el cátodo tiene que introducirse para el mecanizado naturalmente en la pieza de trabajo y allí posicionarse y centrarse de manera correspondiente. Esto se describe más adelante (Figuras 4a a 4d) más detalladamente.

45 La Figura 1d muestra una pieza de trabajo que debe mecanizarse 3. La pieza de trabajo 3 presenta una perforación ciega 32. Esta perforación ciega 32 presenta un volumen ciego de boquilla 31, de cuyo mecanizado se trata realmente durante la realización de los procedimientos según la invención. La boquilla 30 está ensanchada de forma cónica desde el lado dirigido en sentido opuesto al volumen ciego de boquilla 31. Lo mismo es aplicable para la perforación ciega 32, que está igualmente ensanchada en forma cónica en su extremo dirigido en sentido opuesto al volumen ciego de boquilla 31.

55 Las Figuras 2a y 2b muestran en la Figura 2a la pieza de trabajo 3 según la invención en su contorno externo como representación tridimensional. En la Figura 2b se representa una probeta 5, que se produce de tal manera que por ejemplo antes del mecanizado electroquímico se presiona masa de modelado rápido, por ejemplo para fabricar impresiones dentales de la técnica odontológica, tal como por ejemplo Aginal, en la perforación ciega 32, concretamente de tal manera que esta se llene completamente. Tras la aglutinación o el endurecimiento de la masa de modelado rápido puede extraerse la probeta sin problemas de la perforación ciega, sin que para ello sean necesarias mayores aplicaciones de fuerza y en particular, sin perjudicar a la superficie de la perforación de orificio ciego. Esta probeta 5 sirve entonces para la comparación con una segunda probeta, no representada en este caso, que se fabrica tras el mecanizado electroquímico. Ahora pueden superponerse estas probetas 5 fotográficamente u ópticamente de otro modo y así conducir a una comprobación del resultado de mecanizado. Es decir, se compara la probeta 5 antes del mecanizado electroquímico con la probeta 5 tras el mecanizado electroquímico, para poder establecer la diferencia desgastada. Esto puede tener lugar, por ejemplo, en forma de un gráfico de evaluación, tal como se muestra en la Figura 3. Sin embargo, este gráfico puede generarse también de otra manera, por ejemplo mediante una técnica de medición de campo magnético o técnica de ultrasonidos. En la línea 7, que es continua, se

muestra a este respecto la zona que debe mecanizarse del volumen ciego de boquilla 31 antes del mecanizado. La línea discontinua 6 muestra el volumen ciego de boquilla 31 tras el mecanizado. En este caso resulta claramente evidente que ha tenido lugar un desgaste prácticamente continuo. La línea 7 por regla general no está realizada tan lisa, sino más bien de manera agrietada e irregular. Sin embargo, esto era difícil de representar desde el punto de vista de la técnica.

Las Figuras 4a a 4d muestran el desarrollo del procedimiento durante el posicionamiento y/o el centrado del cátodo 1 para realizar el procedimiento según la invención. El cátodo 1 se introduce, como resulta evidente en la Figura 4a, en la dirección d en el orificio ciego de la pieza de trabajo 3. A este respecto, en primer lugar se explora cuidadosamente a una distancia I, para moverla entonces, como se representa adicionalmente en la Figura 4b, adicionalmente en la dirección del volumen ciego de boquilla 31. Dado el caso, se comprueba de nuevo con una distancia II antes de que pueda llevarse a su posición final para el mecanizado electroquímico. Sin embargo, antes de que tenga lugar esta posición definitiva, es necesario todavía un pivotado o desplazamiento del cátodo 1 o si no de la pieza de trabajo 3 difiriendo del eje de simetría, concretamente de tal manera que el cátodo 1 entre en contacto con la perforación ciega 32 en la superficie interna, pero no la dañe. Para ello, o bien el cátodo 1 de la pieza de trabajo 3 puede hacerse pivotar en la dirección e-f y/o puede desplazarse en la dirección X/Y. Para el transcurso del mecanizado, los cuerpos de boquilla se proporcionan esencialmente ya completamente mecanizados para el mecanizado electroquímico de modo que solo se tengan que mecanizar entonces los volúmenes ciegos de boquilla 31. Por este motivo es importante que no tenga lugar un contacto lateral mediante el cátodo con la perforación ciega 32. Sin embargo, para una posición correcta es importante realizar el movimiento de pivotado en la dirección e,f con respecto al volumen ciego de boquilla 31, para que el cátodo 1 pueda posicionarse de manera óptima para el mecanizado electroquímico, para obtener al final un volumen ciego de boquilla 31, que se mecanice electroquímicamente de manera centrada, de modo que dentro de la boquilla en el caso de la utilización prevista de la misma se garantiza una corriente óptima.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el mecanizado electroquímico de piezas de trabajo (3) con una perforación ciega (32), tal como por ejemplo de boquillas, estando previsto un movimiento relativo como movimiento giratorio durante el mecanizado entre la pieza de trabajo (3) y el cátodo (1), con un sentido de giro en el mismo sentido o en sentido opuesto del cátodo (1) y de la herramienta (3), estando **caracterizado por que** se conduce un líquido de electrolito en al menos un canal de corriente (11, 11') previsto en el cátodo (1) hacia la punta del cátodo, donde se conduce hacia fuera lateralmente en la dirección hacia la superficie que debe mecanizarse.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, estando **caracterizado por que** la pieza de trabajo (3) se sujeta por medio de un dispositivo de sujeción (4) en un dispositivo y se polariza como ánodo, apuntando la perforación ciega (32) hacia un cátodo adaptado aproximadamente al contorno de la pieza de trabajo (3) o la perforación que se mecaniza, estando el cátodo (1) a continuación centrado en la perforación ciega (32) y haciendo que la pieza de trabajo (3) y el cátodo (1) experimenten un movimiento giratorio sometiéndose al mismo tiempo a la acción del líquido de electrolito y corriente.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, estando **caracterizado por que** el líquido de electrolito es desviado lateralmente en la punta (13) del cátodo en particular en forma de aguja (1) y de manera acodada con respecto al eje de simetría de la punta de cátodo (13), sobre la superficie que debe mecanizarse y allí es distribuido en particular uniformemente, desviándose el líquido de electrolito al volumen ciego de la perforación ciega (32), para mecanizar una superficie de cabeza de perforación ciega, en el que el cátodo (1) y la pieza de trabajo (3) son puestos en rotación a una velocidad de desde 20 hasta 40 revoluciones por minuto.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** una duración de mecanizado de desde 2 hasta 30 segundos, preferiblemente de 5 segundos y/o **por que** la superficie que debe mecanizarse se solicita con 30 a 180 amperios-segundo.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, estando **caracterizado por que** como líquido de electrolito se usa preferiblemente nitrato de sodio con una concentración del 5 al 30 por ciento, preferiblemente del 20 por ciento, y en particular está prevista preferiblemente una presión del líquido de electrolito de desde 5 hasta 10 bar, y/o la superficie que debe mecanizarse se mecaniza alternativa o adicionalmente mediante rebaje electroquímico y/o pulido electroquímico.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, estando **caracterizado por que** se realiza un examen óptico, preferiblemente mediante barrido óptico, para realizar, en el caso de un desgaste insuficiente en la superficie que debe mecanizarse, un nuevo mecanizado con parámetros dado el caso adaptados.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, estando **caracterizado por que** se fabrican una probeta (5) del interior de la perforación ciega (32) antes del mecanizado y una probeta adicional (5) tras el mecanizado y se comparan entre sí ambas probetas (5), para evaluar el resultado del mecanizado, usándose preferiblemente una masa de modelado rápido para fabricar impresiones dentales de la técnica odontológica, tal como por ejemplo Aginal, para la fabricación de la probeta (5), realizando en particular preferiblemente un examen por medio de una técnica de medición de campo magnético o de una técnica de ultrasonidos antes y después del mecanizado, para evaluar el resultado del mecanizado.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, estando **caracterizado por que** para centrar el cátodo (1) mediante aproximación se sitúa cerca del orificio ciego de la boquilla y se aproxima mediante un pivotado lateral con respecto al eje de simetría de la perforación ciega, de modo que el cátodo (1) para el mecanizado se sitúa de manera óptima, en particular centrada, sometiéndose el cátodo (1), o bien ya al principio de la operación de centrado bien más tarde tras la finalización del centrado, a la acción del líquido de electrolito.
9. Dispositivo para el mecanizado electroquímico de piezas de trabajo con una perforación ciega, tal como por ejemplo de boquillas, para realizar el procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, estando previstos el cátodo (1) montado de manera giratoria en un soporte (2) y un dispositivo de sujeción (4) montado de manera giratoria para la pieza de trabajo que debe mecanizarse (3) con al menos un accionamiento, que puede accionar el soporte (2) con el cátodo (1) y el dispositivo de sujeción (4) con la pieza de trabajo (3) en un movimiento giratorio en el mismo sentido o en sentido opuesto, estando **caracterizado por que** el al menos un canal de corriente (11, 11') está conformado de tal manera que un líquido de electrolito puede conducirse en el al menos un canal de corriente (11, 11') hacia la punta del cátodo (13), para conducirse hacia fuera lateralmente en la dirección hacia la superficie que debe mecanizarse.
10. Dispositivo según la reivindicación 9, estando **caracterizado por que** el cátodo (1) y/o el dispositivo de sujeción (4) pueden moverse uno hacia el otro o alejarse el uno del otro linealmente.
11. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores 9 y 10, estando **caracterizado por que** en el interior del cátodo (1) está previsto al menos un canal de corriente (11) para el líquido de electrolito con al menos una abertura

de salida (12) en la punta (13) del cátodo (1) o en el lado dirigido hacia la pieza de trabajo que debe mecanizarse (3).

5 12. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores 9 a 11, estando **caracterizado por que** la al menos una abertura de salida (12) está prevista de manera acodada, apuntando hacia fuera con respecto al eje de simetría (y) del cátodo (1).

10 13. Dispositivo de según una de las reivindicaciones anteriores 9 a 12, estando **caracterizado por que** en cada una de las aberturas de salida (12, 12') para el líquido de electrolito en la punta (13) del cátodo (1) están previstas ranuras de guiado o acanaladuras, dirigiendo el flujo de electrolitos y/o distribuyéndolo hacia la superficie de la pieza de trabajo (3) que debe mecanizarse.

15 14. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores 9 a 13, estando **caracterizado por que** el cátodo (1) o el soporte (2) pueden hacerse pivotar en el dispositivo con respecto al eje de mecanizado o al eje de simetría (y) de la perforación ciega (32) en la pieza de trabajo (3) y/o el dispositivo de sujeción (4) puede hacerse pivotar en el dispositivo con respecto al eje de mecanizado o al eje de simetría (y) de la perforación ciega (32) en la pieza de trabajo (3).

20 15. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores 9 a 14, estando **caracterizado por que** en el cátodo (1), en el lado dirigido hacia la pieza de trabajo que se mecaniza (3), está previsto un estrechamiento (14), que en particular está dimensionado con un diámetro externo claramente menor, en particular aproximadamente la mitad de grande, que el diámetro interno de la perforación ciega (32), presentado preferiblemente el diámetro del cátodo (1) en la parte superior, es decir en el lado dirigido en sentido opuesto a la pieza de trabajo (3), aproximadamente el mismo diámetro externo como el diámetro interno de la perforación ciega (32), y/o el cátodo (1) está formado de un material eléctricamente conductor, resistente a la corrosión y están previstas entradas o salidas para el líquido de electrolito, conexiones eléctricas para el cátodo y el ánodo, así como una alimentación eléctrica.

25

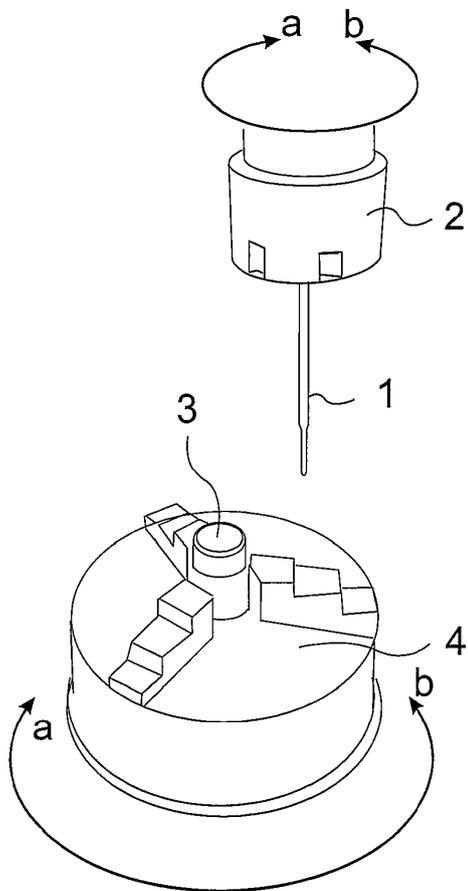


Fig. 1a

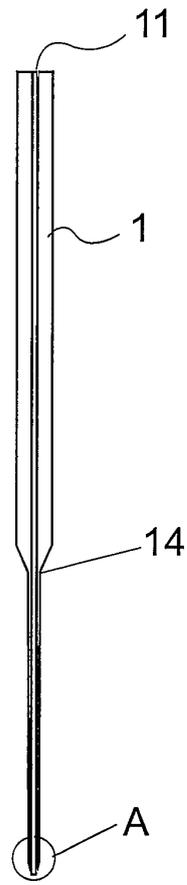


Fig. 1b

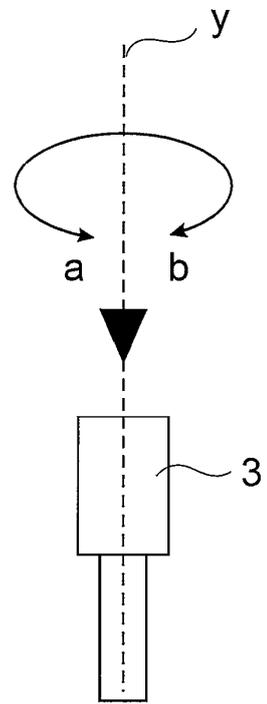


Fig. 1c

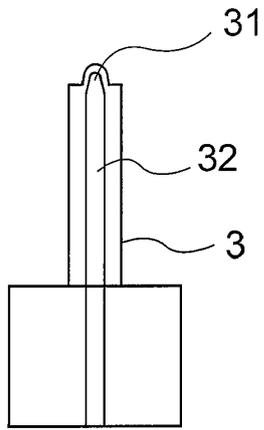


Fig. 1d

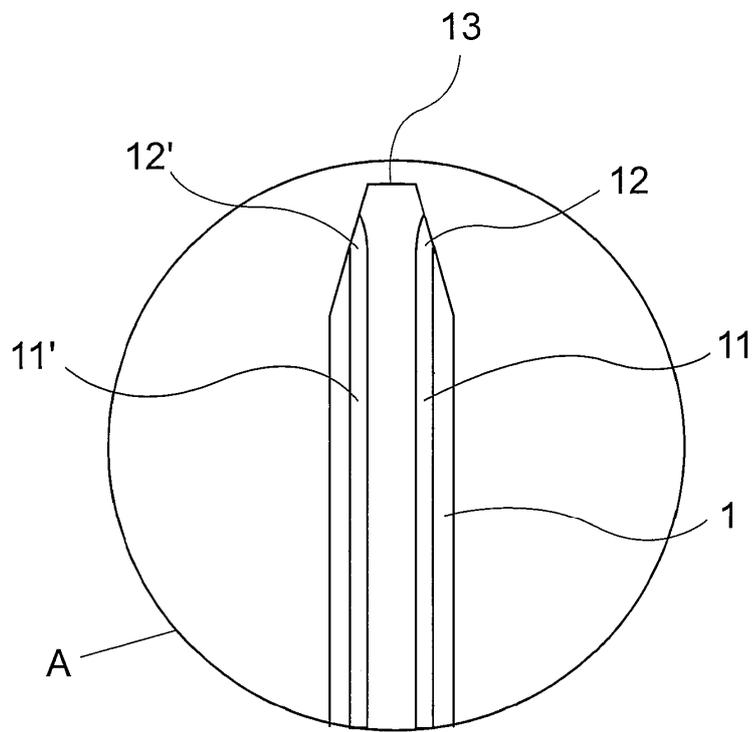


Fig. 1e

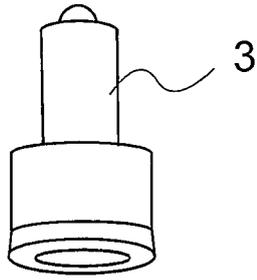


Fig. 2a

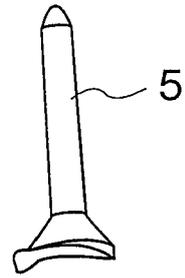


Fig. 2b

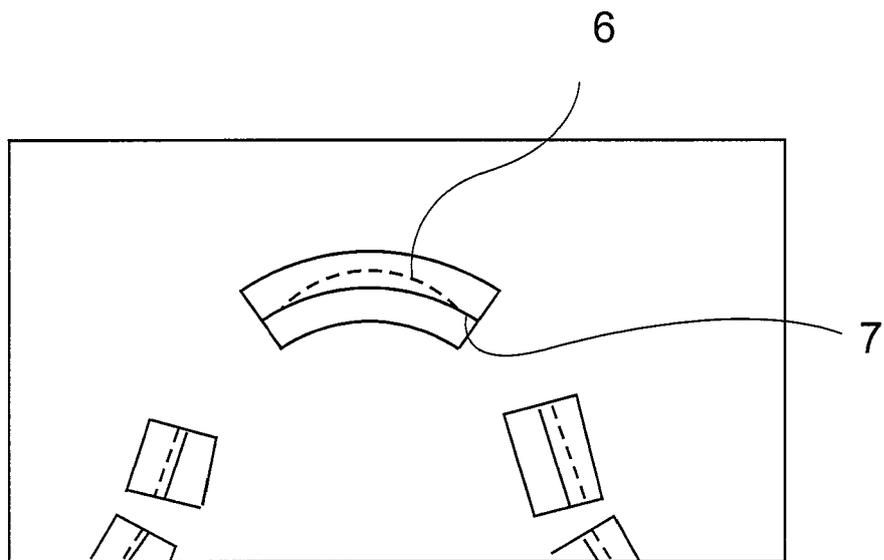


Fig. 3

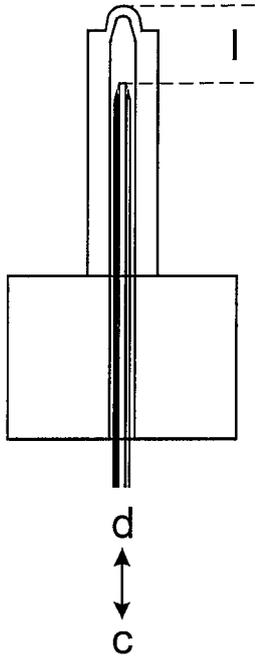


Fig. 4a

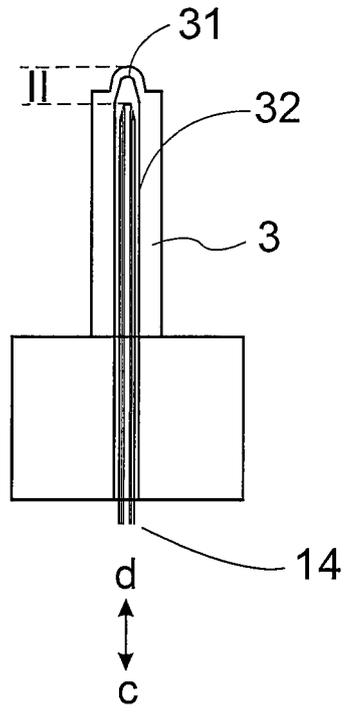


Fig. 4b

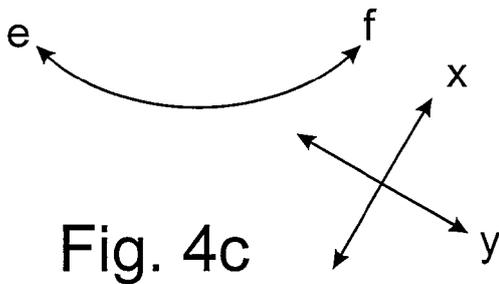
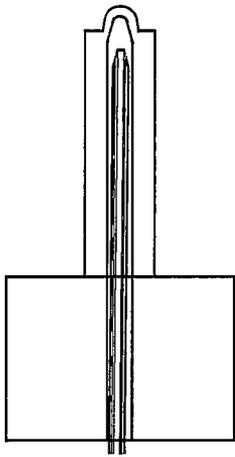


Fig. 4c

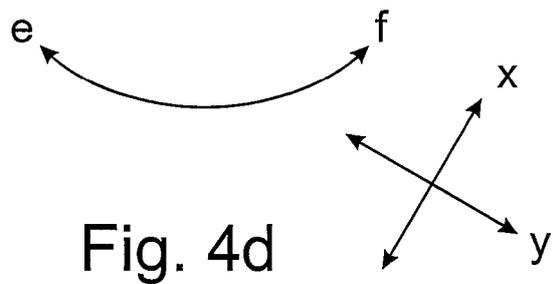
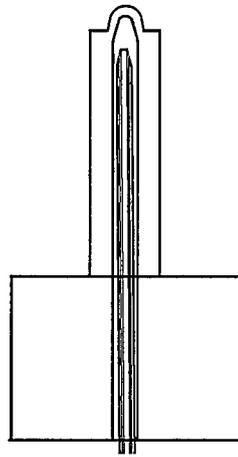


Fig. 4d