

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 619 253**

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

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2012 E 16194065 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018 EP 3138647**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para el tratamiento electroquímico de piezas**

30 Prioridad:

17.03.2011 DE 102011014364

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

06.06.2018

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:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 619 253 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 tratamiento electroquímico de piezas

El invento se refiere a un dispositivo y a un procedimiento para el tratamiento electroquímico de piezas, como por ejemplo toberas. Las piezas pueden ser tratadas en el estado no templado o el templado con o sin orificios de pulverización ya incorporados.

Las toberas de la clase en cuestión se necesitan con frecuencia en las máquinas de combustión interna, en especial en la fabricación de motores Diesel. Estas toberas se caracterizan por el hecho de que en el cuerpo principal poseen un taladro. Este taladro es realizado por ejemplo como taladro de orificio ciego. Las toberas con orificio ciego para motores Diesel existen en diferentes ejecuciones. Así por ejemplo, es posible un orificio ciego cónico o también cilíndrico. Además, se distingue todavía entre un orificio de asiento y un orificio ciego. En las toberas con orificio ciego sucede, que los orificios propiamente dichos para la salida del carburante en la cámara de combustión no se hallan directamente en el centro, respectivamente el fondo del orificio ciego, sino por el contrario en el borde superior del orificio ciego. En la mayoría de los casos se prevén allí con forma de anillo en el contorno. Sin embargo, al menos existe una tobera de salida como taladro. Además, también es posible, que las toberas con orificio ciego se utilicen de tal modo, que se usen por decirlo así como acumuladores de presión, regulando correspondientemente la salida propiamente dicha del carburante en el orificio ciego, pero no hallándose la tobera de salida en el orificio ciego, sino en una tobera separada. En este caso se utiliza el orificio ciego por decirlo así como acumulador de presión. Los orificios ciegos de la clase en cuestión poseen un diámetro de aproximadamente 0,5 a máximo 1 mm, pero generalmente de 0,8 mm.

El tratamiento del propio taladro no crea generalmente dificultades, ya que estos pueden ser tratados con suficiente exactitud con los procedimientos mecánicos de tratamiento correspondientes. También es posible sin más un rectificado y en especial una bonificación ulterior con los procedimientos de tratamientos conocidos.

Las toberas provistas de un taladro de orificio ciego, cuyo saco de tobera se halla en el fondo, respectivamente el final del taladro ciego, crean regularmente problemas. Este taladro ciego no se puede tratar con los métodos usuales de tratamiento de tal modo, que posea una exactitud de la superficie y/o una bonificación suficiente. El problema del tratamiento mecánico es también, que la superficie para el taladro ciego terminada entre tanto ya no puede ser dañada, cuando se deba tratar el taladro ciego. Tampoco existe una posibilidad de tratamiento mecánico satisfactorio para eliminar, respectivamente alisar las faltas de precisión con forma de rechupes, respectivamente desgarros en el material, pequeñas elevaciones o cavidades de la superficie. Los resultados que se obtuvieron con un método de tratamiento, a saber el compactado, tampoco fueron suficientes. La rugosidad del orificio ciego respectivamente del saco de la tobera fue sólo reducida muy poco a pesar de un coste bastante elevado. El tratamiento electroquímico de estas toberas respectivamente taladros ciegos de toberas en el saco de toberas tampoco estuvo caracterizado hasta ahora por el éxito, ya que con los cátodos conocidos no era posible tratar las superficies. El cátodo, que dirigen el flujo de electrolito directamente hacia la superficie a tratar da lugar a que en este punto tenga lugar un arranque de material correspondiente, no habiendo sido posible hasta ahora un tratamiento completo del saco de la tobera con los procedimientos electroquímicos. Debido a la diferente configuración de los sacos de tobera resulta necesaria la fabricación adaptada correspondientemente y por lo tanto muy cara referida a la superficie a tratar.

A través del documento DE 10 2004 054 587 B1 se conoce un procedimiento para la obtención de microtaladros reproducibles así como un dispositivo para él. En él se fabrica un microtaladro reproducible con determinadas propiedades hidráulicas por medio de procesos electroquímicos en una posición en la pieza en la que ya existe un taladro previo. Este taladro previo posee un diámetro menor que el microtaladro posterior. Además, en este caso no se trata de un taladro ciego, respectivamente taladro para orificio ciego, sino de un taladro pasante. El cátodo es asentado en este caso en el orificio ciego prefabricado y se desplaza después con una velocidad definida por el electrodo, cuando es atacado con un electrolito y con corriente eléctrica. En este documento no se divulga un movimiento de rotación del cátodo.

A través del documento DE 103 12 986 se conocen un procedimiento y un dispositivo para el tratamiento electroerosivo de orificios. En este caso se trata del tratamiento electroerosivo de un taladro previamente realizado. Por lo tanto, también en este caso se trata un taladro prefabricado con un diámetro pequeño, que se obtuvo por medio del tratamiento mecánico, hasta una medida final. El procedimiento electroerosivo se caracterizó por el hecho de que el arranque de material se obtiene con una sucesión de descargas eléctricas no estacionarias, separadas en el tiempo, es decir que sólo se genera una chispa única cada vez. Las descargas son generadas con fuentes de tensión con más de 200 voltios y siempre tiene lugar en un medio dieléctrico de tratamiento. Contrariamente al tratamiento electroquímico, en el que un electrolito es utilizado como líquido, en el tratamiento electroerosivo se prevé un dieléctrico, es decir un líquido no conductor. Otro inconveniente del tratamiento electroerosivo es que los útiles también se erosionan con el tiempo, es decir se desgastan. Esto no sucede por ejemplo en el tratamiento electroquímico. Además, el taladro debe ser realizado con forma cónica visto de arriba hacia abajo. El tratamiento de orificios ciegos, respectivamente del saco de un orificio ciego, tampoco se divulga en este documento. Con una solución de esta clase no es posible el tratamiento de orificios ciegos.

5 A través del documento DD 135 974 se conoce un dispositivo para el arranque electroquímico de metales. Sin embargo, esta solución para el arranque electroquímico de metales sirve para el tratamiento de piezas configuradas con simetría de rotación. El electrodo del útil está configurado en este caso como vaso y el vaso y la pieza giran. La solución electrolítica es aportada sin presión, con lo que se forma en al menos un lado del útil a tratar una ranura menor en la que puede tener lugar el arranque de material.

Además, a través del documento DD 97 368 del año 1972 se conoce un dispositivo para el tratamiento electroquímico de metales, en especial para ranurar y separar, con la aportación del electrolito bajo presión y con un accionamiento ajeno del cátodo. En él se describe, que el cátodo posee en el interior un canal, que recoge el fluido. También se describen taladros de distribución que se extienden con forma radial.

10 En el documento US 2004/0 124 078 A1 se describe el tratamiento electroquímico de los rodets de las turbinas para aviones. En este caso también se anima con un movimiento de rotación el útil, es decir el cátodo. Sin embargo, el líquido electroquímico es proyectado desde el exterior sobre el cátodo, con lo que evidentemente tiene lugar el tratamiento en la superficie de los álabes de la turbina. El tratamiento de orificios ciegos, respectivamente de toberas con orificio ciego tampoco se desprende de este dispositivo. El documento EP 1 629 922 A1 describe un dispositivo
15 con un electrodo giratorio que contiene un canal para electrolito para la fabricación de toberas de inyección según el preámbulo de la reivindicación 1.

Partiendo de este estado de la técnica es objeto del invento crear un dispositivo y un procedimiento con los que sea posible el tratamiento electroquímico de piezas, en especial de toberas con taladros ciegos, así como un arranque altamente preciso de una manera más barata que en el estado de la técnica y con una gran exactitud.

20 El invento parte del estado de la técnica descrito anteriormente y propone un dispositivo para el tratamiento electroquímico de piezas, como por ejemplo toberas, con un taladro ciego. El invento se caracteriza por el hecho que un cátodo montado de manera giratoria en un soporte y un dispositivo de sujeción montado de manera giratoria para una pieza a tratar, con al menos un accionamiento, que puede accionar el soporte con el cátodo y el dispositivo de sujeción con la pieza con un movimiento de rotación en el mismo sentido o en sentidos contrarios estando previsto
25 en el interior del cátodo al menos un canal de circulación para el líquido electrolítico con al menos un orificio de salida en la punta del cátodo, respectivamente en el lado orientado hacia la pieza a tratar y en el que en cada orificio de salida para el líquido electrolítico en la punta del cátodo se prevén ranuras respectivamente estrías, que dirigen el flujo de electrolito hacia la superficie a tratar de la pieza y/o lo distribuyen allí.

30 Por lo tanto, con invento se propone un dispositivo para el tratamiento electroquímico de piezas como por ejemplo toberas, con preferencia con un taladro ciego. El dispositivo propuesto sirve en especial para la realización de un procedimiento como el que se expone en el transcurso ulterior de este documento en las formas de ejecución y variantes más diversas. El dispositivo se caracteriza por el hecho de que se prevén un cátodo montado de manera giratoria en un soporte y un dispositivo de fijación montado de manera giratoria para la pieza. El dispositivo para el tratamiento electroquímico está equipado, respectivamente configurado por lo demás como es usual para el
35 tratamiento electroquímico. Por lo tanto se prevén obviamente una aportación del líquido electroquímico igual que una evacuación de él. Además, posee recipientes de reserva y generadores de presión correspondientes para el líquido electrolítico así como también una fuente de alimentación para generar las intensidades de corriente correspondientes durante el tratamiento. Obviamente también existen para el dispositivo los correspondientes motores, respectivamente dispositivos de desplazamiento. Este puede ser por ejemplo un motor lineal. Sin embargo, también se puede tratar de un dispositivo hidráulico que desplace por ejemplo el cátodo. El dispositivo de fijación para la pieza también está construido de manera usual. Sin embargo, según el invento tanto el cátodo en o con el soporte, como también el dispositivo de sujeción o la pieza están montados de manera giratoria en el dispositivo de sujeción. Como es natural, el dispositivo según el invento también abarca un accionamiento para generar el movimiento de rotación. En este caso se pueden prever un accionamiento común o también accionamientos
40 separados.

45 En cada orificio de salida para líquido electrolítico, respectivamente en la proximidad de la punta se prevén ranuras de guía, respectivamente estrías de guía que dirigen y/o también distribuyen el flujo electrolítico en la dirección deseada hacia la superficie a tratar de la pieza. Esto también sirve en conjunto para el tratamiento uniforme, es decir un arranque uniforme de material en el saco de la tobera. El cátodo siempre posee con preferencia un diámetro menor que el diámetro del taladro del orificio ciego. Debido a que el cátodo es reproducido durante el tratamiento electroquímico por decirlo así en el material, se prefiere, que el cátodo no esté configurado en su lado orientado hacia el orificio ciego de manera puntiaguda, sino redondeada. El redondeo sólo tiene lugar en este caso en la zona delantera realmente apuntada del cátodo. Además, naturalmente también es posible, que el margen de giro, respectivamente el radio del desplazamiento del cátodo se elija mayor que el radio existente. En este se caso se
50 trata por ejemplo de ensanchar el orificio ciego con relación al taladro. También es posible configurar el orificio ciego como semiesfera. En este caso es preciso que el cátodo se introduzca con rotación en el interior del saco. En condiciones compaginadas de la velocidad de descenso y la velocidad de arranque de material se crea una ranura de tratamiento, que es suficiente para la evacuación del electrolito.

60 Las formas ventajosas de ejecución son objeto de las reivindicaciones subordinadas y se describirán con detalle en lo que sigue.

Así por ejemplo, es ventajoso, que el cátodo y/ o el dispositivo de sujeción se puedan mover linealmente uno contra el otro, respectivamente alejarse uno del otro. Con ello es posible posicionar el cátodo por ejemplo de manera óptima en el saco de la tobera. Esta movilidad también es importante para el posicionado del propio cátodo, es decir la aproximación antes del proceso de tratamiento. Para ello se introduce en primer lugar, como se describió más abajo, el cátodo en el taladro ciego y es movido linealmente en la dirección del saco de tobera. Poco antes de él es detenido y eventualmente se realiza una medición de comprobación, respectivamente de control para avanzar después a otra posición. El cátodo, respectivamente el taladro ciego es desplazado o girado entremedias de manera diferente, de tal modo que asiente en el interior del taladro ciego. Después tiene lugar un giro, respectivamente un desplazamiento hacia el otro lado. Por medio del centrado de los valores explorados en la dirección X e Y se puede posicionar entonces el cátodo de manera óptima. El procedimiento funciona tanto con un cátodo desplazable, respectivamente giratorio con relación al eje de simetría, como también con un dispositivo de sujeción correspondiente desplazable, respectivamente giratorio. El movimiento lineal es en especial necesario para el posicionado del cátodo en la pieza.

También es favorable, que el orificio de salida se prevea en este caso orientado hacia el exterior con relación al eje de simetría del cátodo y de forma acodada con relación a la vertical. Con ello se consigue, que no sólo se trate el centro del taladro ciego, respectivamente del saco de la tobera, sino también las zonas de superficie situadas más hacia el exterior del saco de tobera. Por medio de un orificio de salida oblicuo, es decir que se desvía con relación al eje de simetría para el líquido electrolítico, se consigue un tratamiento más homogéneo y más uniforme en conjunto. Una configuración especialmente preferida prevé, que en el cátodo se prevean dos canales de circulación, cada uno con su propio orificio de salida para el líquido electrolítico.

También es ventajoso, que según un perfeccionamiento el cátodo sea desplazable o giratorio en el dispositivo con relación al eje de tratamiento, respectivamente el eje de simetría del taladro ciego de la pieza. Las ventajas de esta configuración ya se describieron, dado que esta es muy importante en la realización del posicionado del cátodo antes del tratamiento. También es posible obtener el mismo resultado, cuando el dispositivo de sujeción es desplazable o giratorio con relación al eje de tratamiento, respectivamente eje de simetría. El invento comprende también como es obvio una solución en la que tanto el cátodo es desplazable o giratorio en el dispositivo, como también el dispositivo de sujeción es desplazable o giratorio en el dispositivo con relación al eje de tratamiento.

Según el invento, se configura el cátodo esencialmente con forma de aguja. Análogamente a una mina de gran volumen de los bolígrafos posee el cátodo en el lado orientado hacia la pieza a tratar un estrechamiento, dimensionado en especial en su diámetro exterior de manera manifiestamente menor, aproximadamente con un tamaño la mitad de grande que el diámetro interior del taladro ciego a tratar. Por el contrario, el diámetro del cátodo posee en la parte superior, es decir en el lado opuesto a la pieza, aproximadamente el mismo diámetro exterior que el diámetro interior del taladro ciego. De acuerdo con el invento, el cátodo está formado por un material eléctricamente conductor, resistente a corrosión. Desde el punto de vista de la clase de material no existen sin embargo, otras limitaciones. Todos los materiales resistentes a corrosión, respectivamente electricamente conductores se prestan para ello de una manera especial. Como es natural, se prevé en este caso con preferencia un acero resistente a corrosión. El dispositivo según el invento comprende también de manera obvia entradas, respectivamente salidas para el líquido electrolítico, conexiones eléctricas para el cátodo y el ánodo así como una fuente de alimentación. Por lo tanto, el dispositivo según el invento posee aproximadamente la misma construcción que la construcción usual de dispositivos para el tratamiento electroquímico, es decir con los elementos adicionales correspondientes como los descritos más arriba.

La gran ventaja del apoyo giratorio del cátodo o del dispositivo de sujeción o de los dos ya se explicó con detalle en la descripción del procedimiento. Con esta configuración giratoria es posible un tratamiento óptimo en especial de un taladro ciego y en este caso en especial del saco de una tobera. Con el apoyo giratorio del cátodo y del dispositivo de sujeción es posible generar los movimientos relativos mencionados más arriba.

También es favorable una solución en la que el cátodo es siempre menor desde el punto de vista del diámetro que el diámetro del orificio ciego. Esto también es ventajoso, porque con ello se puede garantizar al mismo tiempo una evacuación suficiente del electrolito, que ya no es posible en una configuración con asiento ajustado.

Del invento también forma parte un procedimiento para el tratamiento electroquímico de piezas con un taladro ciego, como por ejemplo toberas siendo realizado el procedimiento con un dispositivo según el invento y previendo un movimiento relativo como movimiento de rotación entre la pieza y el cátodo durante el tratamiento.

Con el procedimiento según el invento se introduce un cátodo sujetado por ejemplo en un soporte en una pieza sujeta con un dispositivo de sujeción. El cátodo posee en su interior al menos un canal a través del que se puede llevar el líquido electrolítico hasta el saco del taladro. Por medio del movimiento de rotación resulta posible, que el saco del taladro ciego sea tratado por el ataque con el electrolito con rotación simultánea del cátodo y de la pieza dirigida con preferencia en sentidos contrarios de rotación. En este caso es suficiente que dentro de un tiempo muy corto se realice un tratamiento electroquímico del saco de la tobera sin que las superficies ya bonificadas de la tobera, en especial del saco del taladro ciego sean dañadas. Además se obtienen los resultados deseados del arranque de material y en especial del alisado del saco de la tobera, de manera que en la utilización específica posterior de la tobera se obtiene una mayor resistencia a presión con un caudal mejorado. Con el alisado de la

superficie se puede reducir también, además, el consumo de carburante de los motores de combustión. Dado que tanto el procedimiento, como también el dispositivo para el tratamiento electroquímico de piezas han creado ahora una posibilidad para el tratamiento final de taladros ciegos, respectivamente de su saco con un coste relativamente pequeño en comparación con el estado de la técnica se consigue, que las faltas de precisión, que surgen en el tratamiento mecánico puedan ser eliminadas completamente con el "acabado" electroquímico. La construcción laboriosa de cátodos apropiados para la aplicación tampoco es necesaria y tampoco son necesarios procedimientos de tratamiento mecánicos no precisos. La tasa de desecho en la fabricación de las toberas correspondientes se reduce con ello casi a cero.

Con el tratamiento electroquímico, como el descrito anteriormente se obtiene un arranque de material de aproximadamente 40 μm . Dado que el saco de la tobera con orificio ciego posee un diámetro máximo de 0,8 mm, surge naturalmente el problema de que el líquido electrolítico tiene que ser llevado hasta el saco de la tobera. Esto se soluciona con el invento por el hecho de que el cátodo posee al menos un canal que inyecta el líquido electrolítico en el saco de la tobera. Para ello se prevé una presión de sistema de 5 a 10 bar. Con el ataque con líquido electrolítico penetra este en el saco de la tobera, lo que también es necesario para que sea posible el tratamiento electroquímico. Con el movimiento de rotación de la pieza y del cátodo se reparte el líquido electrolítico uniformemente en el saco de la tobera, de manera, que la superficie es humectada al menos en todas partes. Debido a las dimensiones se puede imaginar, que no queda mucho espacio para la evacuación del electrolito consumido y que en especial también es preciso garantizar que el líquido electrolítico penetre en el saco de la tobera. Esto se consigue por el hecho de que el cátodo posee un canal alojado en el interior del cátodo, que es capaz de repartir el líquido electrolítico uniformemente en toda la superficie en el saco de la tobera. De manera preferida es naturalmente, que en este caso el orificio de salida del líquido electrolítico en el cátodo esté acodado ligeramente hacia el exterior hacia el borde del saco de la tobera, de manera, que no incida de manera exactamente centrada en el saco de la tobera, donde se hallan las zonas realmente críticas del arranque de material. Animando el cátodo y la pieza con un movimiento de rotación, en especial en sentidos contrarios, se elimina también otro problema, es decir el problema de la exactitud. Incluso con el centrado más exacto posible, es decir al introducir y dimensionar de manera exacta el cátodo en el saco de la tobera puede suceder, que se forme un saco de la tobera ligeramente excéntrico, dado que el cátodo no está posicionado de manera exactamente centrada. Si se giran ahora la pieza y el cátodo al mismo tiempo, en especial en sentidos contrarios o con distintas velocidades en el mismo sentido, se superponen los dos movimientos de rotación y se compensan las faltas de precisión eventualmente existentes, de manera, que se crea un orificio de saco de la tobera exactamente circular.

Para el comienzo del tratamiento electroquímico es por ejemplo suficiente, que una gota del electrolito penetre en el taladro ciego. Naturalmente, esto también puede tener lugar por el hecho de que al introducir el cátodo se active brevemente el flujo de electrolito para centrar después el cátodo. Una vez centrado el cátodo se puede atacar este iniciando al mismo tiempo los movimientos de rotación del cátodo y de la pieza con corriente y someter también naturalmente el flujo de electrolito a una presión. Entonces es posible un tratamiento exacto. Sin embargo, el invento no está limitado a esta forma del procedimiento. Por el contrario, con el invento también es posible atacar el flujo de electrolito, cuando el cátodo está centrado exactamente.

Otra ventaja se obtiene con la novedosa forma del procedimiento, ya que se puede tratar con gran exactitud una zona de transición, que se halla por ejemplo entre el orificio ciego y el taladro de salida de la tobera propiamente dicho. En el estado de la técnica se procedía hasta ahora de tal manera, que determinadas elevaciones a modo de estribo se hallaban todavía en la salida del orificio ciego en la dirección del taladro de salida de la tobera. Con la ayuda del novedoso procedimiento es ahora posible alisar también estas zonas de tal modo, que también se obtenga aquí una corriente esencialmente más favorable en la utilización específica de la tobera.

También es ventajoso, que el tratamiento electroquímico se complemente, en especial para ello, pero también para el eventual acabado del propio saco de la tobera, con una estampación electroquímica. Con preferencia se puede superponer, como es natural, adicionalmente un movimiento lineal al movimiento de rotación, de manera que en este caso puede tener lugar con el ataque simultáneo con corriente y electrolito un tratamiento electroquímico combinado con una estampación electroquímica.

Frente al estado de la técnica como el descrito más arriba resulta, que a título de ejemplo se divulga en el documento DE 10 2004 054 587 una solución en la que se prevé un movimiento relativo entre el útil y la pieza. Sin embargo, en esta solución se practica en la pieza por ejemplo un taladro con láser antes del tratamiento electroquímico y con el tratamiento electroquímico se "agrandan" hasta la medida deseada. Esto es precisamente lo que no se desea con la solución según el invento, ya que generalmente en el taladro prefabricado obtenido mecánicamente o con láser o de otra manera, existe ya una alisado totalmente suficiente en especial bonificado. La bonificación debe ser conservada para que no sea necesario un acabado renovado. Además, con esta solución no es por definición posible eliminar las rugosidades, respectivamente las falta de precisión en la zona del saco por medio de un tratamiento electroquímico. En la solución según el documento DE 10 2004 054 587 puede salir el líquido electrolítico a través del taladro de paso prefabricado, sin que tenga que tener lugar o pueda tener lugar un tratamiento en una "zona del saco". Además, la evacuación del líquido electrolítico en la dirección del cátodo no esta prevista de modo alguno. Un tratamiento electroquímico específico no es posible en especial en las zonas críticas. Un sentido de rotación en el mismo sentido o sentidos contrarios del cátodo y del útil tampoco se desprende de este documento, de manera, que con la solución según el invento se crean ahora por primera vez posibilidades para

poder proceder al tratamiento de taladros de orificio ciego, respectivamente toberas con orificio ciego en la medida deseada. En este caso se alcanza un arranque de material de aproximadamente de 40 a 50 μm . Esto es en comparación con la solución que se presenta en el documento DE 10 2004 054 587 un valor muy pequeño, que exige un tratamiento de alta precisión.

- 5 Tampoco el documento DE 103 12 986 contiene una mención del tratamiento electroquímico de un orificio ciego. Por el contrario, en él se prevé un procedimiento electroerosivo y también un taladro prefabricado como taladro pasante, que se debe realizar con forma cónica de arriba hacia abajo. Para ello se deforma el útil de tratamiento elásticamente en el interior de la guía para el electrodo. Si esto se practicara así por ejemplo en una tobera con orificio ciego conduciría esto automáticamente a un cortocircuito. Además, en modo alguno sería posible tratar el fondo del orificio ciego, es decir el saco propiamente dicho, con una solución según el documento DE 103 12 986, ya que en este caso tiene lugar un tratamiento electroerosivo. Los demás documentos conocidos del estado de la técnica describen todos ellos una solución con la que por ejemplo no es posible un tratamiento de un orificio ciego en una tobera con orificio ciego. Por lo tanto, con el invento se crea por primera vez una solución con la que es posible el tratamiento extremadamente exacto de un orificio ciego, en especial en la zona del saco, es decir en la zona propiamente dicha en la que están dispuestos los taladros de la tobera y en el que es posible influir de manera activa en las condiciones de circulación del carburante. El proceso puede ser reproducido en este caso tantas veces como se quiera, es decir en una cantidad arbitraria de sacos de tobera, sin que el útil sea dañado o se desgaste.

De acuerdo con un perfeccionamiento del invento se caracteriza por el procedimiento por el hecho de que la pieza es sujeta en un dispositivo de sujeción en un dispositivo para el tratamiento electroquímico y se polariza como ánodo. El cátodo para el tratamiento es adaptado a un contorno de la pieza, respectivamente del taladro ciego a tratar. A continuación se centra el cátodo en el taladro ciego y un líquido electrolítico es introducido hasta la punta del cátodo en al menos un canal de circulación previsto en el cátodo. El líquido electrolítico se conduce ventajosamente en sentido lateral en la dirección de la superficie a tratar y la pieza y/o el cátodo se animan con un movimiento de rotación al mismo tiempo que se atacan con líquido electrolítico y corriente. Con esta medida se logra que la corriente electrolítica se reparta uniformemente sobre toda la superficie del saco de la tobera y obtener un arranque de material especialmente uniforme. Además, con el movimiento de rotación es posible compensar las faltas de precisión del propio taladro ciego por medio del tratamiento electroquímico y someter la totalidad de la superficie a un arranque de material uniforme y/o tratarla como una circunferencia vista desde arriba. La superficie del saco del taladro ciego queda a continuación alisada de manera muy uniforme.

El cátodo está adaptado según el invento al contorno del taladro del orificio ciego y se configura aproximadamente con forma de aguja y posee una punta. En la punta del cátodo, que por ejemplo termina con forma de cono, se dirige el líquido electrolítico lateralmente y de manera acodada con relación al eje de simetría de la punta del cátodo, a la superficie a tratar. Esto también sirve en especial para la formación de un saco de tobera con forma de circunferencia idealizada, contemplada desde arriba. En especial esto también conduce a que – de manera distinta a los procedimientos convencionales – no sólo se trata la punta, respectivamente el centro del saco de la tobera sino también las superficies que se hallan lateralmente. Con este procedimiento electroquímico se eliminan ahora también las faltas de precisión del tratamiento mecánico. Por lo tanto, de acuerdo con un perfeccionamiento del invento se dirige el líquido electrolítico sobre el saco del taladro ciego de tal modo, que se trate la totalidad de la cabeza del saco.

Con preferencia se giran el cátodo y/o la pieza durante el proceso de tratamiento con una velocidad de 20 a 40 revoluciones por minuto. En este caso no tiene importancia, que se trate de un movimiento de rotación en el mismo sentido o en sentidos contrarios del cátodo y del útil. Sin embargo, de manera preferente se prevé un sentido de rotación contrario del cátodo y del útil o movimientos de rotación en la misma dirección con velocidades relativas distintas.

De acuerdo con una variante del procedimiento según el invento se prevé una duración del tratamiento de 2 s a 30 s, con preferencia con 5 s. La superficie a tratar es atacada por ejemplo durante el proceso de tratamiento en el dispositivo con 30 a 180 amperios/segundo. La corriente para el proceso se aporta a la pieza tanto como corriente continua, corriente continua pulsada con una elevada densidad de la corriente de pico. La relación pulso/pausa se elige de tal modo, que tenga lugar una disipación de calor suficiente en la ranura. Según la cantidad de material, que deba ser arrancado de la superficie, se puede variar en este caso la intensidad de la corriente y/o el flujo del electrolito, respectivamente la presión del electrolito. Además, también es naturalmente posible variar correspondientemente la duración del tratamiento.

Como líquido electrolítico se utiliza con preferencia nitrato de sodio con una concentración de 5-30 por ciento, con preferencia del 20 por ciento. Como presión del procedimiento para el líquido electrolítico se prevé una presión de 5 a 10 bar. Esta utilización de líquido electrolítico en forma de nitrato de sodio no se debe entender en modo alguno como limitadora. En el procedimiento según el invento también se pueden utilizar otros líquido electrolítico apropiados.

Con el flujo del electrolito se evacua el material arrancado (hidróxido) que llega a una instalación de preparación donde es purificado y eventualmente recuperado para utilizarlo nuevamente.

En una variante alternativa del procedimiento según el invento se prevé, que la superficie a tratar se mecanice de manera alternativa o adicional por medio de una estampación electroquímica y/o un pulido o un rectificado electroquímico. Esto también sirve para incrementar adicionalmente la exactitud de la superficie y la calidad de la superficie.

5 Para poder valorar el resultado del tratamiento electroquímico propone el invento en un perfeccionamiento, que se realice un control óptico, con preferencia por medio de una exploración óptica, para realizar en el caso eventual de un arranque no suficiente de material de la superficie a tratar un nuevo tratamiento con parámetros eventualmente adaptados. Para ello se dirige contra al superficie a tratar un sistema óptico en forma de una cámara o de un sensor óptico siendo captada y registrada la superficie de manera completa o teniendo lugar una exploración, es decir, que
10 el tratamiento de la superficie es controlado por tramos. Del resultado de la exploración óptica se puede deducir entonces si es necesario un tratamiento renovado y si para ello es necesario eventualmente variar el ángulo de ataque de la tobera y/o la duración del tratamiento, la presión electrolítica, respectivamente el flujo electrolítico o la intensidad de la corriente de la relación impulso/pausa o la intensidad del impulso.

15 Otro perfeccionamiento ventajoso propone, que para el ensayo sin destrucción del saco de la tobera se fabrique antes del tratamiento un cuerpo de prueba del interior del taladro ciego.

Después del tratamiento se fabrica otro cuerpo de prueba del interior del taladro ciego y los dos cuerpos de prueba son comparados entre sí para analizar el resultado del tratamiento. Esto es una excelente forma de proceder para poder valorar el resultado del tratamiento. La comparación también puede ser realizada con los dispositivos de prueba previstos para estas aplicaciones. En este caso también es posible, que estos cuerpos de prueba se
20 documenten correspondientemente de manera gráfica y realizar por ejemplo una comparación gráfica por superposición, respectivamente solapamiento de las superficies.

Para la fabricación del cuerpo o de los cuerpos de prueba se utiliza con preferencia una masilla de fraguado rápido. Esta es por ejemplo conocida a través de la preparación de moldes de dentaduras en la técnica dental. Para ello se utiliza por ejemplo Aginal. Esta masilla de fraguado rápido tiene la ventaja, de que tiene lugar una introducción rápida y en especial también un curado rápido de la masilla, con lo que se pueden obtener huellas muy exactas. La masilla posee propiedades de contracción extremadamente pequeñas. La extracción de esta masilla de fraguado rápido después del fraguado tampoco es problemática, ya que no establece una unión íntima con la superficie interior del taladro ciego a tratar.

30 Como es natural, el invento también propone en un perfeccionamiento, que la prueba del proceso de tratamiento se realice por medio de la técnica de la medición del campo magnético o con la técnica de ultrasonido antes y después del tratamiento para valorar el resultado del tratamiento. Aquí también se prevé naturalmente una evaluación gráfica correspondiente por superposición de los resultados de las pruebas antes y después del tratamiento.

Según una variante también se caracteriza el procedimiento según el invento por el hecho de que para el centrado del cátodo se posiciona el propio cátodo en la proximidad del orificio ciego de la tobera por medio de una aproximación. En primer lugar tiene una aproximación lineal para posicionar el cátodo con su punta relativamente cerca del orificio ciego. Para obtener ahora también un centrado con relación al orificio ciego se gira el cátodo después con relación al eje de simetría del orificio ciego ligeramente en sentido lateral y se aproxima así al diámetro ideal del taladro ciego. Si el cátodo para el tratamiento está posicionado en este sentido de manera óptimamente centrada, puede tener lugar el tratamiento. Con la animación del cátodo con un movimiento de rotación durante el
40 tratamiento y/o un movimiento de rotación simultáneo de la pieza, se obtienen resultados especialmente óptimos en el tratamiento de la superficie y/o una mejora del centrado del saco de la tobera con relación el eje central del taladro.

En relación con ello se indica especialmente que todas las características y propiedades descritas en relación con el dispositivo, pero también los modos de procedimiento pueden ser aplicadas a la formulación del procedimiento según el invento y pueden ser utilizadas en el sentido del invento y son consideradas como codivulgadas. Lo mismo también es válido en el sentido contrario, lo que significa, que también es posible tener en cuenta y reivindicar las características sólo referidas al procedimiento, que en el marco de las reivindicaciones del dispositivo también pueden ser tenidas en cuenta y reivindicadas las características constructivas, es decir conformes con el dispositivo y que forman igualmente parte del invento y de su divulgación.

50 En el dibujo se representa el invento esquemáticamente en especial en un ejemplo de ejecución. En el muestra:

- | | | |
|----|----------------------|---|
| 55 | Las figuras 1a a 1e | los componentes principales y los detalles del dispositivo según el invento para la realización del procedimiento según el invento, |
| | Las figuras 2a y 2b, | piezas y cuerpos de prueba según el invento, |
| | La figura 3, | una representación esquemática de un gráfico de evaluación del invento y |

Las figuras 4a a 4d, el desarrollo del procedimiento en el posicionado y/o el medio del cátodo para la realización según el invento.

5 En las figuras se designan los elementos iguales o mutuamente correspondientes con los mismos símbolos de referencia, por lo que no se describen nuevamente siempre que no sea conveniente.

Las figuras 1a a 1e muestran los componentes principales y los detalles del dispositivo según el invento para la realización del procedimiento según el invento. En la figura 1a se representa un cátodo 1 previsto en un soporte 2. Según el invento se monta en este caso el cátodo 1 de manera giratoria en el soporte 2 o, como se desprende de la representación esquemática, también es giratorio el soporte 2 que puede girar en la dirección de la flecha a, b doble circular. En este caso se desea que el soporte, respectivamente el cátodo pueda girar tanto en la dirección a como también en la dirección b. El cátodo se representa aquí todavía antes del procedimiento de posicionado. En la parte inferior de la figura 1a se representa un dispositivo 4 de sujeción en el que se sujeta la pieza 3 de manera centrada. En la forma de ejecución se representa el tratamiento por ejemplo de una mordaza con tres garras. En este caso también se prevé de manera ventajosa que el soporte 2 sea giratorio en la dirección a,b de la flecha doble o también una forma de ejecución no representada en la que la pieza está montada de manera giratoria en el propio soporte. Esto puede tener lugar por ejemplo después del proceso de sujeción. La figura 1b muestra un cátodo 1 según el invento. En el cátodo 1 se prevé un canal 11 de circulación para el paso del líquido electrolítico hasta la punta 13 del cátodo. El cátodo 1 está estrechado en la parte inferior, es decir en la parte orientada durante el tratamiento hacia la pieza 3. El punto de estrechamiento está designado en este caso con el símbolo 14 de referencia. El círculo designado con A se representa en detalle en la figura 1e. Es decir, que en la figura 1e se representa el cátodo de manera ampliada debido a su reducido tamaño. Esto significa, que se refiere a la parte del cátodo 1, orientada en la dirección hacia la pieza 3, que se halla en la posición de tratamiento a continuación del extremo más grueso del cátodo 1. Por lo tanto, en la figura 1e se puede ver, que el cátodo 1 posee dos canales 11, 11' de circulación. Los orificios 12, 12' de salida no salen directamente en la punta 13 del cátodo 1, sino lateralmente en la punta 13 configurada con forma de cono. Los orificios 12, 12' de salida están redondeados lateralmente hacia el exterior, de manera que no inciden directamente en línea recta en la superficie a tratar, sino ligeramente acodada. En esta representación no son visibles las posiciones de partida en las que se prevén en la superficie de la punta 13 ranuras de guía, respectivamente estrías de guía que comienzan en los orificios 12 de salida. Estas sirven para conducir durante el proceso de tratamiento el líquido electrolítico hacia los espacios relativamente estrechos entre la pieza 3 y el cátodo 1. La figura 1c muestra esquemáticamente la pieza 3, indicándose en esta representación, que el cátodo 1 es giratorio en la dirección a, b. Además, se indica, que en la dirección de la flecha a lo largo del eje y de simetría el cátodo tiene que ser introducido para el tratamiento en la pieza y es posicionada y centrada correspondientemente allí. Esto se describirá todavía con detalle más adelante (figura 4a - 4d).

La figura 1d muestra una pieza 3 a tratar. La pieza 3 posee un taladro 32 ciego. Este taladro 32 ciego posee un saco 31 de la tobera de cuyo tratamiento se trata en realidad en la realización del procedimiento según el invento. La tobera 30 está ensanchada cónicamente en el lado opuesto al saco 31 de la tobera. Lo mismo es válido para el taladro 32 ciego, que igualmente está ensanchado cónicamente en su extremo opuesto al saco 31 de la tobera.

Las figuras 2a y 2b muestran en la figura 2a la pieza 3 según el invento en una representación tridimensional de su contorno exterior. En la figura 2b se representa un cuerpo 5 de prueba, que se fabrica de tal modo, que inyectando por ejemplo antes del tratamiento electroquímico una masilla de fraguado rápido, por ejemplo Aginal conocida por ejemplo para la preparación de moldes de dentaduras en la técnica dental, en el taladro 32 ciego y ello de tal modo, que este se rellene completamente. Después del fraguado, respectivamente curado de la masilla de fraguado rápido se puede extraer el cuerpo de prueba sin problemas del taladro ciego, sin que para ello sea necesario aplicar una fuerza grande y, sobre todo, sin que se dañe la superficie del taladro del orificio ciego. Este cuerpo 5 de prueba sirve entonces para la comparación con un segundo cuerpo de prueba no representado aquí, que se prepara después del tratamiento electroquímico. Estos cuerpos 5 de prueba pueden ser superpuestos fotográficamente o de otra manera óptica y obtener así un control del resultado del tratamiento. Esto significa, que se compara el cuerpo 5 de prueba anterior al tratamiento electroquímico con el cuerpo 5 de prueba después del tratamiento electroquímico para poder determinar la diferencia de metal arrancado. Esto puede tener lugar por ejemplo en forma de una gráfica de evaluación, como se representa en la figura 3. Sin embargo, este gráfico también puede ser generado de otra manera, por ejemplo con la técnica de medición del campo magnético o con la técnica de ultrasonido. En la línea 7, que es continua, se indica en este caso la zona a tratar del saco de la tobera antes del tratamiento. La línea 6 de trazo discontinuo representa el saco 31 de la tobera después del tratamiento. Aquí se ve claramente un arranque de material casi continuo. Generalmente, la línea 6 no es tan lisa sino más bien agrietada e irregular. Sin embargo, esto se podía representar malamente con la técnica de dibujo.

Las figuras 4a a 4d representan el desarrollo del procedimiento durante el posicionado y/o el centrado del cátodo 1 para la realización del procedimiento según el invento. Como se puede ver en la figura 4a, el cátodo 1 es introducido en la dirección d en el orificio ciego de la pieza 3. Para ello se explora primeramente con precaución a una distancia I para moverlo después, como se representa en la figura 4b adicionalmente en la dirección hacia el saco 31 de la tobera. Una distancia II es controlada eventualmente de nuevo antes de que sea llevado a su posición definitiva para el tratamiento electroquímico. Sin embargo, antes de que tenga lugar este posicionado definitivo es necesario un

giro o un desplazamiento del cátodo 1 o de la pieza 3 no coincidente con el eje de simetría, y ello de tal modo, que el cátodo 1 explore la superficie interior del taladro 32 ciego, pero no la dañe. Para ello es giratorio el cátodo o la pieza 3 en la dirección e-f y/o desplazable en la dirección X-Y. Para el proceso del desarrollo del tratamiento es conveniente, que los cuerpos de tobera se suministren esencialmente con un mecanizado final para el tratamiento electroquímico y mecanizar después únicamente los sacos 31 de tobera. Por esta razón es importante que no tenga lugar un contacto lateral del electrodo con el taladro 32 ciego. Sin embargo, para un posicionado correcto es importante, que se realice el movimiento de giro en la dirección e, f en relación con el saco 31 de la tobera, para que el cátodo pueda ser posicionado de manera óptima para el tratamiento electroquímico con el fin de obtener finalmente un saco 31 de la tobera que se trate electroquímicamente de manera centrada, de modo, que en el interior de la tobera se garantice una circulación óptima en la utilización específica de esta.

Las reivindicaciones presentadas con la solicitud parcial y posteriores no son perjuicio para la obtención de una protección ampliada.

Si resultara aquí en el caso de un control más detallado, en especial también del estado de la técnica, que una u otra característica es favorable para el objeto del invento, pero no es decisivamente importante, se busca naturalmente ya en este momento una formulación que ya no presente una característica de esta clase en especial en la reivindicación principal. Una combinación subordinada de esta clase también es cubierta por la publicación de esta solicitud.

Además es preciso tener en cuenta que las formas de ejecución y las variantes del invento descritas en las diferentes formas de ejecución y representadas en las figuras pueden ser combinadas de manera cualquiera entre sí. Determinadas o varias características pueden ser intercambiadas de manera cualquiera. Estas combinaciones de características son divulgadas igualmente.

Las referencias expuestas en las reivindicaciones subordinadas indican la configuración adicional del objeto de la reivindicación principal por medio de las características de la correspondiente reivindicación subordinada. Sin embargo, estas no deben entenderse como una renuncia a la obtención de una protección autónoma y específica de las características de las reivindicaciones subordinadas a las que se hace referencia.

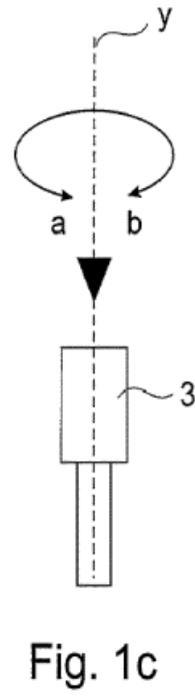
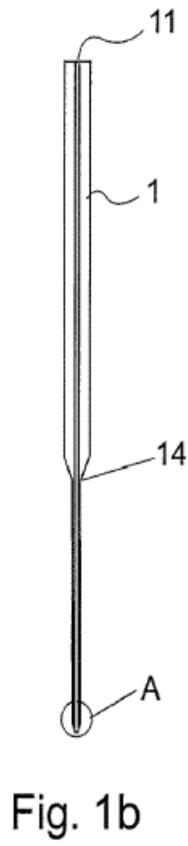
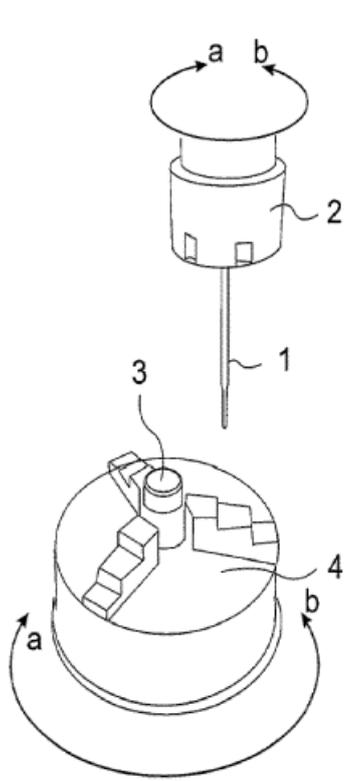
Las características, que sólo se divulgaron en la descripción o también las características individuales de reivindicaciones que comprenden una pluralidad de características, pueden ser recogidas en todo momento como esencialmente importantes para el invento para la delimitación del estado de la técnica en la reivindicación o las reivindicaciones no subordinadas, incluso cuando estas características se mencionaron en relación con otras características, respectivamente en relación con otras características para obtener resultados especialmente favorables.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para el tratamiento electroquímico de piezas con un taladro ciego, por ejemplo toberas, con un cátodo (1) sujetado de manera giratoria en un soporte (2) en cuyo interior están previstos al menos un canal (11) de circulación para el líquido electrolítico con al menos un orificio (12) de salida en la punta (13) del cátodo (1), respectivamente en el lado orientado hacia la pieza (3) a tratar, caracterizado por un dispositivo (4) de sujeción para una pieza (3) a tratar con al menos un accionamiento, que puede accionar el soporte (2) con el cátodo (1) y el dispositivo (4) de sujeción con la pieza (3) con un movimiento de rotación en el mismo sentido o en sentidos contrarios, estando previsto en cada orificio (12, 12') de salida para el líquido electrolítico en la punta (13) del cátodo (1) ranuras de guía, respectivamente estrías que dirigen el flujo del electrolito hacia la superficie de la pieza a tratar y/o lo distribuyen allí.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque el cátodo (1) y/o el dispositivo (4) de sujeción pueden ser desplazados linealmente uno hacia el otro, respectivamente alejados uno del otro.
3. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el al menos un orificio (12) de salida se prevé acodado y orientado hacia fuera con relación al eje (y) de simetría del cátodo (1).
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el cátodo (1), respectivamente el soporte (2) es giratorio con relación al eje de tratamiento, respectivamente el eje (y) de simetría del taladro (32) ciego en la pieza (3) y/o porque el dispositivo (4) de sujeción es giratorio en el dispositivo con relación al eje de tratamiento, respectivamente el eje (y) de simetría del taladro (32) ciego en la pieza (3).
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque en el cátodo (1) se prevé en el lado orientado hacia la pieza a tratar un estrechamiento (14), que en especial desde el punto de vista de su diámetro exterior es manifiestamente menor, en especial aproximadamente la mitad de grande que el diámetro interior de un taladro (32) ciego, poseyendo con preferencia el diámetro del cátodo (1) en la parte superior, es decir en el lado opuesto a la pieza, aproximadamente el mismo diámetro exterior que el diámetro interior del taladro (32) ciego y/o el cátodo es de un material eléctricamente conductor resistente a corrosión y porque se prevén entradas, respectivamente salidas para el líquido electrolítico, conexiones eléctricas para el cátodo (1) y el ánodo así como una fuente de alimentación.
6. Procedimiento para el tratamiento electroquímico de piezas (3) con un taladro (32) ciego, como por ejemplo toberas, siendo realizado el procedimiento con un dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, estando previsto un movimiento relativo como movimiento de rotación entre la pieza (3) y el cátodo (1) durante el tratamiento, caracterizado por un sentido de rotación en el mismo sentido o en sentido contrario del cátodo (1) y del útil.
7. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque la pieza (3) se fija por medio de un dispositivo (4) de sujeción en un dispositivo y se polariza como ánodo, poseyendo el taladro (32) ciego un cátodo (1) adaptado al contorno de la pieza (3), respectivamente al taladro a tratar, porque el cátodo se centra después en el taladro (32) ciego y porque se conduce un líquido electrolítico en al menos un canal (11) de circulación previsto en el cátodo (1) hacia la punta (13) del cátodo, donde es expulsado lateralmente en dirección hacia la superficie a tratar y la pieza (3) y el cátodo (14) es/son animado(s) con un movimiento de rotación al mismo tiempo, que tiene lugar un tratamiento con el líquido electrolítico.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 ó 7, caracterizado porque el líquido electrolítico es dirigido lateralmente en la punta (13) del cátodo (1), que posee en especial forma de aguja y está acodada con relación al eje de simetría de la punta (13) del cátodo, hacia la superficie a tratar y es distribuido allí en especial de manera uniforme, porque el líquido electrolítico es dirigido hacia el fondo del taladro (32) ciego para tratar una superficie superior del fondo, siendo girados el cátodo (1) y la pieza (3) con una velocidad de 20 a 40 revoluciones por minuto.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado por un tiempo de tratamiento de 2 a 30 segundos, con preferencia de 5 segundos y/o porque la superficie a tratar es atacada con 30 a 180 Amperios-segundo.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 9, caracterizado porque como líquido electrolítico se utiliza con preferencia nitrato de sodio en una concentración del 5 al 30 por ciento, con preferencia del 20 por ciento y con especial preferencia se prevé una presión del líquido electrolítico de 5 a 10 Bar y/o la superficie a tratar es tratada de manera alternativa o adicional con un ahondamiento electroquímico y/o un pulido electroquímico.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 10, caracterizado porque se realiza un control óptico, con preferencia por exploración óptica, para realizar, en el caso eventual de una erosión insuficiente de la superficie a tratar, un nuevo tratamiento con parámetros eventualmente adaptados.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 11, caracterizado porque se prepara un cuerpo (5) de prueba del interior del taladro (32) ciego antes del tratamiento y otro cuerpo (5) de prueba después del tratamiento, comparando entre sí los dos cuerpos (5) de prueba para valorar el resultado del tratamiento, utilizando para la

obtención del cuerpo (5) de prueba con preferencia una masilla de modelado rápido de moldes de dientes de la técnica dental, como por ejemplo Aginal, realizando con especial preferencia una prueba por medio de la técnica de campo magnético o de ultrasonido antes y después del tratamiento para valorar el resultado del tratamiento.

- 5 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 a 10, caracterizado porque para el centrado se posiciona el cátodo (1) por aproximación cerca del taladro ciego de la tobera y por medio de un basculamiento lateral con relación al eje de simetría se acerca al taladro ciego, de manera, que el cátodo (1) se posicione de manera óptima, en especial centrada, para el tratamiento, siendo atacado el cátodo (1) con el líquido electrolítico ya antes del comienzo del proceso de centrado, pero a más tardar después de finalizar el centrado.



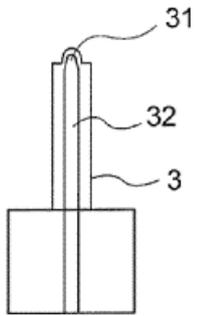


Fig. 1d

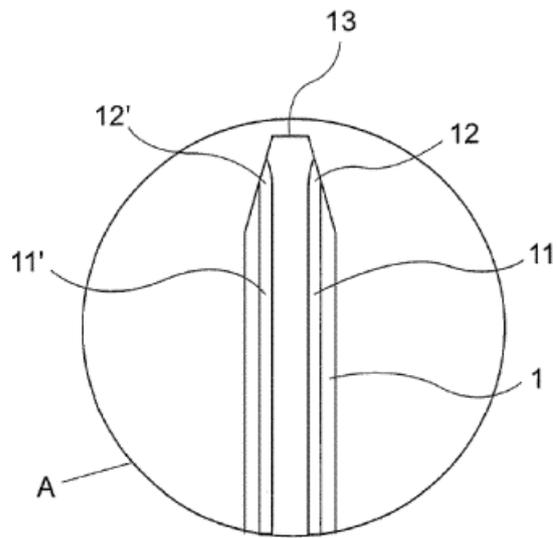


Fig. 1e

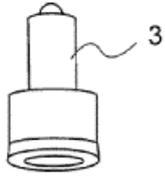


Fig. 2a

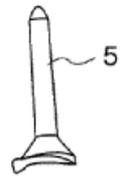


Fig. 2b

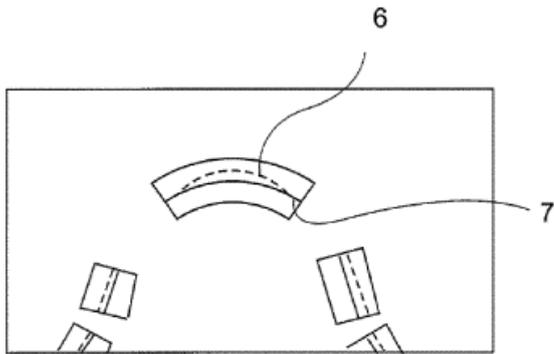


Fig. 3

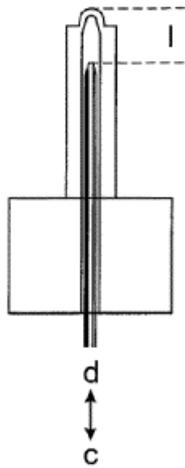


Fig. 4a

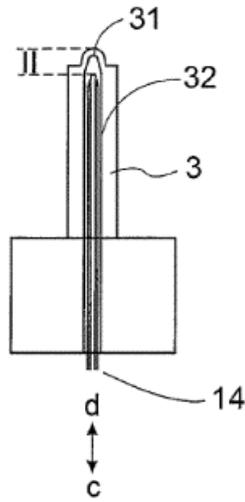


Fig. 4b

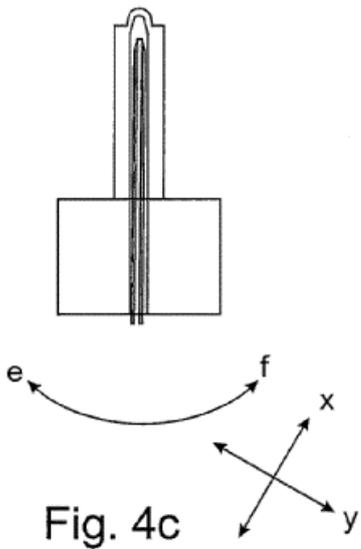


Fig. 4c

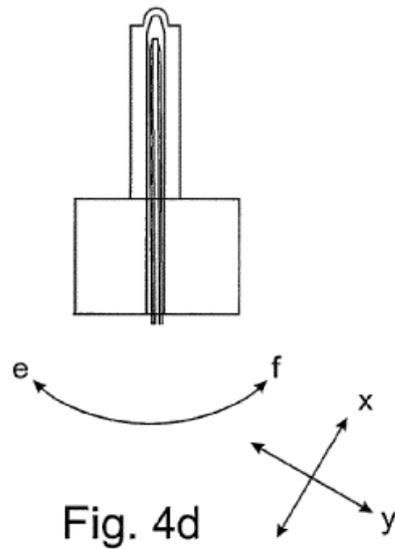


Fig. 4d